Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
Российская академия наук, секция профилактической медицины Отделения медицинских наук
Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр
медико-профилактических технологий управления рисками
здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты
прав потребителей и благополучия человека
Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей
и благополучия человека по Пермскому краю
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Пермский государственный
медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

ПРИ УЧАСТИИ:
RISE, специализированной группы по окружающей среде и здоровью
Национального института контроля пищевой продукции, Ханой (СРВ)

АНАЛИЗ РИСКА ЗДОРОВЬЮ – 2022
Фундаментальные и прикладные аспекты обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения
совместно с международной встречей по окружающей среде
и здоровью RISE-2022

100-летию Санитарно-эпидемиологической службы России посвящается

Материалы
XII Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием

(Пермь, 18–20 мая 2022 г.)

В двух томах

Под редакцией профессора А.Ю. Поповой,
академика РАН Н.В. Зайцевой

Том 2

Пермь 2022

УДК 614
А64

А64 **Анализ** риска здоровью – 2022. Фундаментальные и прикладные аспекты обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2022 : материалы XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием : в 2 т. / под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2022.

ISBN 978-5-398-02746-4 (общ.)

Т. 2. – 390 с.
ISBN 978-5-398-02748-8 (Т. 2)

Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Анализ риска здоровью – 2022» совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2022: обобщают научный и практический опыт, освещают фундаментальные и прикладные вопросы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации. В этом году конференция проходит под эгидой 100-летия Санитарно-эпидемиологической службы России.

Материалы конференции содержат правовые и актуальные методические аспекты анализа риска здоровью при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия, знакомят с российским и международным опытом, раскрывают санитарные и медико-демографические проблемы регионов на современном этапе, в том числе в период пандемии новой коронавирусной инфекции, содержат результаты развития научно-методических подходов к контрольно-надзорным мероприятиям в рамках развития риск-ориентированной модели, с внедрением дистанционных и бесконтактных форм надзора.

В работах отечественных и зарубежных ученых обобщён опыт оценки рисков в гигиенических и эпидемиологических исследованиях (гигиене труда, гигиене детей и подростков и др.). В ряде статей приведены примеры реализации национальных проектов «Экология», «Демография», «Жилье и городская среда», «Генеральная уборка», освещены проблемы и перспективы риск-ориентированного надзора в условиях цифровой трансформации общества. Описаны методические подходы к математическому моделированию систем и процессов, профилактике нарушений здоровья, ассоциированных с разнородными факторами риска.

Значительная часть статей освещает вопросы, связанные с оценкой воздействия физических и биологических факторов в условиях интенсивного развития крупных городов и промышленных агломераций. Отдельный раздел посвящен лучшим практикам гигиенической оценки и анализа рисков здоровью, совершенствованию социально-гигиенического мониторинга, химико-аналитической и информационно-программной поддержке деятельности Роспотребнадзора. В целом в материалах конференции содержатся результаты исследований и методических разработок, актуальных для практической деятельности службы при проведении гигиенического анализа, расследований, исследований, экспертиз. Опыт территорий может быть использован для решения целого ряда задач регионального и муниципального уровней в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей.

Материалы предназначены для специалистов органов и организаций системы Роспотребнадзора, научно-исследовательских учреждений, образовательных учреждений высшего образования по медико-профилактическому направлению, студентов, аспирантов, врачей и специалистов, работающих в смежных областях науки и практики.

Редакционная коллегия:
д-р мед. наук, проф. А.Ю. Попова, акад. РАН, д-р мед. наук, проф. Н.В. Зайцева,
д-р биол. наук, проф. И.В. Май, д-р мед. наук, доцент К.П. Лужецкий, М.М. Цинкер

УДК 614

ISBN 978-5-398-02748-8 (Т. 2)
ISBN 978-5-398-02746-4 (общ.)

© ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 2022

Раздел V

Анализ риска в гигиене труда

Оценка профессионального риска для здоровья работников по показателям условий труда, профессиональной заболеваемости и травматизма

Н.А. Бейгул, Л.К. Каримова, Н.А. Мулдашева, А.З. Фагамова

ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», г. Уфа, Россия

В процессе исследования выявлены различия в показателях состояния условий труда, профессиональной заболеваемости и травматизма, характерных для отдельных отраслей экономики Республики Башкортостан за 2019–2020 гг.

Для оценки профессиональных рисков нарушения здоровья работников выбраны пять производств органического синтеза нефтехимического комплекса, входящих в обрабатывающую отрасль экономики.

Разработан методический подход к оценке профессионального риска на основе интегрального показателя на пяти производствах органического синтеза, входящих в крупнейший нефтехимический комплекс России: этилбензола-стирола, этилена-пропилена, бутанола, 2-этилгексанола, фталевого ангидрида, гептила.

Проведенный анализ позволил ранжировать изученные производства по степени риска нарушения здоровья в зависимости от конкретных показателей, в которые включали условия труда, профессиональную заболеваемость и травматизм.

Наиболее высокий риск по интегральному показателю отмечается в производствах гептила и этилбензола-стирола, далее следуют производства органических спиртов, этилена-пропилена и фталевого ангидрида. Представленная методология оценки профессионального риска по интегральному показателю предлагается к широкой апробации в других отраслях экономики.

Ключевые слова: риск, здоровье, работники, условия труда, профессиональная заболеваемость, травматизм.

Обеспечение безопасных условий труда, сохранение здоровья работников трудоспособного возраста являются важнейшими задачами социальной политики нашего государства, реализация которых в настоящее время осуществляется на основе оценки и управления профессиональными рисками (ст. 208, 209, 212 Трудового Кодекса).

При оценке профессиональных рисков работников, занятых в производствах различных видов экономической деятельности, авторы используют, чаще всего, такие показатели, как класс условий труда, профессиональная и профессионально обусловленная заболеваемость и смертность [1–7, 10]. Однако имеется достаточно большое количество производств, на которых возможен высокий риск возникновения инцидентов, аварий и травмирования работников. Вместе с тем для оценки профессионального риска для здоровья показатели травмирования практически не используются.

В имеющихся на сегодняшний день руководствах по оценке профессионального риска [8, 9] предусматривается категорирование риска по каждому по-

казателю в отдельности (класс условий труда, индекс профессиональной заболеваемости ($И_{ПЗ}$)).

Актуальность данного исследования определяется необходимостью оценки профессиональных рисков нарушения здоровья с учетом интегрального показателя, включающего категорию риска по гигиеническим, медико-биологическим критериям и показателям травматизма.

Цель исследования – разработка и усовершенствование методологических подходов к оценке профессиональных рисков с учетом интегрального показателя, включающего категорию риска по гигиеническим, медико-биологическим критериям и показателям травматизма.

Материалы и методы. Проанализированы данные, характеризующие условия труда, профессиональную заболеваемость и травматизм на предприятиях различных видов экономической деятельности Республики Башкортостан за двухлетний период (с 2019 по 2020 г.) с использованием официальных статистических материалов и государственных докладов.

Апробация предложенного методического подхода проведена на предприятии, входящем в обрабатывающую отрасль экономики. На примере пяти производств органического синтеза, входящих в крупнейший нефтехимический комплекс России: этилбензола-стирола, этилена-пропилена, бутанола, 2-этилгексанола, фталевого ангидрида, гептила, рассмотрена возможность использования методики интегральной оценки профессионального риска, включающей гигиенические, медико-биологические критерии и показатель травматизма.

Для оценки условий труда в указанных производствах использовали материалы специальной оценки условий труда (СОУТ), проведенной в соответствии с Федеральным законом «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ.

Категорирование профессионального риска по гигиеническим, медико-биологическим критериям проводили в соответствии с руководством Р 2.2.1766-03 [9] и руководством «Профессиональный риск для здоровья работников» [8].

Для оценки риска травмирования мы использовали шкалу идентификации риска травмирования в зависимости от значения коэффициента частоты травмирования ($К_ч$). В шкалу идентификации риска травмирования вошли шесть качественных показателей: «пониженный» ($К_ч$ = 0,001–0,01), «низкий» ($К_ч$ = 0,1), «средний» ($К_ч$ = 1), «повышенный» ($К_ч$ = 10), «высокий» ($К_ч$ = 100).

Результаты. Для оценки профессиональных рисков нарушения здоровья работников проанализированы условия труда, профессиональная заболеваемость и травматизм на предприятиях различных отраслей экономики Республики Башкортостан.

Сопоставление условий труда работников и показателей профессиональной заболеваемости позволили выявить, что наиболее неблагоприятное положение в 2019 г. характерно для отрасли по добыче полезных ископаемых и обрабатывающих производств. В указанных отраслях при высоком удельном весе работников, занятых во вредных условиях труда, отмечается и наиболее высокая частота профессиональной заболеваемости.

Первое ранговое место среди всех отраслей экономики по указанным показателям занимают предприятия по добыче полезных ископаемых, где более 45 % работников заняты на работах во вредных условиях труда, и показатель профессиональных заболеваний составляет 0,5 на 1000 работников.

Второе ранговое место занимают обрабатывающие производства, где 42 % работников трудятся в условиях, не отвечающих гигиеническим нормативам, и частота профессиональной заболеваемости соответствует 0,24 на 1000 работников.

Нельзя не обратить внимания на тот факт, что такой вид экономической деятельности, как «Строительство», отличается высоким удельным весом работников, занятых во вредных условиях труда (более 32 %), при сравнительно низком уровне профессиональной заболеваемости в 2019 г. (0,014 на 1000 работников) и отсутствием их в 2020 г. В то же время вид экономической деятельности «Сельское, лесное хозяйство» по показателю профессиональной заболеваемости занимает третье ранговое место среди всех отраслей экономики (0,19–0,24 на 1000 работников), при этом по количеству работников, занятых во вредных условиях труда, – только шестое ранговое место (более 20 %).

Установленные факты несоответствия между статистическими показателями профессиональной заболеваемости и удельным весом работников, занятых во вредных и опасных условиях труда, могут, по нашему мнению, быть обусловлены не всегда объективной оценкой условий труда, полученной при проведении специальной оценки условий труда (СОУТ), вследствие несовершенства применяемой методики, а также некачественным проведением периодических медицинских осмотров и низкой выявляемостью начальных признаков профессиональных заболеваний.

В 2020 г. эпидемия коронавирусной инфекции привела к изменению статистических показателей профессиональной заболеваемости в связи с фактом заражения работников медицинских учреждений коронавирусом при исполнении ими должностных обязанностей. Показатель профессиональной заболеваемости в отрасли, связанной с деятельностью в области здравоохранения и социальных услуг, вырос по отношению к 2019 г. в шесть раз.

Наиболее травмоопасными в реальном секторе производства были предприятия строительства (1,5 пострадавших на 1000 работающих), добычи полезных ископаемых (1,2) и обрабатывающих производств (1,0).

Приведенные данные свидетельствуют о том, что к отраслям экономики с наиболее высоким профессиональным риском по показателям условий труда, профессиональной заболеваемости и травматизма относятся предприятия по добыче полезных ископаемых, обрабатывающих производств и строительства. А в 2020 г. в связи с новой коронавирусной инфекцией по уровню профессиональной заболеваемости среди работников, занятых в области здравоохранения, они заняли лидирующие места.

Представленные материалы свидетельствуют о высокой информативности таких показателей, как условия труда, профессиональная заболеваемость и травматизм. Имеющиеся методические подходы не предусматривают интегральную оценку профессиональных рисков с учетом всех перечисленных показателей. В связи с этим нами разработана методология интегральной оценки.

Для оценки профессиональных рисков нарушения здоровья работников выбраны пять производств органического синтеза нефтехимического комплекса, входящих в обрабатывающую отрасль экономики. Для оценки рисков были использованы гигиенические, медико-биологические критерии и показатели травматизма.

Гигиенической оценке подлежали все имеющиеся на данном рабочем месте вредные производственные факторы. Классы условий труда устанавливались сна-

чала по каждому из производственных факторов отдельно, затем выставлялась общая оценка условий труда.

Несмотря на то что современные производства органического синтеза характеризуются непрерывностью технологического процесса и высокой производительностью, основными вредными факторами рабочей среды и трудового процесса являются химический (выделение в воздух рабочей зоны вредных химических веществ), производственный шум, тяжесть и напряженность труда.

На разных этапах технологического процесса воздух рабочей зоны в данных производствах загрязняется вредными веществами 1–4-го классов опасности с различным характером действия на организм человека, некоторые из них обладают отдаленными эффектами воздействия.

Общая оценка условий труда в производствах этилена-пропилена, фталевого ангидрида соответствовала классу 3.1 и малой категории профессионального риска. Общая оценка условий труда работников производств органических спиртов, соответствующая классу 3.2, позволяет отнести данные производства к «средней» категории профессионального риска. В производствах этилбензола-стирола и гептила категория профессионального риска соответствовала «высокой», поскольку общая оценка условий труда работников данных производств характеризовалась третьим классом третьей степени вредности и опасности.

В производствах этилена-пропилена, органических спиртов и фталевого ангидрида случаи профессиональных заболеваний за изучаемый период времени не зарегистрированы.

Наибольшее количество профессиональных больных было зарегистрировано в производстве этилбензола-стирола и гептила, показатель «накопленной» профессиональной заболеваемости в среднем за 10 лет составил 15,1 и 15,3 случая на 10 000 работающих, индекс профессиональной заболеваемости ($И_{ПЗ}$) – 0,39 и 0,43 соответственно.

В таблицу сведены все критерии и показатели для оценки профессиональных рисков в производствах органического синтеза, включающие гигиенические, медико-биологические критерии и критерии травмирования. При этом интегральную оценку профессионального риска устанавливали по наиболее высокому классу профессионального риска. В случае сочетания трех и более классов профессионального риска с одинаковым уровнем интегральную оценку увеличивали на ступень выше.

Интегральная оценка профессионального риска в отдельных производствах органического синтеза

Производство	Априорная оценка	Апостериорная оценка			Интегральный уровень профессионального риска
	по гигиеническим критериям*, **	по медико-биологическим показателям		Категория травмирования	
		Профессиональная заболеваемость**	$И_{ПЗ}$*, **		
Этилена-пропилена	Малый	Минимальный	Малый	Низкий	Низкий
Фталевого ангидрида	Малый	Минимальный	Малый	Низкий	Низкий
Бутанола	Средний	Низкий	Малый	Низкий	Средний
2-Этилгексанола	Средний	Низкий	Малый	Низкий	Средний
Этилбензола-стирола	Высокий	Средний	Высокий	Средний	Высокий
Гептила	Высокий	Средний	Высокий	Средний	Высокий

Примечание: * – в соответствии с руководством Р 2.2.1766-03 [7]; ** – в соответствии с руководством «Профессиональный риск для здоровья работников» [6].

Выводы. Результаты проведенных исследований выявили высокие показатели профессиональных рисков нарушения здоровья работников, занятых на производствах гептила и этилбензола-стирола, по показателю профессиональной заболеваемости и индексу профессиональной заболеваемости, что свидетельствует о выраженной потере здоровья работников указанных производств. Категории профессионального риска по гигиеническим и медико-биологическим критериям практически совпадают. Более низкая категория риска получена по показателю травмирования во всех производствах, что, возможно, связано с высокими требованиями к организации и проведению работ.

Проведенный анализ позволил ранжировать изученные производства по степени риска нарушения здоровья в зависимости от конкретных показателей, в которые включали условия труда, профессиональную заболеваемость и травматизм.

Наиболее высокий риск по интегральному показателю отмечается в производствах гептила и этилбензола-стирола, далее следуют производства органических спиртов, этилена-пропилена и фталевого ангидрида. Представленная методология оценки профессионального риска по интегральному показателю предлагается к широкой апробации в других отраслях экономики.

Выявленные в процессе исследования различия в показателях состояния условий труда, профессиональной заболеваемости, травматизма, характерных для отдельных отраслей экономики, позволили ранжировать их по степени риска нарушения здоровья и определить срочность мероприятий, направленных на создание безопасных условий труда и сохранение здоровья работников.

Список литературы

1. Власова Е.М., Шляпников Д.М., Лебедева Т.М. Анализ динамики изменений характеристики профессионального риска развития артериальной гипертензии у работников предприятия цветной металлургии // Медицина труда и промышленная экология. – 2015. – № 8. – С. 10–13.

2. Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Рузаков В.О. Мониторинг за факторами производственной среды и трудового процесса и идентификация опасности в системе управления рисками для здоровья работающих // Управление риском для здоровья работающих и населения в связи с хозяйственной деятельностью предприятий металлургической промышленности: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Екатеринбург, 2017. – С. 28–33.

3. Курьеров Н.Н., Чеботарёв А.Г. Риски нарушения здоровья машинистов горных машин от шумо-вибрационного воздействия // Горная промышленность. – 2022. – № 1. – С. 138–143. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-1-138-143

4. Методические подходы к оценке категорий профессионального риска, обусловленного различными видами нарушений здоровья работников, связанными с комплексом факторов рабочей среды и трудового процесса / Н.В. Зайцева, П.З. Шур, В.Б. Алексеев [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 4. – С. 23–30. DOI: 10.21668/health.risk/2020.4.03

5. Перспективы оценки профессионального риска с применением методов моделирования / П.З. Шур, Д.М. Шляпников, В.Б. Алексеев, В.М. Чигвинцев // Медицина труда и промышленная экология. – 2014. – № 12. – С. 4–8.

6. Планирование и оценка эффекта мероприятий по профилактике артериальной гипертензии у работников при выполнении подземных горных работ по

критериям риска здоровью / Д.М. Шляпников, П.З. Шур, В.Б. Алексеев [и др.] // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 1. – С. 65–70. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-1-65-70

7. Профессиональные риски нарушения здоровья у работников занятых добычей полезных ископаемых / А.Б. Бакиров, Л.К. Каримова, Г.Г. Гимранова [и др.] // Актуальные проблемы безопасности и анализа риска здоровью населения при воздействии факторов среды обитания: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: в 2 т. / под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. – Пермь, 11–13 мая 2016 г. – Пермь: Изд-во «Книжный формат», 2016. – С. 55–58.

8. Профессиональный риск для здоровья работников: руководство / под ред. Н.Ф. Измерова, Э.И. Денисова. – М.: Тровант, 2003. – 445 с.

9. Р 2.2.1766-03. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки / утв. Главным государственным санитарным врачом, Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации Г.Г. Онищенко 24 июня 2003 г. [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/901902053 (дата обращения: 12.03.2022).

10. Чеботарёв А.Г., Семенцова Д.Д. Комплексная оценка условий труда и состояния профессиональной заболеваемости работников горно-металлургических предприятий // Горная промышленность. – 2021. – № 1. – С. 114–119. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-1-114-119

Паттерны к мотивации здоровья и трудовому долголетию у работников вредных производств предпенсионного и пенсионного возраста

Е.М. Власова

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

В современном обществе отмечается увеличение доли лиц старшего возраста и ухудшение общественного здоровья. Здоровье населения трудоспособного возраста формируется социально-экономическими условиями, биологическими характеристиками, поведением и образом жизни, а также производственной средой. На трудовое долголетие здоровье работника оказывает непосредственное влияние. Негативные паттерны мотивации должны уступить место современным методам мотивации.

Определены основные паттерны к мотивации здоровья и трудовому долголетию у работников вредных производств предпенсионного и пенсионного возраста. Работа проводилась на базе промышленных предприятий Пермского края в период 2018–2020 гг. Работ-

ники заполняли опросники (общее число обработанных опросников – 342). Респонденты были поделены на две группы: группа наблюдения (работники предпенсионного и пенсионного возраста) и группа сравнения (работники молодого возраста)[1]. Работники заполняли опросник, составленный с использованием общепринятых методик.

Результаты показали, что в обеих группах респондентов внешняя положительная мотивация является основной, внутренняя мотивация низкая. В группе наблюдения у 61,2 % работников низкий статус здоровья.

В ходе исследования установлено, что у работников предпенсионного и пенсионного возраста отсутствует ярко выраженный внутренний мотивационный полюс сохранения здоровья. Здоровье имеет низкий статус в иерархии ценностей, отношение к болезни носит неконструктивный характер. В группе сравнения выражена мотивация на успех также при неконструктивном отношении к болезни.

В современных социально-экономических условиях целесообразно говорить о здоровьеформирующих технологиях, направленных на создание внутренней мотивации работника к здоровью и трудовому долголетию. Сохранение здоровья возможно только при наличии у работника осознанной положительной внутренней мотивации. При отсутствии положительных паттернов любые здоровьесберегающие технологии не могут быть эффективными.

Здоровье для работников обеих групп имеет низкий статус в иерархии ценностей, отношение к болезни носит неконструктивный характер; отсутствует ярко выраженный внутренний мотивационный полюс сохранения здоровья.

Основными положительными паттернами к мотивации здоровья и трудовому долголетию для работников предпенсионного и пенсионного возраста являлись стабильность работы, удовлетворенность трудом; негативными паттернами – отсутствие интереса к жизни, страх потерять работу.

Ключевые слова: здоровье, трудовое долголетие, паттерн, мотивация.

В современном обществе отмечается увеличение доли лиц старшего возраста и ухудшение общественного здоровья. Здоровье населения трудоспособного возраста формируется социально-экономическими условиями, биологическими характеристиками, поведением и образом жизни, а также производственной средой [2]. С одной стороны, низкий уровень здоровья негативно отражается на социальной, трудовой и экономической активности людей, снижая производительность труда и влияет на уровень экономической безопасности [5, 7], с другой – качество производимой продукции на потребительском рынке и состояние окружающей среды наносят значительный ущерб здоровью нации [8].

Долголетие – это социально-биологическое явление, заключающееся в том, что человек достигает высоких возрастных рубежей. Старость – закономерный биологический процесс, когда пройден этап зрелости, психологического восприятия и оценки всего происходящего, с использованием всех накопленных знаний, умений и навыков (включая интеллектуальные способности) [8]. На трудовое долголетие здоровье работника оказывает непосредственное влияние.

В европейской экономике задействовано около 70 % работников в возрасте 20–64 лет, в отечественной – почти 80 %, из них 24 % составляют работники предпенсионного и пенсионного возраста [1]. По данным Пенсионного фонда РФ на 2019 г. число работающих мужчин 1959–1963 гг. рождения в России составляло 1,8 млн, а работающих женщин 1964–1968 гг. рождения – 2,2 млн. Численность

[1] По классификации Всемирной организации здравоохранения, принятой в 2014 г., молодым считается возраст от 25 до 44 лет.

работников в возрасте от 55 лет и старше составляет 4040,2 · 1000, из них работники промышленных предприятий – 3086,2 · 1000 · 1000 (табл. 1)[2].

Таблица 1

Численность работников по группам занятий и возрастным группам на 2019 г. по данным Федеральной службы государственной статистики, тыс. человек

Работники по группам занятий	55–59 лет		60–64 лет		65 и старше	
	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины
Все работники	933,9	1068,7	597,4	678,7	339	422,5
Квалифицированные рабочие промышленности, строительства, транспорта и рабочие родственных занятий	246	46,6	153,6	21,5	73,8	9,3
Рабочие, занятые в строительстве, и рабочие родственных занятий (за исключением электриков)	54,1	11,5	33,8	5,2	18,1	1,5
Рабочие, занятые в металлообрабатывающем и машиностроительном производстве, механики и ремонтники	127,2	12,4	79,9	6,9	33,7	2,4
Рабочие, занятые изготовлением прецизионных инструментов и приборов, рабочие художественных промыслов и полиграфического производства	1,1	2,1	0,8	1,2	0,9	0,4
Рабочие в области электротехники и электроники	59,5	6,4	37,1	3,6	20,4	3,2
Рабочие пищевой, деревообрабатывающей, текстильной и швейной промышленности и рабочие родственных занятий	4	14,2	2	4,5	0,7	1,8
Операторы производственных установок и машин, сборщики и водители	283,4	74,6	151,7	40,5	48,8	16,6
Операторы промышленных установок и стационарного оборудования	58	59,8	32,8	34,5	14,2	14,5
Сборщики	8,4	4,9	6,1	2,5	3,4	1
Водители и операторы подвижного оборудования	217	9,9	112,8	3,5	31,1	1,1
Неквалифицированные рабочие	103,2	203,3	88,9	169,3	64,5	124,5

[2] Общероссийский классификатор занятий ОК 010-2014 (МСКЗ-08), принятый и введенный в действие Приказом Росстандарта от 12.12.2014 № 2020-ст.

Здоровье работающих лиц в социально-экономическом аспекте определяет семейный доход, а в профессиональном – производительность предприятия. Обычно зарплаты с возрастом растут по мере накопления работником опыта и квалификации, и только ближе к пенсии рост замедляется. Заработки у мужчин растут быстрее и достигают более высоких значений, а их снижение в старшем возрасте оказывается более резким [3]. Ограничение жизнедеятельности по различным причинам, в том числе и по экономическим, и снижение работоспособности по состоянию здоровья отмечаются у лиц трудоспособного возраста в среднем с 50 лет. Одной из причин уменьшения дохода является снижение квалификации по медицинским противопоказаниям к выполнению отдельных видов работ. ТК РФ[3] запрещает оставлять сотрудника на работе, противопоказанной ему по состоянию здоровья.

Сам возраст является фактором риска ухудшения здоровья работника. С возрастом накапливается не только опыт, но и болезни. Особенность физиологических процессов у возрастных лиц обусловливает множественность патологических состояний. Все работающие предпенсионного и пенсионного возраста, и особенно работающие в условиях значительного риска здоровью, нуждаются в охране здоровья с динамическим медицинским наблюдением с целью раннего выявления признаков профессиональных заболеваний и хронических неинфекционых заболеваний (ХНИЗ), что поможет снизить уровень профессионального риска.

Многофакторная парадигма теоретически и практически свелась к концепции индивидуальных факторов риска, когда акцент исследований сместился на уровень поведения индивида. В действительности понятие «риск для здоровья» давно вышло из рамок мультифакторности поведения человека [4].

Еще в 1974 г. M. Lalonde указал на главные детерминанты здоровья: биология человека (наследственность), окружающая среда, образ жизни и организация медицинской помощи – и предложил стратегию укрепления здоровья, направленную, прежде всего, на определенную коррекцию образа жизни [9, 10].

В условиях нарастания кадрового дефицита формируется необходимость сохранения работника как перспективного профессионала [2]. Здоровье это основная составляющая активной жизни. Только здоровый во всех отношениях работник – это эффективный работник.

Цель исследования – определить основные паттерны к мотивации здоровья и трудовому долголетию у работников вредных производств предпенсионного и пенсионного возраста.

Материалы и методы. Работа проводилась на базе промышленных предприятий Пермского края, где присутствуют вредные и (опасные) производственные факторы, а также проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры[4], в период 2018–2020 гг. Работники заполняли опросник, составленный с использованием общепринятых методик: SF-36 Health Status Survey и САН (методика и диагностика самочувствия, активности и настроения); SCL-90-R; методика диагностики копинг-поведения в стрессовых ситуациях; методика «Уровень субъективного контроля», методика изучения ценностных ориентации М. Рокича; МУН («Мотивация успеха и боязнь неудачи»), ТОБОЛ (диагностика типов отношения к болезни). Общее число обработанных опросников – 342. Респондентов по-

[3] Ч. 2, ст. 212 ТК РФ.
[4] Ч. 4, ст. 213 ТК РФ.

делили на две группы: 1) группа наблюдения – работники предпенсионного и пенсионного возраста (111 человек), средний возраст 55,6 ± 4,8 г., средний стаж 31,5 ± 6,7 г.; 2) группа сравнения – работники молодого возраста (231 человек), средний возраст – 36,6 ± 3,4 г., средний стаж – 12,5 ± 5,1 г.

Результаты. По результатам опроса 67 % респондентов обеих групп считают главным мотивирующим фактором к сохранению здоровья материальное поощрение (внешняя положительная мотивация). Основными паттернами к мотивации здоровья являлись экономические стимулы (для 73,9 % работников группы наблюдения и для 63,6 % группы сравнения, $p = 0{,}002$).

Ведущим паттерном у работников группы наблюдения являлась стабильность работы (в группе наблюдения – 54,9 %, в группе сравнения – 38,5 %, $p = 0{,}005$), на втором месте – удовлетворенность трудом (в группе наблюдения – 51,4 %, в группе сравнения – 38,5 %, $p = 0{,}03$).

В группе сравнения на первом месте стояли возможность самореализации и самосовершенствования (в группе сравнения – 49,8 %, в группе наблюдения – 20,7 %, $p < 0{,}001$); на втором – мотивация на успех (в группе сравнения 37,6 %, в группе наблюдения – 24,3 %, $p = 0{,}02$). Обращает на себя внимание, что у 43,2 % работников группы наблюдения и у 15,1 % группы сравнения прослеживается внешний отрицательный паттерн мотивации (избегание наказания и избегание неудачи), $p < 0{,}001$. Чувство ответственности за здоровое поведение отсутствует или слабо развито в обеих группах и меняется с возрастом (в группе наблюдения – 33,3 %, в группе сравнения – 9,0 %, $p < 0{,}001$). В группе наблюдения у 61,2 % работников установлен низкий статус здоровья (табл. 2).

При определении системы ценностей только 31,5 % работников группы наблюдения и 20,3 % группы сравнения ставят здоровье на первое место ($p < 0{,}001$). По субъективной оценке «здоровья» работники группы наблюдения дают более низкую оценку своему здоровью, однако не связывают свое физическое состояние с повседневной активностью и выполнением отдельных видов работ. Работники же группы сравнения отмечают зависимость повседневной активности и работоспособности от физического состояния. Следует отметить, что все обследуемые имеют готовность к решению имеющейся проблемы (копинг-стратегии), при этом работники группы наблюдения в 48,6 % случаев осознают ответственность за свое здоровье, а для работников молодого возраста в 53,5 % случаев сохранение здоровья не имеет значимости (в группе наблюдения 26,1 %, $p = 0{,}01$).

Работники группы наблюдения намеренно завышают самооценку здоровья и настроения (результаты выше нормы), что обусловлено синдромом «здорового работника» и социальными фобиями. По результатам исследования наблюдается зависимость физической активности от состояния здоровья (САН). Оценка эмоционального уровня выявила признаки психосоматизации у работников группы наблюдения по всем шкалам, с преобладанием враждебности и депрессии.

Установлены основные негативные паттерны к мотивации здоровья и трудового долголетия у работников группы наблюдения; отсутствие интереса к жизни, отсутствие мотивации к сохранению здоровья, подозрительность агрессия и враждебность к врачам-экспертам, страх потерять работу.

Положительные паттерны здоровья – мотивация на успех, стремление к самореализации – преобладали в группе сравнения, в то время как в группе наблюдения превалировала стабильная работа.

Таблица 2

Результаты состояния здоровья работников вредных производств предпенсионного и пенсионного возраста по результатам опросника, среднее и стандартное отклонение, баллы

Показатель	Группа наблюдения	Группа сравнения
Оценка качества жизни (SF-36 Health Status Survey)		
Общее состояние здоровья (GH) *	68,7 ± 13,9	87,8 ± 6,3
Физическое функционирование (PF) *	87,8 ± 9,2	99,3 ± 2,6
Ролевое функционирование, обусловленное физическим состоянием (RP) *	62,7 ± 37,5	89,3 ± 17,5
Интенсивность боли (BP)	79,4 ± 18,6	90,5 ± 10,5
Жизненная активность (VT) *	64,7 ± 15,3	95,4 ± 3,8
Социальное функционирование (SF)	88,3 ± 11,9	90,4 ± 13,8
Ролевое функционирование, обусловленное эмоциональным состоянием (RE) *	45,4 ± 31,3	77,5 ± 25,5
Психическое здоровье (MH)	63,4 ± 15,4	87,6 ± 13,1
САН		
Самочувствие*	6,3 ± 1,3	4,8 ± 1,1
Активность*	4,1 ± 1,1	4,8 ± 1,5
Настроение	5,6 ± 0,6	5,1 ± 1,2
Симптоматический опросник SCL-90-R		
Шкала соматизации (SOM) *	1,0 ± 0,9	0,5 ± 0,3
Шкала обсессивности – компульсивности (O–C) *	1,0 ± 0,5	0,4 ± 0,2
Шкала межличностной сензитивности (INT) *	1,0 ± 0,7	0,5 ± 0,3
Шкала депрессии (DEP) *	1,1 ± 0,9	0,4 ± 0,3
Шкала тревожности (ANX) *	0,8 ± 0,6	0,2 ± 0,1
Шкала враждебности (HOS) *	1,4 ± 1,1	0,5 ± 0,3
Шкала фобии (PHOB) *	0,7 ± 0,5	0,2 ± 0,2
Шкала паранойяльных тенденций (PAR)	1,0 ± 0,7	0,8 ± 0,7
Шкала психотизма (PSY) *	0,8 ± 0,6	0,2 ± 0,2
Копинг-стратегии		
Копинг решение задач	55,1 ± 9,4	60,2 ± 12,1
Копинг ориентир на эмоции	42,4 ± 13,2	43,4 ± 8,7
Копинг ориентир на избегание	45,5 ± 9,7	46,1 ± 10,7
Уровень субъективного контроля		
Общая интернальность*	23,4 ± 5,5	27,9 ± 5,5
В производственных отношениях*	0,5 ± 2,1	-0,7 ± 1,4
В области достижений*	3,9 ± 2,1	5,5 ± 1,7
В области неудач*	6,2 ± 1,3	5,2 ± 1,2
В семейных отношениях*	5,9 ± 1,9	3,7 ± 1,6
В межличностных отношениях*	3,6 ± 2,9	6,6 ± 2,8
В отношении здоровья*	6,1 ± 1,3	5,2 ± 1,2
Опросник А.А. Реана		
Мотивация успеха и боязнь неудачи	12,6 ± 4	14,1 ± 2,7
Отношение к болезни		
Личностное реагирование на болезнь	72,1 ± 0,8	62,3 ± 1,3

Примечание: * – $p \leq 0,05$ по *t*-критерию Стьюдента

В современных социально-экономических условиях целесообразно говорить о здоровьеформирующих технологиях, направленных на формирование внутренней мотивации работника к здоровью и трудовому долголетию. Сохранение здоровья

возможно только при наличии у работника осознанной положительной внутренней мотивации. При отсутствии положительных паттернов любые здоровьесберегающие технологии не могут быть эффективными.

Выводы. Здоровье для работников обеих групп имеет низкий статус в иерархии ценностей, отношение к болезни носит неконструктивный характер; отсутствует ярко выраженный внутренний мотивационный полюс сохранения здоровья.

Основными положительными паттернами к мотивации здоровья и трудовому долголетию для работников предпенсионного и пенсионного возраста являлись стабильность работы, удовлетворенность трудом; негативные паттерны – отсутствие интереса к жизни, страх потерять работу.

Основными положительными паттернами здоровья для работников группы сравнения являлись возможность к самореализации и к самосовершенствованию, мотивация на успех; отрицательные патенты не имели яркой выраженности.

Список литературы

1. Белов В.Б., Роговина А.Г. К вопросу о детерминированности здоровья трудоспособного населения // Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья имени Н.А. Семашко. – 2015. – № 6. – С. 5–12.

2. Белов В.Б., Роговина А.Г. Производственная среда в контексте детерминант общественного здоровья // Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья имени Н.А. Семашко. – 2015. – № 7. – С. 14–22.

3. Гимпельсон В., Зинченко Д. Цена возраста: заработная плата работников в старших возрастах // Вопросы экономики. – 2019. – № 11. – С. 35–62. DOI: 10.32609/0042-8736-2019-11-35-62

4. Изуткин Д.А. Концепция факторов риска для здоровья и ее интерпретация в зарубежной социологии // Социология медицины. – 2016. – Т. 15 (1). – С. 34–37. DOI: 10.1016/1728-2810-2016-15-1-34-37

5. Каратаева Т.А. Здоровье населения как важный фактор экономической безопасности // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2018. – № 5. – С. 142–145.

6. Румянцева Е.Е. Экономическая безопасность России и здоровье населения // Региональная экономика: теория и практика. – 2005. – Т. 17 (2). – С. 59–61.

7. Социальные детерминанты здоровья и смертности населения трудоспособного возраста / А.В. Праведников, Р.А. Булатов, А.И. Фатихов, Э.И. Саттаров // Актуальные вопросы экологии человека: социальные аспекты: сборник научных статей участников Международной научно-практической конференции: в 3 т. – Уфа, 2017. – Т. 2. – С. 65–70.

8. Чумаков Б.Н. Основы здорового образа жизни. – М.: Педагогическое общество России, 2004. – 416 с.

9. Baum F. The commission on the social determinants of health: Reinventing health promotion for the twenty-first century? // Critical Public Health. – 2008. – Vol. 18 (4). – P. 457–466.

10. Lalonde M. New perspective on the health of Canadians: 28 Years later // Revista anamericana de Salud Pública. – 2002. – Vol. 12 (3). – P. 149–152. DOI: 10.1590/S1020-49892002000900001

Вегетативная дисфункция как предиктор артериальной гипертензии у работающих во вредных условиях труда

А.А. Воробьева, Е.М. Власова, О.Ю. Устинова, В.А. Фокин

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

При добыче нефти термошахтным способом на здоровье работника оказывают негативное влияние химический, физический производственные факторы, подземные работы, физические перегрузки, сменный график труда, а также социальные факторы риска. Снижение функциональных резервов отдельных систем, возникающих исходно, постепенно приводит к перераспределению функциональных резервов организма, а затем к их снижению, что проявляется начальным утомлением и нарушением работоспособности. Риск здоровью связан преимущественно с патологическими изменениями со стороны сердечно-сосудистой и нервной систем.

Изучена роль вегетативных нарушений в формировании артериальной гипертензии у работающих во вредных и опасных условиях труда (на примере предприятий, добывающих нефть термошахтным методом). Обследован 21 оператор продувки скважин, занятый на добыче нефти термошахтным способом. Группа сравнения 1 включала 15 работников администрации, имеющих в профессиональном анамнезе подземный стаж от 3 до 23 лет до выявления медицинских противопоказаний к подземным работам; работа на поверхности без подземных работ у данного контингента от года до 15 лет. Группа сравнения 2 – 23 офисных работника, трудовая деятельность которых никогда не была связана с воздействием вредных производственных факторов. Использовались гигиенический, социологический, клинический, лабораторный и функциональный методы исследования.

У всех обследованных лиц в группе наблюдения имеются признаки нарушения со стороны вегетативной нервной системы разной степени выраженности. У административных работников, имеющих в профессиональном анамнезе подземный стаж, кроме вегетативных нарушений, в 40 % случаев верифицирована артериальная гипертензия. У работников, занятых на термошахтной добыче нефти, выявлены признаки оксидативного стресса, высокий индекс атерогенности и признаки морфологического изменения сосудистой стенки, что способствует развитию артериальной гипертензии. Результаты моделирования эволюции риска, учитывающего как увеличение риска, в результате воздействия производственных факторов, так и величину фонового риска на протяжении всей жизни, были использованы для расчета приведенного индекса риска для здоровья работников, обусловленного ответами со стороны сердечно-сосудистой и центральной нервной систем.

Ключевые слова: вегетативная дисфункция, предиктор, артериальная гипертензия, вредные условия труда, термошахты.

По данным Росстата в 2020 г. доля работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда при добыче нефти, составила 33,0 % [11]. При термошахтном способе добычи нефти негативное влияние на состояние здоровья работника оказывает сочетание условий труда, характерных для нефтедобывающей и горнорудной промышленности. На работающий контингент оказывают

влияние химический фактор (экспозиция широкого спектра химических веществ, присутствующих в производственной среде), физический фактор (производственные шум и вибрация (общая и локальная), неблагоприятный микроклимат), подземные работы, физические перегрузки, сменный график труда с ночными сменами (вахтовый метод); поведенческие факторы риска и т.д. [6]. Аналитический обзор условий труда в нефтяных шахтах показал, что около 82 % рабочих мест предприятий, занимающихся добычей нефти шахтным способом, относятся к классу 3 «вредные условия труда», со степенью вредности 3.1 (45 %) и 3.3 (33 %), соответствующей очень высокой степени профессионального риска [5].

Труд работников, занятых на шахтных подземных работах, характеризуется большим разнообразием работ с различной степенью их механизации, различным удельным весом производственных операций в смену. Технология добычи требует от работника переключения с одной производственной операции на другую, с одного рабочего приема на другой с образованием множества различных по длительности перерывов (пауз), исключающих однообразие и монотонность в работе. Производственные факторы в сочетании с производственным стрессом приводят к истощению функциональных резервов организма работников и, как следствие, к развитию патологических процессов со стороны органов и систем [4, 12].

Специалистами ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (далее – Центр) было проведено изучение состояния здоровья операторов продувки скважин, занятых на добыче нефти термошахтным способом. В ходе исследования установлено, что сочетанное воздействие вредных производственных факторов (высокие температуры и химическое загрязнение) изменяют функциональное состояние организма работников, занятых на добыче нефти термошахтным способом. Снижение функциональных резервов вызывает срыв адаптации. Риск здоровью связан преимущественно с патологическими изменениями со стороны сердечно-сосудистой и нервной систем [3, 10].

Постоянное воздействие вредных производственных факторов приводит к напряжению, а нередко и перенапряжению функционального состояния организма [7]. Снижение функциональных резервов отдельных систем, возникающие исходно, постепенно приводит к перераспределению функциональных резервов организма, а затем к их снижению, что проявляется начальным утомлением и нарушением работоспособности. Для психологического уровня адаптации работника в этих условиях характерно напряжение адаптации, перерастающее в перенапряжение. В то же время выраженная мобилизация функциональных ресурсов нервной системы в экстремальных условиях может способствовать успешной адаптации работника [8]. Психоэмоциональный стресс является основной составляющей в условиях экстремальной профессиональной деятельности. Ответная реакция на дистресс определяется индивидуальными характеристиками функций центральной нервной системы, при этом состояние вегетативной нервной системы (ВНС) играет ведущую роль для прогнозирования его последствий [9]. Неспецифические изменения в организме при негативном воздействии производственных факторов проявляются на вегетативном, гуморальном, биохимическом, а также на поведенческом уровнях и направлены на защиту организма. Установлено, что при сочетанном воздействии конвекционного тепла и компонентов нефти (бензола, толуола, орто-, мета-, параксилола) при стаже 5 лет и более формируются функциональные сосудистые изменения, которые трансформируются в артериальную гипертензию с увеличением

стажа в профессии [12]. Учитывая значительное дезадаптирующее влияние производственных факторов при термошахтной добыче нефти, особое значение приобретает оценка функционального состояния организма работника [1, 9]. Для своевременной реализации профилактических и реабилитационных мероприятий, а также профессионального отбора для работников профессий повышенного риска необходимо установить критерии, позволяющие фиксировать объективные изменения функционального состояния органов и систем [13]. Кроме того, комплексный подход с использованием современных методов функциональной диагностики и нейрофизиологии способствует раннему выявлению работников со снижением адаптационных функциональных резервов, вегетативной дисфункцией, потенциальной предрасположенностью к развитию артериальной гипертензии (АГ).

Цель исследования – оценить роль вегетативных нарушений в формировании артериальной гипертензии у работающих во вредных и опасных условиях труда, на примере предприятий, добывающих нефть термошахтным методом.

Материалы и методы. Группу наблюдения составил 21 оператор продувки скважин, занятый на добыче нефти термошахтным способом. Средний возраст работников – 31,5 ± 5,1 г.; средний подземный стаж – 6,5 ± 2,7 г. В исследовании использовались две группы сравнения. Группа сравнения 1 включала 15 работников администрации, имеющих в профессиональном анамнезе подземный стаж от 3 до 23 лет до выявления медицинских противопоказаний к подземным работам (АГ); работа на поверхности без подземных работ у данного контингента составила от года до 15 лет. Средний возраст – 31,2 ± 4,5 г. ($p > 0,05$); средний стаж на поверхности – 6,4 ± 3,1 г. ($p > 0,05$). Группу сравнения 2 составили 23 офисных работника, трудовая деятельность которых никогда не была связана с воздействием вредных производственных факторов. Средний возраст – 34,3 ± 4,6 г. ($p > 0,05$), средний стаж – 6,5 ± 3,4 г. ($p > 0,05$).

Анализ условий труда был выполнен на основании изучения результатов СОУТ, протоколов производственного контроля, собственных исследований ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», выполненных специалистами отдела химико-аналитических методов исследования.

Для оценки уровня химической нагрузки выполнялось хромато-масс-спектрометрическое исследование образцов воздуха рабочей зоны на газовом хроматографе Agilent 7890A. Динамическое измерение температуры воздуха в «рабочей зоне» параллельно с измерением температуры кожи проводились цифровым датчиком непрерывного измерения температуры DS1820 (МТТ – 1. Комплект измерения температуры).

Методом раздаточного анкетирования оценивались социальные факторы, влияющие на здоровье работников, занятых на добыче нефти термошахтным способом.

Для анализа состояния здоровья работников кроме унифицированных клинико-функциональных, биохимических, иммунологических методов исследования были реализованы специально разработанные программы обследования с учетом воздействующих производственных факторов.

Оценка когнитивных функций, самочувствия, нейропсихической активности проводилась по результатам нейропсихологического тестирования. Исследование функции надсегментарного отдела вегетативной нервной системы оценивалось по опроснику А.М. Вейна.

Исследование биохимических и гематологических показателей выполнено с помощью автоматического гематологического AcT5diff AL (Beckman Coulter Inc., США, Франция), биохимического Keylab (BPC+Biosed, Италия), иммуноферментного Infinite F50 (Tecan, Австрия) анализаторов. Иммунологическое исследование выполнено на анализаторе ELx808IU (BioTek, США).

Электрокардиография (ЭКГ) проводилась на аппарате Shiller AT-10plus по стандартной методике. Для вариационной пульсометрии, кардиоинтервалографии и спектрального анализа кардиоритмограммы (КРГ) с целью оценки состояния различных звеньев ВНС использована кардиоритмографическая программа «Поли-Спектр-8/EX» («Нейрософт», Россия). Исследование выполнено по стандартной методике основанной на математическом анализе сердечного ритма[1]. Для анализа были использованы показатели симпатического звена вегетативной регуляции (Амо, ИН), показатель парасимпатического звена (Dx), показатель гуморально-метаболического звена (Мо) а также показатели спектрального анализа, соотношение волн очень низкой частоты (VLF), низкой частоты (LF), высокой частоты (HF), %.

Исследование функциональной активности эндотелия сосудов проводили методом эндотелийзависимой вазодилатации плечевой артерии с использованием системы ультразвуковой диагностики экспертного класса VIVID-q линейным датчиком 7 МГц по модифицированной методике D.S. Celermajer et al. [13], а исследование щитовидной железы по стандартной методике.

Для статистической обработки данных был использован пакет программ SPSS 16.0 for Windows с применением пакета Statistica 6.0. Оценку достоверности и адекватности полученных моделей осуществляли по критерию Фишера, коэффициенту детерминации и *t*-критерию Стьюдента. Критерием статистической значимости являлась величина $p < 0{,}05$. Для оценки связи условий труда с состоянием здоровья работающих использовались эпидемиологические методы исследования, включающие расчет отношения шансов (*OR*) относительного риска (*RR*) и этиологической доли ответов, обусловленной воздействием фактора профессионального риска (*EF*). Для оценки достоверности полученных данных использовался 95%-ный доверительный интервал (*CI*). Наличие связи считалось достоверно установленным в случае, если нижняя граница доверительного интервала больше единицы.

Результаты. Согласно результатам СОУТ основные вредные условия труда на рабочих местах представлены физическими факторами (микроклимат (ТНС индекс, 0С – 27,5–29,8 (норма < 24) – класс условий труда 3.4); производственные шум (время воздействия от 9 до 30 %, эквивалентный уровень звука 86,9 дБА – класс условий труда 3.2) и вибрация, АПДФ) и химическим фактором (концентрация органических соединений из классов алифатических, ароматических, циклических и полициклических углеводородов и их производных соответствовала классу условий труда 3.1). Тяжесть трудового процесса у работников, занятых добычей нефти темошахтным методом, обусловлена подъемом и перемещением тяжести вручную, вынужденными наклонами корпуса под углом более 300 и перемещением в пространстве (классы 3.1–3.2).

Анализ воздуха в «зоне выработки», проведенный специалистами Центра, позволил идентифицировать наличие углеводородов (метан, гексан, фенол, бензол,

[1] Р.М. Баевский, 1979; Д. Жемайтите, 1989.

толуол, этилбензол, стирол), содержание которых не превышало допустимых гигиенических уровней.

Результаты анкетирования показали, что, несмотря на высокий уровень «саногенного поведения», у рабочих наблюдается высокая распространенность социальных факторов риска здоровью: несоблюдение принципов здорового образа жизни и самоохранительного поведения; низкий уровень экономического обеспечения, недостаточная двигательная активность (гиподинамия и гипокинезия); нарушение пищевого поведения; табакозависимость.

Когнитивные функции у работников предприятия нефтедобычи оценивали до и после смены. При оценке функции внимания у работников обеих групп до начала рабочей смены показатель находился на среднем уровне. После рабочей смены у 61,9 % обследованных в группе наблюдения и 26,7 % в группе сравнения 1 данный показатель соответствовал низкому уровню ($p < 0,05$); у 28,7 % в группе наблюдения и 33,3 % в группе сравнения 1 – ниже среднего ($p > 0,05$); у 19 % в группе наблюдения и у 40 % в группе сравнения 1 – на среднем уровне ($p < 0,05$) – что не противоречит физиологическим показателям истощаемости психических процессов в процессе трудовой деятельности. У работников группы сравнения 2 уровень внимания до и после смены не имел достоверных различий и соответствовал среднему уровню (норма). Оценка функции памяти показала нарушение отсроченного воспроизведения после рабочей смены у 23,8 % работников в группе наблюдения, у 13,3 % работников группы сравнения 1 ($p^1 = 0,4$) и 4,3 % работников группы сравнения 2 ($p^2 = 0,06$)[2]. Предсменное тестирование этих же работников после периода рекреации не выявило снижения запоминания и отсроченного воспроизведения, что свидетельствует о функциональном характере нарушений на фоне утомления в процессе трудовой деятельности. При интегральной оценке не было выявлено высокого значения нервно-психического напряжения у работников всех групп. На низком уровне интегральный показатель находился у 42,8 % работников в группе наблюдения, у 80 % работников в группе сравнения 1 ($p^1 = 0,03$) и у 21,7 % группы сравнения 2 ($p^2 = 0,1$; $p^3 < 0,001$). Данные результаты свидетельствуют о сохранности характеристик нейропсихологического состояния у работников группы сравнения 2 и функциональных нарушениях у работников, имеющих подземный стаж. На среднем уровне значения нервно-психического напряжения наблюдались у 57,1 % работников в группе наблюдения, у 20 % работников в группе сравнения 1 ($p^1 = 0,03$), у 69,6 % работников группы сравнения 2 ($p^2 = 0,4$; $p^3 = 0,003$). Полученные результаты свидетельствуют об активизации когнитивной деятельности, повышении продуктивности на фоне менее выраженного эмоционального подъема при выполнении работы в группе наблюдения за счет мобилизации функциональных ресурсов ВНС (сдвиг в сторону симпатикотонии).

При исследовании функций вегетативной нервной системы по методике А.М. Вейна [2] установлено, что 86 % работников группы наблюдения имели жалобы «вегетативного» характера (лабильность артериального давления и пульса, головные боли, кардиалгии, гастралгии, нарушение сна, необоснованная тревожность, раздражительность и т.п.). Из них у 13 % (2) работников данные симптомы были значимо выражены, у 19 % (3) – выражены в средней степени, у 50 % (9) – малозначимы. Жа-

[2] p^1 – различия между группой наблюдения и группой сравнения 1; p^2 – различия между группой наблюдения и группой сравнения 2; p^3 – различия между группами сравнения 1 и 2.

лоб не предъявляли только 4 работника группы наблюдения. У работников группы сравнения 1 и группы сравнения 2 преобладали полиморфные жалобы, характерные для хронического болевого синдрома (вертеброгенные): у 28,5 % работников в группе наблюдения, у 40 % – в группе сравнения 1, у 30,4 % – в группе сравнения 2, $p^1 = 0,5$; $p^2 = 0,8$; $p^3 = 0,5$. Однако различия не имели достоверности.

Клинически признаки вегетативной дисфункции наблюдались у 100 % работников группы наблюдения и только у 61,9 % – в группе сравнения 1 ($t > 2$; $p < 0,05$; $\chi^2 = 10,08$) и у 29,1 % – в группе сравнения 2 ($t > 2$; $p < 0,05$; $\chi^2 = 23,91$) (таблица). Вегетативные нарушения в виде периферического ангиодистонического синдрома (ПАДС) проявлялись в 42,8 % случаев в группе наблюдения, в 20 % случаев в группе сравнения 1 ($t > 2$; $p < 0,05$; $\chi^2 = 12,06$), в 8,3 % случаев в группе сравнения 2 ($t > 2$; $p < 0,05$; $\chi^2 = 7,23$); по кардиальному типу – в 47,6 % случаев в группе наблюдения, в 26,6 % случаев в группе сравнения 1 ($t < 2$; $p > 0,05$; $\chi^2 = 1,66$), в 4,2 % в группе сравнения 2 ($t > 2$; $p < 0,05$; $\chi^2 = 11,75$). При осмотре повышение артериального давления (АД) выше 130/80 не было не зарегистрировано на предсменном осмотре у работников в группе наблюдения, при этом повышение АД регистрировалось у 40,0 % работников в группе сравнения 1, у 4,2 % работников в группе сравнения 2 ($t > 2$; $p < 0,05$; $\chi^2 = 10,08$). Диагноз АГ при дальнейшем обследовании верифицирован у 46,6 % (7) работников в группе сравнения 1, у 13,0 % (3) – в группе сравнения 2.

Встречаемость вегетативных нарушений и распространенность артериальной гипертензии у обследованных работников термошахт, %

Нозологическая форма	Группа наблюдения	Группа сравнения 1	Группа сравнения 2	Достоверность межгрупповых различий		
				p^1	p^2	p^3
Синдром вегетативной дисфункции (G 90.8)	100	60,0	21,7	0,002*	< 0,001*	0,002*
Артериальная гипертензия (I10)	0	46,6	13,0	< 0,001*	0,08	0,02*

Примечание: * – p^1 различия между группой наблюдения и группой сравнения 1; p^2 – различия между группой наблюдения и группой сравнения 2; p^3 – различия между группами сравнения 1 и 2.

По результатам нейрофизиологического тестирования у работников после рабочей смены отмечалось снижение внимания и скорости психических реакций. Снижение психических функций сопровождалось повышением после рабочей смены систолического артериального давления (САД) до 160 мм рт. ст. и диастолического артериального давления (ДАД) до 100 мм рт. ст. у одного работника, повышение ДАД до 100 мм рт. ст. при нормальном САД и учащением ЧСС до 100 уд. в мин у 2 работников, неврологическая симптоматика (тремор кистей, языка, пошатывание в позе Ромберга) наблюдалась у одного работника после ночной смены во второй рабочий день по сменному графику. В норме между отдельными профессионально-важными качествами устанавливаются функциональные взаимосвязи компенсаторного и содейственного типов (изменение скорости психических реакций, снижение или повышение концентрации внимания, изменение АД, ЧСС), формируя определенный для субъекта симптомокомплекс с определенными ведущими симптомами. Таким образом, анализ состояния здоровья работников, занятых

на добычи нефти термошахтным способом, показал, что у всех обследованных лиц в группе наблюдения имеются признаки нарушения со стороны ВНС разной степени выраженности. У административных работников, имеющих в профессиональном анамнезе подземный стаж, кроме вегетативных нарушений в 46,6 % случаев верифицирована артериальная гипертензия.

Проведенное исследование показало, что нейропсихологическое состояние работников, занятых на добыче нефти термошахтным способом, оптимальное для сохранения работоспособности при данных условиях труда должно быть на «среднем» уровне.

При оценке нейрогуморального статуса у работников нефтедобывающего предприятия обращало на себя внимание повышение содержание VEGF в крови, по сравнению с работниками, не имеющими подземного стажа, при этом сам показатель оставался в норме во всех группах. В группе сравнения 1 выявлены достоверные различия по следующим показателям: антиоксидантная активность плазмы (*Me* 29,6 (26,84; 34,88) % против *Me* 31,14 (26,84; 32,63) %, $p = 0{,}01$ группы сравнения 2; VEGF (*Me* 15,1 (9,6; 77,09) г/л против *Me* 0,8 (0,8; 0,9) г/л, $p = 0{,}01$ группы сравнения 2)). Полученные результаты показали, что у работников, занятых на добыче нефти термошахтным способом, имеются признаки оксидативного стресса, высокий индекс атерогенности и признаки морфологического изменения сосудистой стенки, что обусловливает развитие артериальной гипертензии.

Анализ данных КИГ выявил преобладание эйтонического типа исходного вегетативного тонуса в группе наблюдения, частота регистрации которого была выше в 1,8 раза, чем в группе сравнения 1 ($p = 0{,}19$), и в 1,6 раза, чем в группе сравнения 2 ($p = 0{,}19$). Симпатикотония и гиперсимпатикотония были характерны для 38,5 % обследованных работников, но выявлялись несколько реже либо с близкой частотой с группой сравнения 1 ($p = 0{,}13$–$0{,}96$) и с группой сравнения 2 ($p = 0{,}64$–$0{,}84$). Преобладание парасимпатических влияний на сердечный ритм у работников группы наблюдения подтверждает достоверно большее в 1,4 раза среднегрупповое значение Dx ($p = 0{,}04$) и меньшее в 2,1 раза значение индекса напряженности (ИН) относительно группы сравнения 1 ($p = 0{,}2$). Сопоставлении с группой сравнения 2 достоверных различий не выявило ($p = 0{,}7$–$0{,}8$).

Проведение клиноортостатической пробы у 76,9 % работников группы наблюдения привело к адекватному включению адаптационных механизмов на стресс, поскольку симпатикотонический тип вегетативной реактивности преобладал, встречался достоверно чаще в 3,4 раза, чем в группе сравнения 1 ($p = 0{,}01$), и в 1,3 раза, чем в группе сравнения 2 ($p = 0{,}22$). Гиперсимпатико-тоническая реактивность в анализируемой группе выявлялась достоверно реже в 7,2 раза, чем в группе сравнения 1 ($p = 0{,}01$), и в 2,7 раза, чем в группе сравнения 2 ($p = 0{,}28$). Неблагоприятный асимпатико-тонический тип реактивности в группе наблюдения регистрировался также реже, чем в обеих группах сравнения ($p = 0{,}68$ и $p = 0{,}64$ соответственно).

Данные спектрального анализа вариабельности ритма сердца показали наличие у 53,8 % обследованных группы наблюдения третьего класса ритмограммы, являющегося преобладающим и среди обеих групп сравнения, но в группе наблюдения встречавшийся в 1,4 раза реже, чем в группе сравнения 1 ($p = 0{,}2$), и с близкой частотой с группой сравнения 2 ($p = 0{,}9$). Однако наличие второго класса КРГ у 46,2 % работников в группе наблюдения, встречавшегося в 2,1 раза чаще, чем в группе сравнения 1 ($p = 0{,}2$), и в 1,3 раза, чем в группе сравнения 2 ($p = 0{,}5$), сви-

детельствует о более оптимальной регулирующей функции ВНС. Это подтверждается и достоверно большим процентом вклада в спектр сердечного ритма высокочастотного компонента (HF, %) в группе наблюдения относительно обеих групп сравнения (p = 0,002 и 0,04 соответственно).

Исследование эндотелийзависимой вазодилатации плечевой артерии (ПА) показало, что среднее значение относительного прироста диаметра ПА в группе наблюдения составило 10,92 ± 3,22 % против 14,93 ± 5,14 % (p = 0,154) в группе сравнения 1 и 15,97 ± 2,39 % (p = 0,02) – в группе сравнения 2. Коэффициент чувствительности эндотелия ПА к напряжению сдвига на эндотелии (0,09 ± 0,03 %) у работников, занятых на добыче нефти термошахтным способом, был в 1,2 раза меньше, чем в группе сравнения 1, – 0,11 ± 0,05 % (p = 0,47) и в 1,3 раза меньше, чем в группе сравнения 2, – 0,12 ± 0,03 % (p = 0,09). Нормальная реакция эндотелия ПА в пробе с эндотелийзависимой вазодилатацией выявлена у 63,6 % работников, занятых на добыче нефти термошахтным способом, и была в 1,2 меньше, чем в группе сравнения 1 (p = 0,49), и в 1,3 раза меньше, чем в группе сравнения 2, – (p = 0,24) Доля лиц с дисфункцией эндотелия ПА у работников, занятых на добыче нефти термошахтным способом, составила 36,4 % и была в 1,6 раза больше, чем в группе сравнения 1, – 22,2 % (p = 0,49) и в 2,4 раза больше, чем в группе сравнения 2, – 15,4 % (p = 0,24). Однако следует отметить, что в группе сравнения 1 при индивидуальном анализе у 66,6 % работников с установленной артериальной гипертензией наблюдалась дисфункция плечевой артерии.

Ультразвуковое исследование активности вазомоторной функции эндотелия плечевой артерии в пробе эндотелийзависимой вазодилатации у работников, занятых на добыче нефти термошахтным способом, показало наличие нарушения функциональной активности эндотелия сосудистой стенки у стажированных работников.

Анализ полученных результатов позволил выделить у работников группы наблюдения следующие негативные тенденции, повышающие риск развития АГ: снижение функциональной активности эндотелия сосудистой стенки ($p < 0,05$; OR = 2,5; 95 % CI 0,7–8,8; RR = 1,6; 95 % CI 0,7–3,6; EF = 37,5 %).

Эпидемиологический анализ показал, что вегетативные и когнитивные нарушения у работников группы наблюдения имеют высокую профессиональную обусловленность (OR = 3,3; 95 % CI 1,5–5,4; RR = 2,9; 95 % CI 1,5–5,4; EF = 65,5 %); снижение антиоксидантной защиты организма, являющихся одним из звеньев механизма адаптации, имеет высокую степень производственной обусловленности (OR = 13,3; 95 % CI 1,1–1,3; RR = 3,1; 95 % CI 1,2–8,1; EF = 56,5 %). АГ у работников группы сравнения 1 имеет очень высокую степень производственной обусловленности (OR = 4,8; 95 % CI 0,5–42,6; RR = 4,2; 95 % CI 0,5–32,5; EF = 76,1 %).

В условиях воздействия комплекса производственных факторов у работников формируются вегетативные нарушения, которые с увеличением стажа трансформируются в артериальную гипертензию.

Результаты моделирования эволюции риска (рис. 1), учитывающего как увеличение риска в результате воздействия производственных факторов, так и величину фонового риска, на протяжении всей жизни были использованы для расчета приведенного индекса риска для здоровья работников, обусловленного ответами со стороны сердечно-сосудистой и центральной нервной систем (рис. 2).

Рис. 1. Эволюция риска формирования вегетативных нарушений и развития артериальной гипертензии у работников, занятых на добыче нефти термошахтным способом

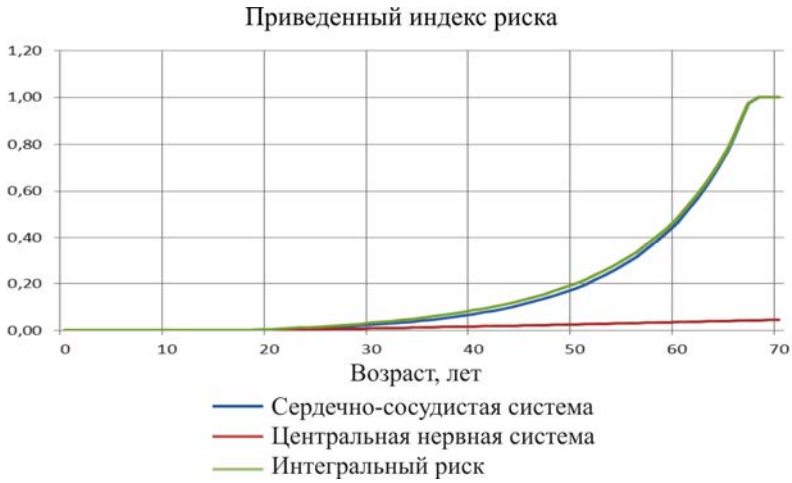


Рис. 2. Приведенный индекс риска формирования вегетативных нарушений и развития артериальной гипертензии у работников, занятых на добыче нефти термошахтным способом

Значения приведенного индекса риска в условиях воздействия вредных производственных факторов свидетельствуют об отсутствии значительного вклада заболеваний центральной нервной системы в величину интегрального риска (приведенный индекс риска < 0,05, риск малый) на протяжении всего периода трудоспособности. Основной вклад в величину интегрального риска вносит риск развития нарушений сердечно-сосудистой системы: в период от 35 до 55 лет риск средний; от 55 до 62 лет – высокий; свыше 62 лет – экстремальный.

Выводы:

1. Основными звеньями патогенеза артериальной гипертензии в условиях труда, характерных при термошахтной добыче нефти являются вегетативная дис-

функция, оксидативный стресс и активация атерогенеза. Триггером развития артериальной гипертензии является дисбаланс вегетативной нервной системы.

2. Воздействие производственных факторов при сохранении воздействующих уровней и отсутствии профилактических мероприятий приводит к формированию неприемлемых уровней риска для здоровья работников, занятых на добыче нефти термошахтным способом, обусловленных, в первую очередь, заболеваниями сердечно-сосудистой системы.

3. Особое значение приобретает использование методов, повышающих эффективность восстановления во время периода межсменного и межвахтового отдыха и профилактики развития АГ у работников, занятых на добыче нефти термошахтным способом.

Список литературы

1. Бодров В.А. Современные исследования фундаментальных и прикладных проблем психологии профессиональной деятельности // Психологический журнал. – 2008. – Т. 29, № 5. – С. 83–89.

2. Вейн А.М. Вегетативные расстройства – Клиника. Диагностика. Лечение. – М.: Медицинское информационное агентство, 2003. – 752 с.

3. Власова Е.М., Алексеев В.Б., Шляпников Д.М. Адаптационные возможности организма как лимитирующий фактор выбора режима труда при выполнении подземных горных работ // Санитарный врач. – 2015. – № 4. – С. 16–24.

4. Власова Е.М., Алексеев В.Б., Шляпников Д.А. Ранняя диагностика состояний, предикторных производственно обусловленной артериальной гипертензии, у работников, занятых на выполнении подземных работ // Терапевт. – 2014. – № 5. – С. 23–29.

5. Грунской Т.В., Перхуткин В.П., Бердник А.Г. Аналитический обзор условий труда подземного персонала нефтяных шахт Ярегского месторождения // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология, нефтегазовое и горное дело. – 2017. – Т. 16, № 4 – С. 378–390.

6. Искрицкая Н.И. Экономическая целесообразность освоения месторождений природных битумов // Нефтяная и газовая промышленность. – 2007. – № 1. – С. 34–38.

7. Комплексный подход к оценке функциональных состояний человека / Э.М. Казин, Е.А. Анисова, А.Р. Галеев [и др.] // Физиология человека. – 2001. – Т. 27, № 2. – С. 112–121.

8. Методика экспресс-оценки физиологических резервов у специалистов с напряженной длительной профессиональной деятельностью / В.В. Шилов, В.Р. Беляев, А.О. Иванов [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2010. – № 4. – С. 31–33.

9. Новожилова М.Ю. Психодиагностика в системе диспансеризации лиц с расстройствами адаптации вследствие стрессогенной профессиональной деятельности: автореф. дис...канд. психол. наук. – СПб., 2009. – 26 с.

10. Оценка изменения функциональных нарушений у работников, занятых на подземных горных работах, для прогнозирования профессионального риска здоровью / Е.М. Власова, В.Б. Алексеев, Д.М. Шляпников [и др.] // Здоровье населения и среда обитания. – 2015. – № 12 (273). – С. 22–25.

11. Состояние условий труда работников организаций по отдельным видам экономической деятельности по Российской Федерации в 2020 году. Том I [Электронный ресурс] // Фед. служба гос. статистики (Росстат). – М., 2019. – URL: https://rosstat.gov.ru/folder/11110/document/13264 (дата обращения: 04.03.2021).

12. Функциональное состояние эндотелия у операторов продувки скважин при термошахтной добыче нефти / Н.К. Вознесенский, В.Э. Белицкая, И.В. Май, Т.С. Уланова // Медицина труда и промышленная экология. – 2017. – № 11. – С. 19–24.

13. Школа В.М. Бехтерева: от психоневрологии к биопсихосоциальной парадигме / Н.Г. Незнанов, М.А. Акименко, А.П. Коцюбинский. – СПб.: ВВМ, 2007. – 248 с.

Маркеры эффекта и чувствительности как индикаторные показатели нарушений здоровья работников, отражающие формирование производственно обусловленной патологии, ассоциированной с онкопролиферативными состояниями (на примере свинца и формальдегида)

О.В. Долгих[1,2,3]

[1] ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2] ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
[3] ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
г. Пермь, Россия

По результатам проведенного обследования работников предприятия цветной металлургии Пермского края, подвергающихся воздействию химических вредных производственных факторов, условия труда согласно руководству Р 2.2.2006-05 оценены как вредные (3.1–3.3). Установлено, что в качестве индикаторных показателей, маркеров эффекта и чувствительности условий воздействия химических факторов производственной среды, в том числе контаминации биосред металлами (свинец), формальдегидом, обладающими мутагенным и канцерогенным эффектами, приводящими к формированию онкопролиферативных состояний, предлагается использовать: активационные фенотипы кластеров клеточной дифференцировки CD25+, CD95+, рецептор TNFR, транскрипционный фактор p53 и антиапоптотический фактора Bcl-2, Annexin V негативных и позитивных клеток, CD3+HLA-DR+; IgG и IgE специфические к гаптенам; фетальные белки – КЭА, НСЭ: генные полиморфизмы: ген матриксной металлопротеиназы *MMP9* rs17576, ген транскрипционного фактора 53 *TP53* rs1042522, ген аддуцина *ADD1* rs4961.

Разработанный и научно обоснованный алгоритм идентификации маркеров иммунной регуляции и полиморфизма кандидатных генов у работников отражает ранние проявления формирования производственно обусловленной патологии, ассоциированной с онкопролиферативными состояниями в условиях адъювантной индуцированной гаптенами модификации иммунного контроллинга (на примере формальдегида и свинца).

Ключевые слова: маркер эффекта, маркер чувствительности, свинец, формальдегид, онкопролиферация.

Сохранение профессионального здоровья, профессионального долголетия при помощи современных технологий – одна из основных задач общества, важнейшая функция государства и основа его социальной политики, поскольку экономический подъем государства связан с трудоспособным населением [6, 10, 17, 19].

В результате техногенной деятельности вредные химические соединения оказывают болезнетворное, токсическое и стрессорное влияние на организм людей, работающих на производстве, подвергающихся воздействию вредных факторов, что негативно модифицирует иммунную систему организма, а на фоне измененного генетического материала повышает чувствительность к развитию инфекционных заболеваний, ведет к развитию неинфекционной патологии [21, 22, 24–27].

В связи с этим **цель настоящего исследования** – научное обоснование маркеров эффекта и чувствительности как индикаторных показателей нарушений здоровья работников, отражающих формирование производственно обусловленной патологии, ассоциированной с онкопролиферативными состояниями (на примере свинца и формальдегида), по результатам геномного и постгеномного анализа [1–5, 7–9, 11–16, 18, 20, 23].

Материалы и методы. При изучении состояния здоровья работающего населения Пермского края было выполнено иммунологическое и генетическое диагностическое обследование 40 взрослых (22 мужчины и 18 женщин), работающих на предприятии цветной металлургии, в условиях воздействия химических вредных производственных факторов (формальдегид, свинец), условия труда, которые на рабочих местах согласно руководству Р 2.2.2006-05 оценены как вредные с классом условий труда 3.1–3.3. При этом группу сравнения составили 88 взрослых (63 мужчины и 25 женщин), работающих в административной части.

Группы обследованных были сопоставимы по возрасту и полу.

Объектом исследования служили биосреды (кровь, буккальный эпителий).

При изучении иммунного статуса обследуемых были исследованы особенности маркеров клеточной дифференцировки, показатели специфической и неспецифической гиперчувствительности у взрослого работающего населения в условиях воздействия тяжелых металлов, поступающих из объектов среды обитания. Выполнена систематизация и статистическая обработка полученных результатов по иммунологическим показателям, количественно и качественно характеризующим направленность токсического действия контаминации биосред на иммунную систему обследуемых. В качестве маркеров эффекта использовали иммунологические показатели, количественно характеризующие иммунологические изменения в организме в ответ на воздействие повышенной контаминации биосред.

Фенотипирование лимфоцитов проводили на проточном цитометре FACSCalibur фирмы Becton Dickinson с использованием универсальной программы CellQuest.PrO с помощью компьютера Macintosh. Определение популяций и субпопуляций лимфоцитов (CD3+, CD4+, CD8+, CD16+, CD19+ CD25+, CD95+, CD127-,

CD3+HLA-DR+); экспрессии белка bcl-2, bax; внутриклеточного маркера апоптоза – p53-протеина – проводили методом мембранной иммунофлюоресценции с использованием панели меченых моноклональных антител к мембранным CD-рецепторам (Becton Dickinson, USA), при этом регистрировали суммарно не менее 10 000 событий.

Регистрацию апоптоза лимфоцитов проводили методом, основанным на определении экспрессии на наружной мембране молекул фосфатидилсерина с помощью аннексина V, конъюгированного с FITC (Annexin V-FITC), и фрагментации ДНК с помощью витального красителя 7-AAD (7-amino-actinomycin D) («BC», USA) с регистрацией проточной цитофлюорометрией на цитометре FACSCalibur («BD», USA).

Идентификация фетальных белков (КЭА, НСЭ) определяли с помощью иммуноферментного анализа (тест-системы фирмы «Вектор-Бест», г. Новосибирск) на анализаторе TECAN Sunrise (Австрия).

Содержание иммуноглобулина E специфического к формальдегиду, а также содержание иммуноглобулина G специфического к свинцу определялось с помощью аллергосорбентного теста с ферментной меткой.

Для диагностики генного полиморфизма на уровне ДНК в условиях факторной нагрузки на основании изучения специализированной литературы нами подобраны гены и их участки в качестве маркеров чувствительности вероятных рисков возникновения индуцированных средой нарушений иммунитета гены (всего 33) систем детоксикации, обменных и пролиферативных процессов. Диагностика проводилась методом ПЦР в режиме реального времени (термоциклер CFX96, «Биорад», США).

Для статистической обработки результатов исследования применялись методы математической статистики с помощью программы Microsoft ® Office Excel 2003 и пакета прикладных программ Statistica 6.0. (StatSoft, USA). Статистический анализ данных проводился методами описательной статистики и сравнения выборок (с использованием *t* критерия Стьюдента). Характер статистического распределения по выборкам устанавливали по критерию согласия – χ^2. Качественные данные представлены в виде абсолютных или относительных (%) частот, количественные признаки представлены как $M \pm m$ (среднее арифметическое ± ошибка среднего). Для номинативных переменных (генотипы) оценка производилась в программе SNPstats. Частоты исследуемых генотипов оценивались на соответствие закону равновесия Харди – Вайндберга. Использовалась мультипликативная и аддитивная модели наследования, позволяющие определить аллель и / или генотип как факторы вызывающие нежелательные эффекты. Достоверность отличий между группами считали значимыми при $p < 0{,}05$.

Результаты. По результатам проведенных исследований у 42,5–48,6 % взрослого работающего населения достоверно повышен уровень специфической сенсибилизации к свинцу и формальдегиду по критериям IgG и IgE как по отношению к референтному уровню, так и по отношению к группе сравнения ($p < 0{,}05$).

Наблюдаются достоверные отклонения показателей CD-иммунограммы в сравнении с референтным уровнем: наблюдается гиперпродукция относительного и абсолютного содержания Т-регуляторных CD127-, Bax, Bcl-2, TNFR, P53, Annexin V-FITC+7AAD негативных клеток, Annexin V-FITC+7AAD позитивных клеток; одновременно отмечается дефицит кластеров дифференцировки CD25+, CD95+

(маркеры ранней активации Т-лимфоцитов), зрелых активированных Т-лимфоцитов человека CD3+HLA-DR+; по отношению к группе сравнения: достоверно избыточна клеточная гибель Annexin V-FITC+7AAD-негативных клеток, Annexin V-FITC+7AAD-позитивных клеток, что указывает на избыточную активацию клеточного иммунитета и формирование элементов истощения Т-клеточного потенциала.

Результаты генетического анализа 33 генных полиморфизмов у работающего населения группы наблюдения выявило ключевые гены, распространенность полиморфизмов которых достоверно отличалась от группы сравнения ($p < 0,05$): ген матриксной металлопротеиназы *MMP9* rs17576, ген транскрипционного фактора *TP53* rs1042522, ген аддуцина *ADD1* rs4961.

Генограмма работников основных специальностей отличается от аналогичной работников администрации следующими полиморфными генетическими маркерами: ген матриксной металлопротеиназы *MMP9* rs17576: установлена значимая ассоциация с диким аллелем A (*OR* = 2,43; *CI*: 1,22–4,87; $p = 0,0110$) и соответствующим генотипом AA (*OR* = 2,83; *CI*: 1,12–7,15; $p = 0,0135$), наследуемым по доминантному признаку ($p = 0,0261$); ген транскрипционного фактора *TP53* rs1042522: достоверные различия ассоциированы с вариантным G аллелем (*OR* = 3,73; *CI*: 1,91–7,29; $p = 0,0001$) и GG-генотипом (*OR* = 7,00; *CI*: 2,33–21,04; $p = 0,0001$), наследуемым по рецессивному признаку ($p = 0,0002$); ген аддуцина *ADD1* rs4961 различается частотой его дикого аллеля G (*OR* = 3,25; *CI*: 1,12–9,46; $p = 0,0243$) и генотипа GG (*OR* = 3,29; *CI*: 1,03–10,51; $p = 0,0274$), наследуемого по доминантному типу ($p = 0,0394$).

Выводы. Результаты сравнительного анализа иммунного и генетического статуса работников основных профессий предприятия цветной металлургии и работников административного аппарата (Пермский край) позволили выявить: достоверные изменения показателей врожденного клеточного иммунитета по отношению к норме – повышенный уровень абсолютного фагоцитоза по отношению к группе сравнения ($p < 0,05$). В группе наблюдения установлены достоверные отклонения показателей CD-иммунограммы в сравнении с референтным уровнем и группой сравнения: наблюдается гиперпродукция Annexin V-FITC+7AAD-негативных клеток, Annexin V-FITC+7AAD-позитивных клеток, CD95+ (маркеры ранней активации Т-лимфоцитов), Bcl-2; одновременно отмечается дефицит относительного и абсолютного содержания Т-регуляторных CD127-, Bax, TNFR, P53, зрелых активированных Т-лимфоцитов человека CD3+HLA-DR+, что указывает на избыточную активацию клеточного иммунитета и формирование элементов истощения Т-клеточного потенциала. Уровень специфической сенсибилизации к свинцу и формальдегиду достоверно повышен почти у половины работающих основного производства ($p < 0,05$). Установленные иммунные индикаторные показатели свидетельствуют о наличии транзиторного воспалительного процесса, в том числе специфического, создающих опасность формирования производственно обусловленных заболеваний, ассоциированных с онкопролиферативными процессами.

Результаты сравнительного анализа полиморфизма генов у групп работников выявили достоверно повышенные уровни частотности вариантных аллелей кандидатных генов развития онкопролиферативной патологии: ген матриксной металлопротеиназы *MMP9* rs17576, ген транскрипционного фактора 53 *TP53* rs1042522, ген аддуцина *ADD1* rs4961. Идентифицированные полиморфизмы и их распространенность у работников основных специальностей характеризуют различные генетиче-

ские варианты развития пролиферации: так, типичная гомозигота матриксной металлопротеиназы *MMP9* rs17576 способствует повышенной экспрессии фермента, разрушающего внеклеточный матрикс, формируя клеточные дефекты, в том числе транскрипционные; полиморфизм гена транскрипционного фактора 53 *TP53* rs1042522 отменяет его контроллинг над клеточным ростом и способствует малигнизации; распространенная гомозигота гена аддуцина *ADD1* rs4961 выключает активность Na+-K+ насоса, что приводит к формированию аномальной клеточной сигнализации и негативной пролиферативной автономии. Комбинация названных полиморфизмов служит наследственно детерминированным фактором, обусловливающим формирование нарушений связанных с развитием при наличии дополнительных факторов риска (свинец, формальдегид) онкоассоциированных производственно обусловленных заболеваний.

Таким образом, разработан и предложен комплекс индикаторных показателей маркеров эффекта и чувствительности развития производственных заболеваний, ассоциированных с онкопролиферацией, у работников основных профессий предприятия цветной металлургии Пермского края (на примере свинца и формальдегида). По результатам геномного и постгеномного анализа установлен дисбаланс активационных мембранных и транскрипционных факторов апоптоза, а также генные полиморфизмы гена матриксной металлопротеиназы *MMP9* rs17576, гена транскрипционного фактора 53 *TP53* rs1042522, гена аддуцина *ADD1* rs4961, отражающие формирование пролиферативных процессов.

Проведение превентивных профилактических мероприятий по результатам раннего выявления маркеров эффекта и маркеров чувствительности формирования производственно обусловленной патологии за счет прогрессивных технологий позволит обеспечить сохранение профессионального здоровья, профессионального долголетия, что является одной из основных задач общества, важнейшей функцией государства и основой его социальной политики [1, 2, 14].

Список литературы

1. Аликина И.Н., Долгих О.В. Иммунологический статус работников горноперерабатывающего предприятия и химические факторы риска // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100, № 5. – С. 471–475.

2. Вдовина Н.А., Лужецкий К.П., Андреева Е.Е. Особенности иммуногенетических показателей у работников предприятия цветной металлургии // Гигиена и санитария. – 2015. – Т. 94, № 2. – С. 54–57.

3. Влияние полиморфизма генов детоксикации ксенобиотиков на частоты спонтанных и индуцированных аберраций хромосом в лимфоцитах человека / Л.Е. Сальникова, Э.А. Акаева, Т.В. Елисова [и др.] // Молекулярная радиобиология. Радиоэкология. – 2009. – Т. 49, № 5. – С. 543–551.

4. Зайцева Н.В., Долгих О.В., Дианова Д.Г. Гаптены природного и техногенного происхождения и клеточная гибель. – Пермь, 2020. – 164 с.

5. Зайцева Н.В., Землянова М.А., Долгих О.В. Геномные, транскриптомные и протеомные технологии как современный инструмент диагностики нарушений здоровья, ассоциированных с воздействием факторов окружающей среды // Гигиена и санитария. – 2020. – Т. 99, № 1. – С. 6–12.

6. Измеров Н.Ф. Национальная система медицины труда как основа сохранения здоровья работающего населения России // Здравоохранение Российской Федерации. – 2008. – № 1. – С. 7–8.

7. Иммунологические маркеры апоптоза у работающих в условиях комбинированного воздействия вредных производственных факторо / О.В. Долгих, Е.А. Отавина, Д.Г. Дианова, И.Н. Аликина, В.П. Рочев, Т.А. Легостаева // Актуальные вопросы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения на уровне субъекта федерации: материалы межрегиональной научно-практической интернет-конференции / под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. – Пермь, 2017. – С. 317–320.

8. Любченко П.Н. Значение новых диагностических технологий для оценки прогноза профессиональных заболеваний // Мед. труда и пром. экология. – 2001. – № 12. – С. 7–11.

9. Методические подходы к применению вариаций генов как показателей чувствительности при оценке риска здоровь / П.З. Шур, Д.М. Шляпников, В.Г. Костарев [и др.] // Гигиена и санитария. – 2018. – Т. 97, № 4. – С. 369–374.

10. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2018 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2019. – 254 с.

11. Определение альдегидов в биологических средах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии / Н.В. Зайцева [и др.] // Гигиена и санитария. – 2002. – № 2. – С. 77–79.

12. Особенности воздействия вредных производственных химических факторов на иммунную систему работников производства продуктов органического синтеза / О.В. Долгих, Т.С. Уланова, Т.Д. Карнажицкая [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2017. – № 11. – С. 36–41.

13. Особенности генетических показателей работников с артериальной гипертензией, ассоциированной с возрастом (на примере титано-магниевого производства) / К.Г. Старкова, О.В. Долгих, А.В. Кривцов [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2017. – № 6. – С. 21–25.

14. Особенности иммунной регуляции у работающих в условиях комбинированного воздействия вредных физических и химических факторов / О.В. Долгих, Е.А. Отавина, О.А. Казакова [и др.] // Здравоохранение Российской Федерации. – 2017. – Т. 61, № 6. – С. 330–333.

15. Особенности иммунной регуляции у работающих в условиях сочетанного воздействия вредных физических и химических факторов / О.В. Долгих, К.Г. Старкова, Е.А. Отавина [и др.] // Актуальные вопросы организации контроля и надзора за физическими факторами: материалы всероссийской научно-практической конференции / под ред. А.Ю. Поповой. – М., 2017. – С. 95–98.

16. Отавина Е.А., Долгих О.В. The state of the immune status of workers engaged in the chromium ore mining // Health And Safety At The Workplace: материалы II Международного научного форума. – 2018. – С. 176–178.

17. Попова А.Ю. Состояние условий труда и профессиональная заболеваемость в Российской Федерации // Современные проблемы гигиены и медицины труда: материалы всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием. – Уфа, 2015. – С. 14–21.

18. Рыжов С.В., Новиков В.В. Молекулярные механизмы апоптотических процессов // Российский Биотерапевтический журнал. – 2002. – Т. 1, № 3. – С. 27–33.

19. Санитарно-эпидемиологическое состояние различных объектов окружающей среды в Российской Федерации и экологически обусловленные угрозы здоровью россиян / Ю.А. Рахманин, Ю.Д. Губернский, И.Е. Зыкова [и др.] // Здоровье нации – основа процветания России: материалы научно-практ. конгр. IV Всеросс. форума. – М., 2008. – Т. 1. – С. 13–16.

20. Сибиряк С.В., Юсупова Р.Ш., Курчатова Н.Н. Иммунофенотипирование лимфоцитов в клинической практике: краткое метод. руководство. – Уфа, 1997. – 26 с.

21. Aromatic DNA adducts in coke-oven workers, in relation to exposure, lifestyle and genetic polymorphism of metabolic enzymes / J. Zhang [et al.] // Int. Arch. Occup. Environ. Health. – 2000. – № 73. – P. 127–135.

22. Changes in T-cells subpopulations in lead workers / S. Fumihiro [et al.] // Environ. Res. A. – 1998. – Vol. 76, № 1. – P. 61–64.

23. Chelakova Yu., Dolgikh O. Peculiarities of cytokine production by lymphocytes under viral load simulation in vitro // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. – Sofia, 2020. – P. 591–598.

24. Effect of lead acetate toxicity on experimental male albino rat / M.I. Nabil [et al.] // Asian Pacific J. of Tropical Biomed. – 2011. – Vol. 2. – P. 41–46.

25. Effect of lead exposure on lymphocyte subsets and activation markers / K.P. Mishra [et al.] // Immunopharmacol. Immunotoxicol. – 2010. – Vol. 32. – P. 446–449.

26. Heavy metal contamination in soil, water and their presence in livestock and products: a review / V. Rajaganapathy [et al.] // J. Environ. Sci. Technol. – 2011. – Vol. 4. – P. 234–249.

27. Ward J.B., Hastings D.A., Whorton E.B., Ammenheuser M.M. Mutant lymphocyte frequencies in workers in petrochemical plant // Environ. and Mol. Mutagenes. – 1997. – Vol. 28, № 29. – P. 55.

Факторы риска профессионального выгорания социальных работников

А.В. Жеглова

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, г. Москва, Россия

В современных условиях актуальной остается проблема профессиональных рисков в социальной работе. Постоянные стрессовые ситуации в процессе сложного социального взаимодействия с подопечными, личная незащищенность и другие морально-психологические факторы оказывают негативное воздействие на здоровье социального работника.

С целью определения факторов риска профессионального выгорания социальных работников проведено исследование состояния условий труда, клинико-функциональное и

психологическое обследования 147 работников социальной сферы (социальные работники патронажной службы, социальные работники хосписов, специалисты системы социального обслуживания) с выявлением основных факторов риска нарушений здоровья.

Выявлены основные группы заболеваний, факторы риска развития профессионального выгорания. Разработана система профилактических мероприятий, включающих санитарно-гигиенические, медико-профилактические и психологические программы, направленные на сохранение здоровья работников социального обслуживания.

Ключевые слова: профессиональные риски, социальные работники, нарушения здоровья, профилактика.

В современных условиях социальное обслуживание является одним из основных видов социальной работы. Проблема профессиональных рисков в социальной работе наиболее актуальна, при этом ей уделяется недостаточно внимания. Неоспоримо лишь, что постоянные стрессовые ситуации в процессе сложного социального взаимодействия с подопечными, личная незащищенность и другие морально-психологические факторы оказывают негативное воздействие на здоровье социального работника.

Профессиональная деятельность социального работника, независимо от разновидности исполняемой работы, относится к группе профессий с повышенной моральной ответственностью за здоровье и жизнь отдельных людей, групп населения и общества в целом.

Социальным работникам, по роду своей деятельности вовлеченным в длительное напряженное общение с другими людьми, свойственен, как и другим специалистам системы «человек – человек», так называемый синдром «эмоционального выгорания», или феномен «эмоционального выгорания», который проявляется как состояние физического и психического истощения, вызванное интенсивными межличностными взаимодействиями при работе с людьми, сопровождающимися эмоциональной насыщенностью и когнитивной сложностью. Это связано также с тем, что в своей деятельности социальный работник помимо профессиональных знаний, умений и навыков в значительной мере использует свою личность, являясь своего рода «эмоциональным донором» [1].

Социальная работа предъявляет жесткие требования к психофизиологическим особенностям специалиста-профессионала и требует научно обоснованные методы отбора, адаптации специалистов по социальной работе и профилактики синдрома «эмоционального выгорания». Стрессоустойчивость становится обязательным качеством специалиста по социальной работе. Однако на сегодняшний день насчитывается незначительное число работ, посвященных изучению стрессоустойчивости в профессиональной деятельности социальных работников, что свидетельствует о недостаточном внимании, уделяемом исследователями разработке данной проблемы.

Профессиональное выгорание – это явление, которое развивается на фоне хронического стресса и ведет к истощению эмоционально-энергетических и личностных ресурсов специалиста. Этот синдром считается одним из самых опасных профессиональных «деформаций». Понятие «выгорание» впервые ввел Герберт Фрейденбергер в 1974 г. для описания эмоционального состояния некоторых работников психиатрических учреждений. Сам термин «синдром выгорания» был введен К. Маслач в соответствии с трехкомпонентной моделью «выгорания», включающей:

– эмоциональное истощение (чувство эмоциональной опустошенности и усталости, вызванное собственной работой);

– редукцию личных достижений (чувство некомпетентности, ощущение утраты эффективности и достижений в профессиональной деятельности);

– деперсонализацию (личностная отстраненность от своего труда и его объектов) [3].

Цель исследования – изучение факторов риска профессионального выгорания социальных работников.

Материалы и методы. Проведено изучение состояния условий труда, клинико-функциональное и психологическое обследования 147 работников социальной сферы (социальные работники патронажной службы, социальные работники хосписов, специалисты системы социального обслуживания) с выявлением основных факторов риска нарушений здоровья.

Гигиеническая оценка условий труда социальных работников осуществлялась в соответствии с руководством Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и основывались на анализе трудовой деятельности и ее структуры с выделением приоритетных факторов трудового процесса.

Основным фактором у всех групп социальных работников (социальные работники патронажной службы, социальные работники хосписов, специалисты системы социального обслуживания) являлась напряженность трудового процесса, для дифференцированной оценки которой использовался расчет интегрального показателя ($L_{НТ}$) (по методике Н.Ф. Измерова и соавт.).

В зависимости от величины $L_{НТ}$ выделено шесть категорий напряженности трудового процесса: 1 – малая ($L_{НТ} \leq 0{,}899$); 2 – средняя ($0{,}900 \leq L_{НТ} \leq 1{,}206$); 3 – высокая ($1{,}207 \leq L_{НТ} \leq 1{,}514$); 4 – очень высокая ($1{,}515 \leq L_{НТ} \leq 1{,}824$); 5 – изнурительная ($1{,}825 \leq L_{НТ} \leq 2{,}130$); 6 – сверхинтенсивная (экстремальная) ($L_{НТ} \geq 2{,}131$).

Исходя из совокупности факторов трудового процесса, можно полагать, что для специалистов социального обслуживания характерен 2-й (допустимый) класс труда по степени напряженности трудового процесса. Общая оценка напряженности труда социальных работников патронажной службы и хосписов позволила отнести их профессиональную деятельность по степени напряженности трудового процесса к классу 3.1 – труд напряженный 1-й степени.

Анализ данных, полученных при дифференцированной оценке напряженности трудового процесса социальных работников различных групп по интегральному показателю $L_{НТ}$, выявил, что к 4-й (очень высокой) категории напряженности трудового процесса относятся социальные работники патронажной службы ($L_{НТ} = 1{,}529$) и социальные работники хосписов ($L_{НТ} = 1{,}795$), к 3-й (высокой) категории напряженности – специалисты системы социального обслуживания ($L_{НТ} = 1{,}321$). Также в процессе трудовой деятельности социальные работники хосписов и патронажной службы периодически подвергаются тяжелым физическим нагрузкам (подъем и перемещение тяжестей, наклоны корпуса и др.) – класс 3.1 (вредные условия труда 1-й степени).

Для оценки степени выраженности профессионального выгорания в исследование было включено 147 работников патронажной службы, хосписов и специалистов социального обслуживания. Женщины составили 100 % обследованных. Средний возраст составил 45,9 ± 1,5 г., средний стаж работы в профессии – 17,8 ± 1,8 г.

Согласно данным углубленного медицинского осмотра хронические заболевания зарегистрированы у 62,6 % обследованного контингента. В структуре выявленной патологии наибольшую долю занимает гипертоническая болезнь (25,9 %), патология опорно-двигательного аппарата (дорсопатия шейного и поясничного уровней с болевым, мышечно-тоническим синдромом, артрозы различной локализации) (18,7 %), патология желудочно-кишечного тракта (хронический гастрит, хронический холецистит, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки) (15,2 %), расстройства эмоциональной сферы (14,7 %), сахарный диабет (11,4 %). Установлено, что 53,8 % социальных работников имеют высокий ИМТ, избыточный вес отмечен у 34,2 %, ожирение различной степени выраженности выявляется у 26,0 %.

Изменения на ЭКГ отмечены у 77 обследованных (52,4 %): диффузные изменения миокарда левого желудочка – у 28,6 %, гипертрофия левого желудочка – у 27,1 %, нарушения ритма (аритмия, тахикардия, брадикардия, экстрасистолия) – у 23,9 %, нарушения внутрижелудочковой проводимости – у 12,5 % и другие изменения.

Изменение показателей центральной гемодинамики в процессе трудовой деятельности можно рассматривать в качестве универсальной адаптационной реакции организма в ответ на воздействие факторов внешней среды, наиболее выраженные сдвиги гемодинамических показателей отмечены у работников со стажем работы свыше 15 лет: показатели АДС и АДД (по средним значениям) в группе социальных работников патронажной службы и хосписов были выше возрастных физиологических норм и составляли 144,7 и 90,7 мм рт. ст. соответственно.

Анализ данных расчета адаптационного потенциала по Р.М. Баевскому свидетельствует о высокой доле лиц в группе работников хосписов с неудовлетворительной адаптацией и срывом адаптации – 52,5 %, с напряжением механизмов адаптации – 30,4 % обследованных.

Для оценки выраженности профессионального выгорания у социальных работников использовали опросник «Синдром эмоционального выгорания» В.В. Бойко, оценку нервно-психической устойчивости (НПУ) проводили по методике «Прогноз», предназначенной для первоначального ориентировочного выявления лиц с признаками нервно-психической неустойчивости [2].

Данные профессионального выгорания по опроснику Бойко у специалистов социальной службы были невысокими, средняя оценка опросника Бойко составила 72,7 ± 5,6 балла. Качественный анализ результатов опроса этой группы выявил, что сформированной фазы напряжения не было, фаза резистенции сформировалась у 8,3 %, фаза истощения – у 1,7 %. Количественно-качественный анализ результатов опросника Бойко показал, что сформированное профессиональное выгорание у специалистов социальной службы не отмечается.

Общая оценка средних показателей профессионального выгорания по опроснику Бойко у работников патронажной службы и хосписов составила 82,0 ± 7,2 балла. Качественный анализ результатов выявил, что сформированная фаза напряжения наблюдалась только у 2,8 %, фаза резистенции – у 25,8 %, фаза истощения – у 9,3 %, а сформированный синдром ПВ – только у 8,1 % обследованных работников хосписов и патронажной службы.

Индивидуальные результаты исследования социальных работников различных групп по критерию нервно-психической устойчивости показали, что среднегрупповой уровень составил 25,8 балла, что соответствует удовлетворительному уровню НПУ. В исследовании более половины респондентов (55,8 %) характери-

зуются высоким, хорошим или удовлетворительным уровнем нервно-психической устойчивости. Около четверти испытуемых (24,5 %) имеют достаточно высокий риск дезадаптации в стрессе в связи с недостаточной нервно-психической устойчивостью, для них характерен неблагоприятный прогноз в плане дальнейшей профессиональной деятельности и развития эмоционального выгорания.

Полученные результаты явились основанием для разработки программы профилактической работы, способствующей предотвращению профессионального выгорания, сохранению и укреплению психического здоровья социальных работников за счет создания условий для профилактики, актуализации личностных ресурсов стрессоустойчивости, развития умения управлять эмоциональным и психологическим состоянием, развития индивидуального потенциала.

Основными задачами разработанной программы являются выявление факторов риска развития профессионального выгорания социальных работников, повышение «стрессоустойчивости» работников, формирование у работников навыков оказания самопомощи, обучение приемам снятия эмоционального напряжения, приемам повышения настроения и самооценки.

Основными этапами реализации разработанной программы являются: организационный (тщательный профотбор с проведением анкетирования, тестирования с целью выявления лиц, имеющих низкий уровень развития профессионально важных психологических качеств личности, предрасположенность к профессиональному выгоранию, профессиональное сопровождение «молодых» сотрудников с помощью профессионального наставничества, развитие системы поощрений (материальных и нематериальных) социальных работников) и профилактический (психологическая диагностика, направленная на выявление признаков профессионального выгорания, психологическое просвещение, индивидуальное психологическое консультирование, психологическое развитие, регулярное проведение семинаров, групповых семинаров, тренингов, направленных на формирование ресурсов противодействия профессиональному выгоранию).

Для профилактики и помощи социальным работникам в преодолении синдрома выгорания рекомендовано следующее: создание кабинетов психологической разгрузки, организация рабочих пауз для эмоциональной релаксации, оптимизация режима работы и отдыха, обучение приемам релаксации и саморегуляции психического состояния.

Социальная работа предъявляет жесткие требования к психофизиологическим особенностям специалиста-профессионала и требует применять научно обоснованные методы отбора, адаптации специалистов по социальной работе и профилактики синдрома эмоционального «выгорания». В связи с этим профилактические программы, направленные на развитие особых умений, знаний, навыков, личностных качеств, должны стать неотъемлемой частью профессиональной адаптации и профессионального развития работников социальной сферы. Особую значимость такие программы приобретают на современном этапе развития общества, предъявляющем все более высокие требования к специалистам, работающим в сфере коммуникации с людьми, находящимися в трудной жизненной ситуации. Правильность принятия решения в ходе работы с населением, безусловно, зависит от уровня профессионализма социальных работников, вместе с тем результативность их труда часто обесценивается по причинам, от них не зависящим (экономическим, социальным, культурологическим и др.).

Все перечисленные факторы неизбежно влияют на профессиональное здоровье специалистов социальной сферы. В настоящих же условиях категория «здоровье специалиста» становится экономической ценностью наряду с прибыльностью производства, а здоровье рассматривается как необходимое условие высокого трудового потенциала, показателя культуры и эффективного государственного управления.

Список литературы

1. Бердяева И.А., Войт Л.Н. Синдром эмоционального выгорания у врачей различных специальностей // Дальневосточный медицинский журнал. – 2012. – № 2. – С. 117–120.

2. Винокур В.А., Клиценко О.А. Валидизация методики психологической диагностики профессионального «выгорания» в «помогающих» профессиях (опросника «ОПРВ») [Электронный ресурс] // Медицинская психология в России. – 2012. – № 1. – URL: http://mprj.ru/archiv_global/2012_1_12/nomer/nomer21.php (дата обращения: 15.03.2022).

3. Зайцева О.А., Овчаренко З.В. Профессиональное выгорание у медицинских работников // Молодой ученый. – 2021. – № 37 (379). – С. 139–146.

Факторы кардиоваскулярного риска у работников подземной добычи рудных ископаемых

Н.В. Зайцева, О.Ю. Устинова, А.Е. Носов, А.С. Байдина, Е.М. Власова

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Широкое распространение шахтной добычи полезных ископаемых в России обусловливает высокую актуальность сохранения трудовых ресурсов в этой отрасли, предотвращение профессиональной и производственно обусловленной заболеваемости, снижение случаев временной и стойкой утраты трудоспособности. Шахтная добыча полезных ископаемых характеризуется воздействием на работников ряда неспецифических вредных (опасных) факторов: производственный шум, общая и локальная вибрация, тяжесть труда, нагревающий или охлаждающий микроклимат, низкая освещенность.

Для изучения распространенности артериальной гипертензии среди подземных горнорабочих, ее клинических особенностей и изменений комплекса биохимических факторов риска сердечно-сосудистых осложнений были обследованы рабочие разных специальностей. Группу наблюдения составили 98 работников следующих специальностей: проходчик, горнорабочий, машинист буровой установки, машинист скреперной лебедки, бурильщик шпуров. Группу сравнения (работающие в условиях вне воздействия исследуемых производственных факторов) составили 75 работников – руководители и специалисты административно-управленческого пер-

сонала предприятия. Все обследованные работники групп наблюдения и сравнения – мужчины. Работники осмотрены врачом-кардиологом. Выполнены лабораторные исследования: высокочувствительный СРБ, гидроперекись липидов, мочевая кислота. Изучался спектр липидов крови, гормонов стресса (адреналин, кортизол).

В группе подземных горнорабочих установлено достоверное превалирование случаев артериальной гипертензии (31,3 % в группе наблюдения и у 17,2 % обследованных в группе сравнения, $p = 0{,}042$), установлены ее клинические особенности. При лабораторном исследовании в группе горнорабочих установлено наличие ряда параклинических синдромов: синдром системного воспаления и иммунной активации, синдром нарушения липидного обмена, синдром оксидативного стресса, нарушение гормонального профиля. Наличие выявленных в работе клинических и параклинических особенностей дает основания для дальнейшей разработки направленных профилактических программ у данной категории работников рудных шахт.

Ключевые слова: подземная добыча полезных ископаемых, производственно обусловленная патология, артериальная гипертензия.

Широкое распространение шахтной добычи полезных ископаемых в России обусловливает высокую актуальность сохранения трудовых ресурсов в этой отрасли, предотвращение профессиональной и производственно обусловленной заболеваемости, снижение случаев временной и стойкой утраты трудоспособности [2, 6]. Шахтная добыча полезных ископаемых характеризуется воздействием на работников ряда неспецифических вредных (опасных) факторов: производственный шум, общая и локальная вибрация, тяжесть труда, нагревающий или охлаждающий микроклимат, низкая освещенность. Специфические вредные факторы варьируются в зависимости от вида добываемого сырья и включают в себя воздействие пыли определенного химического состава и степени дисперсности [6, 7]. Выделяют два основных типа шахт – шахты по добыче каменного угля и шахты по добыче рудных полезных ископаемых. К числу последних относятся шахты по добыче хромовой руды. Рудные полезные ископаемые, как правило, добываются подземным способом. Вследствие большой крепости рудного минерального сырья выемку руды производят с помощью буровзрывных работ. Многообразие используемого технологического оборудования при подземной добыче руды определяет специфику труда горнорабочих, разнообразие и степень выраженности негативного воздействия производственных факторов среды и трудового процесса, основными из которых являются: особые микроклиматические условия, пыль (в том числе специфического химического состава) вибрация, шум, отсутствие дневного света. Интенсивность воздействия того или иного фактора зависят от используемой техники и оборудования, а также от наличия и эффективности применяемых санитарно-технических средств коллективной и индивидуальной защиты [6, 7, 8].

Сердечно-сосудистая патология не относится к категории профессиональных заболеваний шахтеров, но определяет допуск шахтеров к работе, влияет на показатели заболеваемости и смертности в трудоспособном возрасте [1]. При воздействии ряда факторов производства артериальная гипертензия (АГ), а также сопутствующие параклинические нарушения могут рассматриваться как производственно обусловленные состояния. Изучение особенностей формирования АГ у работников горнодобывающей промышленности, особенностей факторов сердечно-сосудистого риска является актуальным вопросом в клинике медицины труда.

Цель исследования – изучение распространенности артериальной гипертензии среди подземных горнорабочих, ее клинических особенностей и изменений комплекса биохимических факторов риска сердечно-сосудистых осложнений.

Материалы и методы. Группу наблюдения составили 98 работников следующих специальностей: проходчик, горнорабочий, машинист буровой установки, машинист скреперной лебедки, бурильщик шпуров. Средний возраст обследованных группы наблюдения составил 39,8 ± 9,0 г., средний стаж – 9,7 ± 8,4 г. Группу сравнения (работающие в условиях вне воздействия исследуемых производственных факторов) составили 75 работников – руководители и специалисты административно-управленческого персонала предприятия; средний возраст группы сравнения – 37,5 ± 7,9 г. ($p > 0,05$ по отношению к группе наблюдения), средний стаж – 11,0 ± 7,1 г. ($p > 0,05$ по отношению к группе наблюдения). Все обследованные работники групп наблюдения и сравнения – мужчины. Дополнительный анализ проводился при разделении данных групп по стажу (работники со стажем до 10 лет, 10 лет и более). Для изучения влияния условий труда на здоровье работников было выбраны рабочие места с характерным набором вредных производственных факторов (хром, пыль, шум, вибрация, тяжесть труда, напряженность труда, охлаждающий микроклимат) и одинаковыми режимами работы (скользящий трехсменный график с продолжительностью смены восемь часов). Класс условий труда в группе наблюдения соответствовал классу 3.2–3.4 по шуму, 3.1–3.2 – по общей вибрации, 3.1–3.3 – по локальной вибрации и 3.1–3.3 – по тяжести трудового процесса. Общий класс условий труда в группе наблюдения соответствовал 3.3–3.4.

Для анализа состояния здоровья работников реализована специально разработанная программа обследования, включающая клиническое обследование с оценкой состояния органов системы кровообращения и комплекс лабораторных диагностических процедур. Исследование лабораторных показателей выполнено унифицированными общеклиническими, биохимическими и иммуноферментными методами с помощью автоматического гематологического AcT5diff AL (Beckman Coulter Inc., США, Франция), биохимического Keylab (BPC+Biosed, Италия), иммуноферментного Infinite F50 (Tecan, Австрия) анализаторов. Проводилось исследование крови на содержание высокочувствительного СРБ, гидроперекиси липидов, мочевой кислоты. Изучался спектр липидов крови, уровни креатинина, β_2-микроглобулина, гормонов стресса (адреналин, кортизол). Клиническое и лабораторное диагностическое обследование выполнено в соответствии с обязательным соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации 1975 г. с дополнениями 1983 г., получено положительное заключение этического комитета (протокол № 15 от 11.02.2018), а от каждого пациента – информированное согласие.

Математическую обработку результатов осуществляли с помощью параметрических методов вариационной статистики. Проверка статистических гипотез проводилась с использованием критериев Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. Артериальная гипертензия зарегистрирована у 31,3 % в группе наблюдения и у 17,2 % обследованных в группе сравнения ($p = 0,042$).

В стажевой группе до 10 лет доля лиц с артериальной гипертензией составила 24,1 % в группе наблюдения и 15,2 % в группе сравнения – без статистически значимых различий ($p = 0,31$), а при стаже более 10 лет – 42,1 и 19,5 % соответственно ($p = 0,03$).

При объективном клиническом обследовании работников хромовой шахты жалобы на общую слабость и утомляемость в группе наблюдения были выявлены в 6,8 % случаев (в группе сравнения – в 3,8 %; $p = 0,48$), при этом частота данных жалоб в группе наблюдения существенно не менялась со стажем, тогда как в группе сравнения при стаже до 10 лет они отсутствовали, а при стаже более 10 лет были сопоставимы по частоте с группой наблюдения (7,2 против 6,25 %, $p = 0,75$). Головные боли статистически значимо чаще выявлялись в группе сравнения (4,5 % против 19,2 %, $p = 0,05$ – в общих группах и 6,5 и 25 %, $p = 0,04$ – в группах со стажем до 10 лет). В группах со стажем более 10 лет статистически значимых различий по частоте регистрации жалоб на головные боли выявлено не было (0 и 10 %, $p = 0,22$). Жалобы на одышку в группе наблюдения регистрировались статистически значимо чаще, чем в группе сравнения (20,4 против 3,8 %, $p = 0,046$), при этом в группе сравнения данная жалобы фиксировалась только в стажевой группе до 10 лет у 6,3 % обследованных. Жалобы на отеки ног предъявляли только представители группы наблюдения, однако различия не достигали статистической значимости (4,5 против 0 %, $p = 0,22$). Давящие боли в груди не выявлялись ни в одной из групп, а колющие боли в области верхушки сердца – только в группе сравнения с максимальной долей при стаже до 10 лет без статистически значимых различий с группой наблюдения (0 против 6,25 %, $p = 0,16$). Не было выявлено статистически значимых различий между группами и по жалобам на сердцебиение (5,5 против 2,2 %, $p = 0,59$).

В объективном статусе работников хромовых шахт был установлен ряд особенностей. Систолический шум на сонных артериях статистически значимо чаще выявлялся в группе наблюдения (20,5 против 3,8 %, $p = 0,05$) с сохранением значимых различий в стажевых группах более 10 лет (28,5 против 0 %, $p = 0,04$). По показателю частоты сердечных сокращений (ЧСС) выявлены статистически значимые различия во всех стажевых группах (54,5 против 13,5 % соответственно, $p = 0,04$) с повышением доли лиц с ЧСС более 80 уд/мин в группе наблюдения с 41,5 % при стаже менее 10 лет до 62,4 % при стаже более 10 лет (в группе сравнения с 8,2 % при стаже менее 10 лет до 17,8 % при стаже более 10 лет).

При обследовании работников группы наблюдения получены лабораторные данные, отклонения которых характеризуют развитие негативных эффектов со стороны сердечно-сосудистой системы.

При оценке показателей, характеризующих наличие субклинического асептического воспаления, установлено, что среднее значение высокочувствительного СРБ в сыворотке крови обследованных группы наблюдения достоверно в 2,9 раза превышало аналогичный показатель группы сравнения и составило 12,0 ± 2,50 и 4,12 ± 2,78 мг/дм^3 соответственно ($p = 0,0001$). Оценка показателей, характеризующих активность окислительных процессов, показала, что уровень гидроперекиси липидов в сыворотке крови обследованных работников группы наблюдения достоверно превысил в 1,6 раза аналогичный показатель в группе сравнения и составил 209,35 ± 66,22 мкмоль/дм^3 (против 129,79 ± 32,00 мкмоль/дм^3 в группе сравнения, $p = 0,035$). Установлено, что частота регистрации проб с повышенным уровнем данного показателя у работников группы наблюдения достигало 30 % случаев, при отсутствии таковых проб в группе сравнения ($p = 0,03$). В группе наблюдения концентрация мочевой кислоты в крови была статистически значимо выше, чем в группе сравнения: 337,76 ± 18,15 против 299,15 ± 20,82 мкмоль/дм^3 ($p = 0,008$). При анализе стажевых подгрупп установлено, что достоверное превышение уровня мо-

чевой кислоты в группе наблюдения выявлено только при стаже до 10 лет: 338,62 ± 23,07 и 299,30 ± 32,42 мкмоль/дм^3 соответственно (p = 0,05).

Оценка состояния липидного обмена показала, что у работников группы наблюдения зарегистрировано достоверно в 1,2 раза более низкий уровень ЛПВП в крови (1,36 ± 0,08 ммоль/дм^3) относительно аналогичного показателя в группе сравнения (p = 0,01). Частота регистрации проб с пониженным значением ЛПВП составила 61,8 % в группе наблюдения при 50,0 % проб в группе сравнения (p = 0,001). При раздельном анализе стажевых групп сохранялась тенденция к снижению ЛПВП в группе наблюдения без достижения статистической значимости (p = 0,081–0,33). Обращает на себя внимание повышение в 1,2–1,3 раза уровня ЛПНП (3,25 ± 0,18 ммоль/дм^3), триглицеридов (1,71 ± 0,25 ммоль/дм^3) и индекса атерогенности (3,02 ± 0,29) в сыворотке крови работников группы наблюдения относительно аналогичных показателей в группе сравнения (p = 0,0001–0,043). При этом средний уровень индекса атерогенности у работников группы наблюдения в 1,2 раза превышал верхнюю границу физиологической нормы (p = 0,001), а частота регистрации проб с повышенным значением данного показателя составила 57,9 % случаев, что в 1,7 раза выше, чем в группе сравнения (p = 0,0001). В обеих стажевых группах сохранялись статистически значимые различия по уровню содержания ЛПНП (в группе со стажем до 10 лет – 3,13 ± 0,20 и 2,71 ± 0,19 ммоль/дм^3 соответственно, p = 0,005; более 10 лет – 3,56 ± 0,36 и 2,91 ± 0,42 ммоль/дм^3 соответственно, p = 0,02). Различия по уровню триглицеридов при раздельном анализе стажевых групп не достигали статистической значимости, в то время как различия по индексу атерогенности сохранялись в обеих стажевых группах и составили в группах со стажем до 10 лет 2,92 ± 0,33 и 2,28 ± 0,38 (p = 0,01); 3,28 ± 0,597 и 2,31 ± 0,33 (p = 0,005) в группах наблюдения и сравнения соответственно.

Обращает на себя внимание повышенный уровень адреналина в сыворотке крови работников группы наблюдения (63,81 ± 22,62 пг/см^3), что в 1,7 раза превышало аналогичный показатель работников группы сравнения (p = 0,03). Уровень адреналина при стаже до 10 лет имел тенденцию к повышению и составил в группе наблюдения: 71,37 ± 28,85 пг/см^3, в то время как в группе сравнения не превышал 42,06 ± 17,19 пг/см^3 (p = 0,07). В группах со стажем более 10 лет уровень адреналина статистически значимо не различался и составлял 45,66 ± 47,95 и 40,943 ± 17,60 пг/см^3 соответственно (p = 0,81). В крови работников группы наблюдения выявлено более высокое содержание кортизола (392,96 ± 28,32 и 336,10 ± 39,54 нмоль/см^3 в группах наблюдения и сравнения соответственно, p = 0,03); при этом статистически достоверные различия с группой сравнения установлены только в группах со стажем более 10 лет (409,10 ± 46,48 и 325,68 ± 38,74 нмоль/см^3 соответственно, p = 0,03).

Изучение механизмов развития производственно обусловленной сердечно-сосудистой патологии у работников горнодобывающего предприятия имеет критически важное значение для предотвращения потери трудоспособности и профилактики сердечно-сосудистых осложнений.

Развитие заболеваний системы кровообращения (в частности, АГ с кардиоваскулярными факторами риска и ассоциированными состояниями) изучалось в различных исследованиях. В «шахтерских» городах смертность в трудоспособном возрасте на 20–30 % выше в сравнении с общепопуляционной. В угольной отрасли в 1,5 раза выше уровень заболеваемости сердечно-сосудистой патологией с вре-

менной утратой трудоспособности, а по отдельным шахтам этот показатель превышает среднероссийский в 2–2,5 раза [4].

Н.А. Холопкина и соавт. изучали риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний у шахтеров в Ростовской области. Авторами показано, что у шахтеров наиболее распространена АГ 2-й степени с высоким риском сердечно-сосудистых осложнений. Подавляющее большинство шахтеров с АГ имели избыточную массу тела, ожирение, дислипидемию. В структуре поражений органов-мишеней часто встречались гипертрофия левого желудочка (84 %), ангиопатия сетчатки (71 %) и дисциркуляторная энцефалопатия (29 %). Ишемическая болезнь сердца у шахтеров с АГ была установлена в 24 % случаев [4, 9].

К.К. Карбалиным и соавт. проведено исследование распространенности АГ у шахтеров Карагандинского угольного бассейна. Выявлена высокая распространенность заболевания среди подземных рабочих, значимо превышающая таковую в группе наземных рабочих. Установлены особенности формирования АГ среди шахтеров, в частности, развитие заболевания в молодом возрасте при небольшом стаже работы в подземных условиях, преобладание мягкой и умеренной форм. По показателям относительного риска и этиологической доли производственных факторов, АГ у шахтеров отнесена к производственно обусловленной патологии [3, 4].

Н.И. Панев и соавт. изучали особенности липидного обмена и уровня гомоцистеина у больных атеросклерозом в сочетании с пылевой патологией легких у шахтеров длительно работающих в пылевых условиях. Показано, что у шахтеров с пылевой патологией легких атеросклероз встречается достоверно чаще, чем у лиц, не имеющих таковой. Отмечена более высокая частота атеросклероза по сравнению с контрольной группой как у больных антракосиликозом, так и у больных хроническим пылевым бронхитом, что авторы связывают с более выраженными нарушениями липидного обмена и гипергомоцистеинемией [5]. По данным литературы, в патогенезе производственно обусловленных заболеваний сердечно-сосудистой системы одно из ведущих мест занимает пылевое загрязнение атмосферного воздуха [10].

Выводы. В настоящем исследовании установлено достоверное превалирование случаев АГ в группе подземных горнорабочих, которое наиболее значимо проявлялось при стаже более 10 лет. Выявлены клинические особенности группы шахтеров и группы сравнения по жалобам и объективному статусу. При лабораторном исследовании в группе горнорабочих установлено наличие ряда параклинических синдромов, которые, с одной стороны, способствуют развитию производственно обусловленной АГ, а с другой – отягощают ее течение с потенциальным развитием ассоциированных клинических состояний: синдром системного воспаления и иммунной активации (повышение уровня СРБ), синдром нарушения липидного обмена (дисбаланс липидных фракций), синдром оксидативного стресса (повышение содержания гидроперекиси липидов в крови концентрации мочевой кислоты крови), нарушение гормонального профиля (увеличение содержания в крови шахтеров адреналина и кортизола). Наличие выявленных в работе клинических и параклинических особенностей дает основания для дальнейшей разработки направленных профилактических программ у данной категории работников рудных шахт.

Список литературы

1. Бабанов С.А. Поражения сердечно-сосудистой системы в практике профпатолога // Медицинский альманах. – 2016. – № 4. – С. 106–111.

2. Измеров И.Ф. Профессиональная патология: национальное руководство. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 784 с.

3. Карбалин С.К., Карабаева Р.Ж., Мажитов Т.М. Производственная обусловленность артериальной гипертонии у шахтеров // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН. – 2009. – № 1. – С. 118–121.

4. Мартынова Н.А., Кислицына В.В. Профессиональная заболеваемость шахтеров (обзор литературы) // Здоровье. Медицинская экология. Наука. – 2017. – № 5. – С. 46–52.

5. Панев Н.И. Биохимические показатели сыворотки крови при сочетании атеросклероза с пылевой патологией легких // Медицина труда и промышленная экология. – 2002. – № 10. – С. 30–34.

6. Российская энциклопедия по медицине труда / под ред. И.Ф. Измерова. – М.: Медицина, 2005. – 656 с.

7. Ушаков К.З., Каледина Н.О., Кирин Б.Ф. Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2002. – 487 с.

8. Чигисова А.Н., Огарков М.Ю., Максимов С.А. Социально-гигиеническая оценка риска артериальной гипертензии у работников угледобывающих предприятий // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 3. – С. 76–82.

9. Холопкина Н.А. Распространенность факторов риска у рабочих угольной промышленности Ростовской области и артериальная гипертония // Медицина труда и промышленная экология. – 2003. – № 1. – С. 19–22.

10. Vidale S., Campana C. Ambient air pollution and cardiovascular diseases: from bench to bedside // European journal of preventive cardiology. – 2018. – Vol. 25. – P. 818–825. DOI: 10.1177/2047487318766638

Профессиональная заболеваемость на территории Пермского края

Т.В. Иванова[1], Д.М. Шляпников[1,2], В.Г. Костарев[1,2,3]

[1]Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Пермскому краю,
[2]ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера» Минздрава РФ,
[3] ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Представлены результаты анализа профессиональной заболеваемости, ее структура на территории Пермского края за 2011–2021 гг. Выделены ведущие условия труда, влияющие на развитие профессиональных заболеваний. Отмечена тенденция к уменьшению доли заболеваний органов дыхания, увеличение удельного веса заболеваний опорно-двигательного аппарата и вибрационной патологии. Определено, что наибольшему риску возникновения профессио-

нального заболевания подвержены работники со стажем работы в контакте с вредным производственным фактором более 31 года.

Ключевые слова: профессиональная заболеваемость, условия труда, вредные производственные факторы.

Общепризнанным критерием неблагоприятного влияния вредных производственных факторов и характера труда на здоровье работающих является профессиональная заболеваемость, которая является одной из важнейших характеристик общественного здоровья и благополучия населения и составляет совокупный показатель потерь трудовых ресурсов. Кроме того, профессиональная заболеваемость, по мнению большинства исследователей и аналитиков, является важной государственной проблемой, несущей исключительно негативные последствия экономического, морального, социального характера, основными из которых являются уменьшение доли трудоспособного населения, снижение репродуктивного здоровья нации, ухудшение здоровья последующих поколений, рост затрат на социальную помощь, снижение качества жизни [1–3]. Профессиональные болезни являются причиной не только самой высокой инвалидизации, но и смертности трудоспособного населения во всем мире [6]. В связи с этим проблема профилактики и снижения уровня профессиональной заболеваемости приобретает особое значение. В «Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» одной из задач в достижении целей государственной политики в сфере сбережения народа России и развития человеческого потенциала является профилактика профессиональной заболеваемости [4].

Анализ профессиональной заболеваемости работников Пермского края проведен за период 2011–2021 гг. В ходе работы учитывалась официально опубликованная информация – статистические и аналитические материалы: Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Пермском крае» за 2011–2021 гг.

По данным Территориального органа Федеральной службы Государственной статистики по Пермскому краю (Пермьстат) доля работников, занятых во вредных условиях труда, за последние десять лет увеличилась на 4,1 % и в 2020 г. составила – 43 % [5] (рис. 1).

Основными причинами неудовлетворительных условий труда на предприятиях остаются несовершенство технологических процессов, конструктивные недостатки машин, механизмов, оборудования, приспособлений и инструментов, несовершенство рабочих мест.

Оценка и анализ интенсивности и длительности воздействия на работников факторов производственной среды, выработка механизмов управления по снижению их неблагоприятного воздействия до уровней приемлемых рисков позволяют сохранять профессиональное здоровье работающих. Объективные методы контроля уровней основных физических факторов и веществ химической природы, воздействующих на работников, позволяют оценивать состояние рабочих мест, а также увидеть динамику изменений этого состояния.

За период с 2011 по 2021 г. существенного изменения состояния рабочих мест промышленных предприятий по уровню воздействия акустических факторов на организм работника не произошло. Снижение удельного веса рабочих мест, не отвечающих гигиеническим нормативам, по вибрационному фактору за анализируемый период объясняется применением принципа «защита временем», модернизацией производственных процессов (рис. 2).

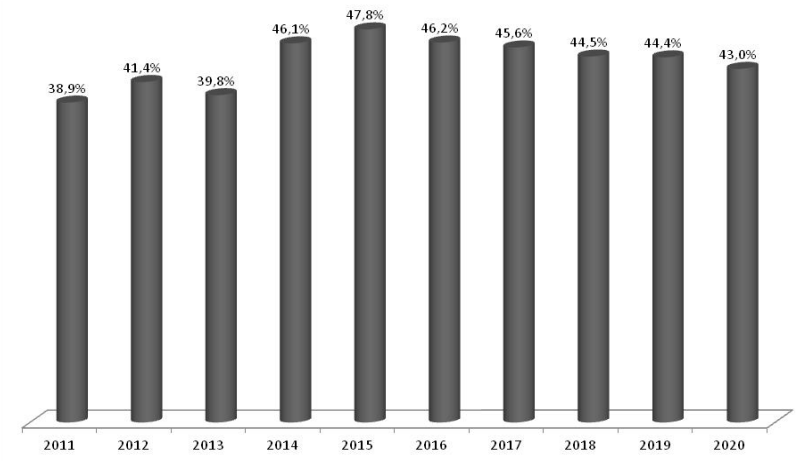


Рис. 1. Удельный вес численности работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда (в процентах от общей численности работников организаций; на конец года)

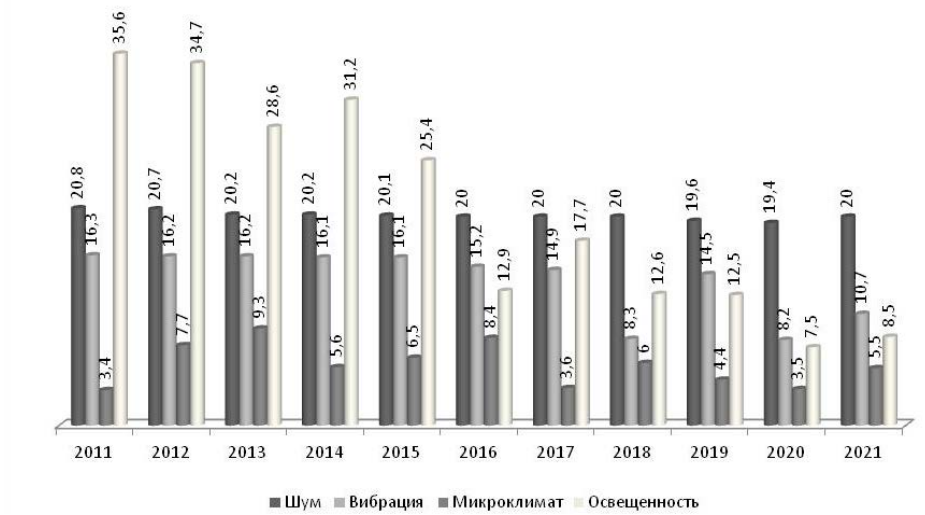


Рис. 2. Удельный вес рабочих мест, не отвечающих гигиеническим нормативам по отдельным физическим факторам, на промышленных предприятиях, %

Вместе с тем наблюдается тенденция к увеличению доли нестандартных проб по исследованиям воздуха рабочей зоны, не отвечающих гигиеническим требованиям по парам и газам. Рост нестандартных исследований связан с увеличением охвата рабочих мест с потенциально высоким уровнем воздействия химических факторов, превышающих предельно допустимую концентрацию, а также использованием современной аппаратуры, имеющей более широкий диапазон рабочих температур и высокую точность (рис. 3).

Риски приобретения профессиональной патологии вследствие воздействия физических факторов трудового процесса по сравнению с остальными наиболее

велики, что обусловлено состоянием рабочих мест и уровнями влияния факторов на работников.

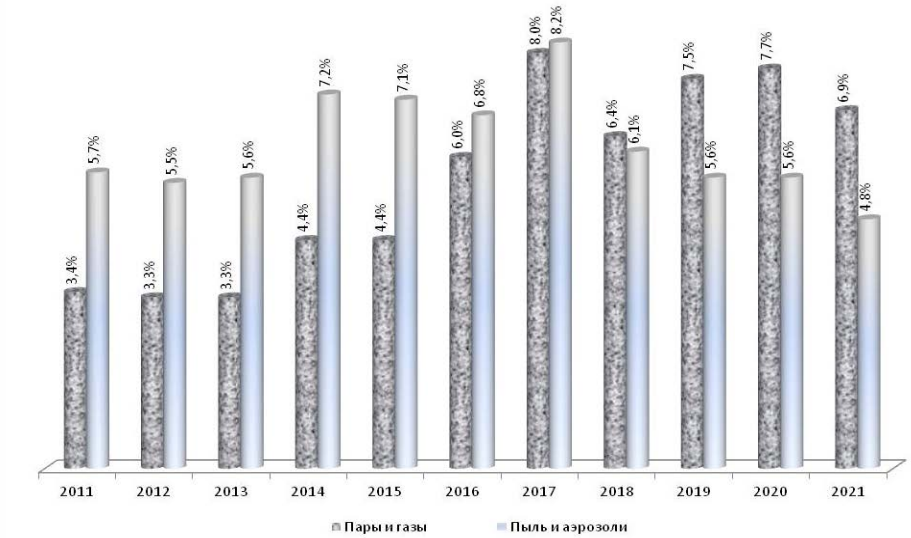


Рис. 3. Доля проб воздуха рабочей зоны, превышающих предельно допустимые концентрации, %

В Пермском крае до 2015 г. уровень профессиональной заболеваемости превышал общероссийский показатель. С 2015 г. показатель профессиональной заболеваемости на 10 тыс. работающих регистрируется ниже показателя по Российской Федерации (табл. 1).

Таблица 1

Показатели профессиональной заболеваемости (на 10 тыс. работающих)

Территория	Год										
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Пермский край	2,2	1,8	1,8	1,9	1,4	1,2	1,1	0,71	0,82	0,59	0,62
РФ	1,9	1,7	1,8	1,7	1,7	1,5	1,31	1,17	1,03	0,78	–

Длительное и сверхнормативное воздействие на организм работников шума и вибрации является причиной возникновения основной массы профессиональной патологии – более половины от всех впервые зарегистрированных случаев.

В структуре профессиональной патологии в зависимости от воздействующего вредного производственного фактора на протяжении всего анализируемого периода отмечена тенденция к уменьшению доли заболеваний органов дыхания, увеличению удельного веса заболеваний опорно-двигательного аппарата и вибрационной патологии (рис. 4, табл. 2).

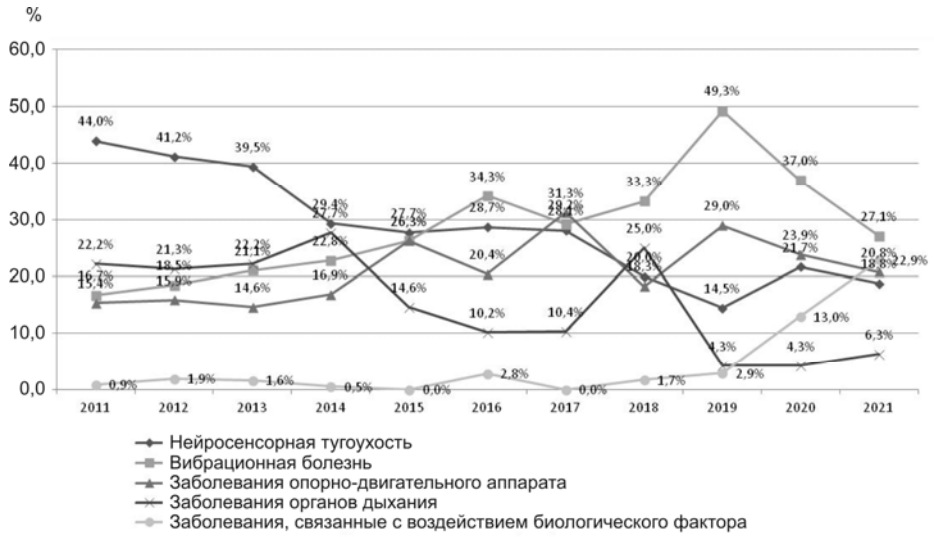


Рис. 4. Структура профессиональной патологии в Пермском крае

Таблица 2

Структура профессиональной патологии в Пермском крае

Наименование заболеваний	Год										
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Нейросенсорная тугоухость	44	41,2	39,5	29,4	27,7	28,7	28,1	20,0	14,5	21,7	18,8
Вибрационная болезнь	16,7	18,5	21,1	22,8	26,3	34,3	29,2	33,3	49,3	37,0	27,1
Заболевания опорно-двигательного аппарата	15,4	15,9	14,6	16,9	26,3	20,4	31,3	18,3	29,0	23,9	20,8
Заболевания органов дыхания	22,2	21,3	22,2	27,7	14,6	10,2	10,4	25,0	4,3	4,3	6,3
Заболевания, связанные с воздействием биологического фактора	0,9*	1,9*	1,6*	0,5*	0	2,8*	0	1,7*	2,9*	13,0**	22,9***

Примечание: * – туберкулез; ** – новая коронавирусная инфекция, вызванная вирусом COVID-19; *** – туберкулез и новая коронавирусная инфекция, вызванная вирусом COVID-19.

В связи с глобальным распространением новой коронавирусной инфекции (COVID-19), в том числе на территории Пермского края, начиная с 2020 г., отмечается рост острых профессиональных заболеваний у медицинских работников, вызванных вирусом SARS-CoV-26: в 2020 г. на территории региона зарегистрировано 6 случаев острых профессиональных заболеваний, в 2021 г. – 10 случаев. При этом уровень хронической профессиональной патологии снижается (рис. 5).

Увеличение удельного веса заболеваний опорно-двигательного аппарата в структуре профессиональной заболеваемости можно связать с увеличением удельного веса численности работников, занятых на тяжелых работах. За период с 2011 по 2020 г. доля работников, занятых на тяжелых работах, увеличилась на 8,5 % (по

данным Территориального органа Федеральной службы Государственной статистики по Пермскому краю) (рис. 6).

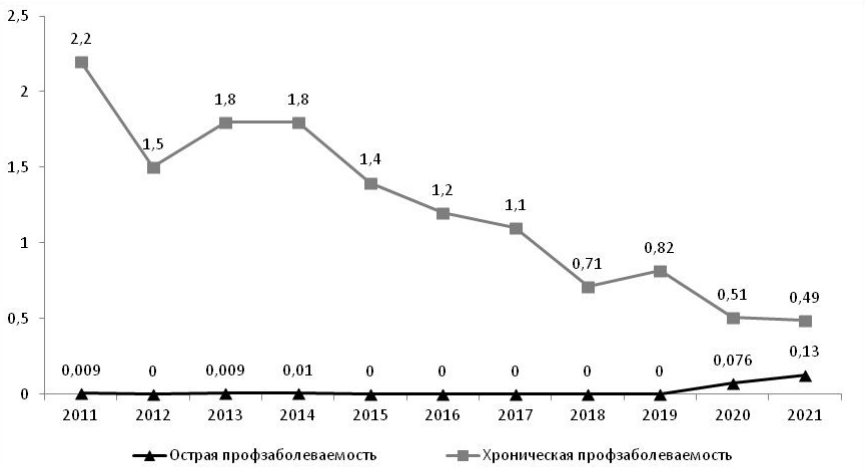


Рис. 5. Уровень профессиональной патологии в Пермском крае, ‰

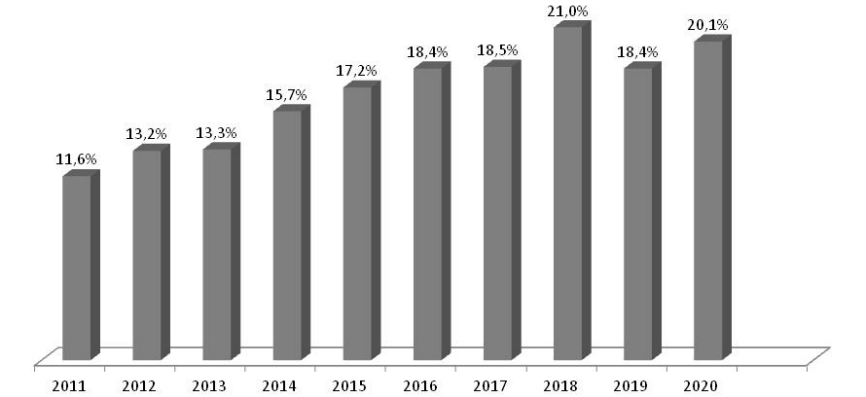


Рис. 6. Удельный вес численности работников, занятых на тяжелых работах (в процентах от общей численности работников организаций; на конец года)

Прослеживается снижение удельного веса пострадавших при стаже работы 21–25 и 26–30 лет и наибольшее увеличение числа случаев профзаболеваний у работающих со стажем работы 36 лет и более (табл. 3).

Работники со стажем работы в контакте с вредным производственным фактором более 31 года подвержены наибольшему риску возникновения профессионального заболевания.

Выводы. Таким образом, в настоящее время на территории Пермского края, с одной стороны, имеется высокая доля рабочих мест, не отвечающих гигиеническим нормативам по отдельным производственным факторам, с другой – имеет место низкий уровень профессиональной заболеваемости, который неуклонно снижается последние годы.

Таблица 3

Структура профессиональной заболеваемости по стажу работы с вредными условиями труда за 2016–2021 гг. (%)

Стаж работы во вредных условиях труда, лет	Год						Темп прироста к 2016 г. %
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
До 10	7,4	5,2	6,7	4,3	2,2	2,1	-71,6
11–15	13,9	13,5	25	17,4	15,2	10,4	-25,2
16–20	14,8	20,8	10	30,4	21,7	16,7	+12,8
21–25	15,7	11,5	16,7	11,6	15,2	12,5	-20,4
26–30	13,9	15,6	11,7	15,9	23,9	10,4	-25,2
31–35	16,7	22,9	13,2	7,2	6,5	20,8	+24,6
36 и более	17,6	10,5	16,7	13,0	15,2	27,1	+54

Одной из возможных причин данной ситуации может быть то, что наблюдается незаинтересованность работодателя в выявлении профессиональных заболеваний с целью уменьшения страховых выплат. Немаловажное значение имеет тот факт, что основное внимание уделяется не предупреждению случаев профессиональных заболеваний работников, а компенсационным мероприятиям при наступлении данных заболеваний.

Необходима разработка и реализация мер в области обеспечения государственного санитарно-эпидемиологического надзора за безопасными условиями труда, основными из которых являются: разработка регулирующих мер по снижению профессионального риска; экономические механизмы, стимулирующие работодателей создавать безопасные условия труда, в том числе переход на индивидуальные страховые тарифы для определенных предприятий.

Список литературы

1. Ассоциация врачей и специалистов медицины труда. Профессиональная патология: национальное руководство / под ред. Н.Ф. Измерова. – М.: ГЕОТАР-Медиа, 2011. – 77 с.

2. Измеров Н.Ф. Национальная система медицины труда как основа сохранения здоровья работающего населения России // Здравоохранение РФ. – 2008. – № 1. – С. 7–8.

3. Онищенко Г.Г. Состояние условий труда и профессиональной заболеваемости работников Российской Федерации // Гигиена и санитария. – 2009. – № 1. – С. 29–33.

4. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации / утв. Указом Президента РФ от 02.07.2021 № 400 // Собрание законодательства РФ. 05.07.2021, N 27 (часть II). – С. 5351

5. Статистический ежегодник Пермского края. 2021: статистический сборник. – Пермь: Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю (Пермьстат), 2021. – 339 с.

6. Фомин Е.П. Социально-гигиенические и медико-демографические аспекты здоровья работающего населения // Здоровье населения и среда обитания. – 2014. – № 10. – С. 22–25.

Изучение минеральной плотности костной ткани у рабочих виброопасных профессий

К.В. Климкина, И.В. Лапко

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, г. Мытищи, Россия

Вибрационная болезнь является одной из наиболее частых профессиональных патологий в различных отраслях промышленности, которая затрагивает многие системы организма, в том числе опорно-двигательный аппарат. В литературе имеются данные о повышенном риске развития остеопенического синдрома у работников, подвергающихся длительному воздействию производственной локальной и общей вибрации. Для оценки наличия остеопенического синдрома у рабочих виброопасных профессий оценивали минеральную плотность костной ткани (МПКТ) с помощью рентгеновской и ультразвуковой денситометрии. В исследование включены 48 рабочих с вибрационной болезнью I–II степени вследствие воздействия общей вибрации (n = 25, средний возраст – 52,3 ± 0,41 г., профессиональный стаж – 21,5 ± 1,5 г.) и комбинированного воздействия локальной и общей вибрации (n = 23, средний возраст – 53,4 ± 0,5 г., профессиональный стаж – 19,6 ± 2,1 г.). Проведена сравнительная оценка частоты выявления сниженной минеральной плотности костной ткани по данным рентгеновского и ультразвукового остеоденситометрического обследования. Частота выявления сниженной минеральной плотности костной ткани по данным ультразвукового денситометрического исследования оказалась ниже по сравнению с данными рентгеновской денситометрии и составила 20,8–29,2 % в разных зонах исследования.

Ключевые слова: локальная вибрация, общая вибрация, снижение минеральной плотности костной ткани, остеопенический синдром, вибрационная болезнь.

Одним из приоритетных направлений государственной политики в сфере охраны здоровья граждан является поддержание и укрепление здоровья трудоспособного населения, от которого зависит экономический потенциал страны. В этом отношении актуальной проблемой современной медицины является воздействие вредных производственных факторов, которые обусловливают профессиональный риск временных и стойких нарушений здоровья работников, инвалидизации и утраты трудоспособности [3]. На сегодняшний день одной из наиболее распространенных форм профессиональной патологии в различных промышленных отраслях попрежнему остается вибрационная болезнь (ВБ). В 2020 г. в структуре основных нозологических форм профессиональных заболеваний, связанных с влиянием физических факторов, ВБ заняла 2-е место после нейросенсорной тугоухости и составила 29,4 % от всей профессиональной патологии [9].

Известно, что воздействие локальной и общей производственной вибрации приводит к неблагоприятным последствиям со стороны различных органов и систем организма. Наиболее высокий риск профессиональных заболеваний (около 40,3 %) имеют мужчины, работающие горнорабочими, водителями автотранспорта, машинистами экскаватора, электрослесарями, машинистами горных выемочных машин. Среди прочего вибрацию рассматривают в качестве фактора риска развития остеопении и остеопороза [4]. В основе снижения минеральной плотности костной

ткани (МПКТ) при действии вибрации лежит нарушение процессов костеобразования, а также ангиотрофические изменения костных сосудов на фоне повышенной хронической микротравматизации и механической нагрузки на опорно-двигательный аппарат [2, 4].

Цель исследования – изучение МПКТ у рабочих с ВБ при сопоставлении результатов рентгеновской и ультразвуковой денситометрии.

Материалы и методы. В исследование включено 48 рабочих с ВБ вследствие воздействия общей вибрации (машинисты экскаватора и водители большегрузных машин, $n = 25$) и комбинированного воздействия локальной и общей вибрации (проходчики, машинисты буровой установки, бурильщики шпуров, $n = 23$). Средний возраст рабочих, испытывающих воздействие общей вибрации, составил 52,3 ± 0,41 г. (32–61 год), профессиональный стаж – 21,5 ± 1,5 г. (9–26 лет). У 15 (65,2 %) рабочих была диагностирована ВБ I степени, у 8 (34,8 %) – ВБ II степени.

Средний возраст рабочих, подвергающихся комбинированному воздействию вибрации, составил 53,4 ± 0,5 г. (36–59 лет), профессиональный стаж – 19,6 ± 2,1 г. (5–23 лет). ВБ I степени определена у 12 (48 %) рабочих, ВБ II степени – у 13 (52 %).

Ведущими клиническими проявлениями I степени ВБ были периферический ангиодистонический синдром и полинейропатия верхних и нижних конечностей с сенсорными расстройствами, которые при II степени заболевания сочетались с периартрозами и артрозами лучезапястных и локтевых суставов.

В исследование не включались лица с наличием эндокринной, онкологической, ревматоидной патологий, заболеваний желудочно-кишечного тракта и системы крови, а также злоупотребляющие алкоголем и получающие глюкокортикостероидные или другие ятрогенные относительно костной ткани лекарственные средства.

Для оценки наличия остеопенического синдрома всем рабочим выполнялась рентгеновская денситометрия кистей на аппарате STRATOS DMS (DMS Group, Франция), а также ультразвуковая денситометрия лучевой, большеберцовой костей и фаланги II пальца на аппарате Omnisense 7000S (BeamMed Ltd., Израиль). МПКТ оценивали по количеству минерализованной костной ткани в сканируемой площади, исследовали показатели T- и Z-критериев, костный минеральный компонент (BMC), скорость прохождения ультразвуковой волны через кость (SOS, speed of sound), величину затухания ультразвуковой волны в кости (BUA, broadband ultrasound attenuation), индекс прочности костной ткани (ИП). Отклонение T-критерия от нормальных значений в диапазоне от 0 до -1 расценивали как нормальную плотность кости, от -1 до -2,5 – как остеопению или разрежение костной ткани, значения менее -2,5 соответствовали остеопорозу.

Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Microsoft Excel для Windows, данные представляли в виде абсолютных и процентных показателей, рассчитывали коэффициент корреляции, критерий χ^2.

Результаты. По данным рентгеновской денситометрии снижение МПКТ было выявлено у 42 (87,5 %) рабочих, из них 22 (52,3 %) человека подвергались воздействию общей и локальной вибрации, а 20 (47,7 %) – воздействию только общей вибрации. Остеопения выявлена в 31 (73,8 %) случае, остеопороз – у 11 (26,2 %) рабочих.

По данным ультразвукового денситометрического исследования частота выявления снижения МПКТ была несколько ниже по сравнению с данными рентгенограмм кистей и варьировалась в диапазоне от 20,8 до 29,2 % в разных зонах исследования (табл. 1).

Таблица 1

Частота выявления снижения МПКТ у рабочих с ВБ по данным ультразвуковой денситометрии, $n = 48$

Зона исследования	Частота снижения МПКТ	
	абс.	%
Лучевая кость	13	27,1
Проксимальная фаланга	14	29,2
Большеберцовая кость	10	20,8

Среднее значение Z-критерия составило 0,25 ± 0,14, среднее значение Т-критерия – 0,2 ± 0,6, что в целом соответствует норме.

Результаты сравнения диагностических показателей двух методов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Корреляционные показатели МПКТ по данным рентгеновской и ультразвуковой остеоденситометрии у рабочих с ВБ

Ультразвуковая денситометрия	Рентгеновская денситометрия		
	T	Z	BMC
T	0,43	0,35	0,37
Z	0,38	0,31	0,33
SOS	0,41	0,32	0,40
BUA	0,39	0,35	0,28
ИП	0,40	0,38	0,32

Среди рабочих с ВБ от воздействия общей вибрации снижение МПКТ было выявлено обоими методами у 17 (68 %) рабочих, а среди лиц, испытывающих действие комбинированной вибрации, – у 15 (65,2 %).

В настоящее время известно, что дегенеративно-дистрофические нарушения от воздействия вибрации развиваются не только на участках тела, непосредственно контактирующих с инструментами и механизмами, генерирующими локальную и общую вибрацию (кисти, предплечья, голени) [11], но и затрагивают весь скелет человека. При этом остеопенический синдром длительно протекает бессимптомно, проявляясь только на тяжелых стадиях заболевания патологическими переломами. В связи с этим основным методом выявления снижения МПКТ является остеоденситометрия. В исследованиях показано, что частота остеопенического синдрома у работников виброопасных профессий достоверно выше при сравнении с практически здоровыми лицами, профессиональная деятельность которых не связана с воздействием вибрации [1, 5].

Согласно проведенным исследованиям, риск снижения МПКТ увеличивается при сочетанном воздействии локальной и общей вибрации, а также по мере утяжеления ВБ, что не было получено в ходе наших исследований. При I степени ВБ частота выявления сниженной МПКТ составила 25,9 %, при II степени – 28,6 %, что не имеет достоверных различий.

Выводы. Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о диагностической целесообразности использования рентгеновской остеоденситометрии для раннего выявления нарушений МПКТ у рабочих с вибрационной болезнью.

При обследовании остеоденситометрическими методами (рентгеновским и ультразвуковым) выявляемость снижения МПКТ составила 65,2–68 %. Определение остеопенического синдрома ультразвуковой остеоденситометрией оказалось ниже, чем при выполнении рентгеновского остеоденситометрического исследования. Между показателями МПКТ, выявленными разными остеоденситометрическими методами, установлена слабая отрицательная корреляционная связь. Необходимо проведение дальнейших исследований, посвященных разработке алгоритмов ранней диагностики и профилактики остеопенического синдрома у работников виброопасных профессий.

Список литературы

1. Азовскова Т.А., Вакурова Н.В., Лаврентьева Н.Е. О нарушениях метаболизма костной ткани у водителей большегрузных машин // Современные технологии в медицинском образовании: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Белорусского государственного медицинского университета. – Минск, 2021. – С. 1545–1548.

2. Бабанов С.А., Татаровская Н.А. Вибрационная болезнь: современное понимание и дифференциальный диагноз // Русский медицинский журнал. Медицинское обозрение. – 2013. – Т. 21, № 35. – С. 1777–1784.

3. Бухтияров И.В. Современное состояние и основные направления сохранения и укрепления здоровья работающего населения России // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59, № 9. – С. 527–532. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532

4. Вербовой А.Ф., Пашенцева А.В., Шаронова Л.А. Остеопороз: современное состояние проблемы // Терапевтический архив. – 2017. – Т. 89, № 5. – С. 90–97. DOI: 10.17116/terarkh201789590-97

5. Жеглова А.В. Ранняя диагностика поражений костно-суставного аппарата работников виброопасных профессий // Окружающая среда и здоровье: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 90-летию медико-профилактического факультета Иркутского государственного медицинского университета / под ред. А.И. Белых. – Иркутск, 2020. – С. 35–39.

6. Игнатьев А.М., Прутиян Т.Л., Шаныгин А.В. Современные методы оценки и коррекции функционального состояния костно-мышечной системы у водителей транспортных средств // Вестник морской медицины. – 2016. – № 2. – С. 93–99.

7. Кирьяков В.А., Сухова А.В., Сааркоппель Л.М. Костно-суставные изменения при воздействии локальной вибрации // Медицина труда и промышленная экология. – 2011. – № 8. – С. 36–43.

8. Кирьяков В.А., Цветкова М.А. Оценка остеопоротических изменений костной ткани у лиц виброопасных профессий в зависимости от климатогеографических особенностей // Медицина труда и промышленная экология. – 2009. – № 12. – С. 15–18.

9. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. – 256 с.

10. Сухова А.В., Крючкова Е.Н. Изменения метаболизма костной ткани, ассоциированные с воздействием производственной вибрации // Медицина труда

и промышленная экология. – 2019. – Т. 59, № 9. – С. 766. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-766-767

11. Толстова А.В. Особенности изменений структуры костной ткани от воздействия локальной вибрации. Возможности применения микрофокусной рентгенографии // Профессия и здоровье: материалы 1-ого Международного Молодёжного Форума. – Москва, 2016. – С. 125–127.

Влияние промышленных аллергенов на показатели гомеостаза организма работающих

Е.Н. Крючкова

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, г. Мытищи, Россия

Стремительное развитие химической промышленности, внедрение новых сложных химических соединений влечет за собой увеличение контингентов рабочих, имеющих производственный контакт с многообразными раздражителями и аллергенами. Вследствие этого ранее выявление неблагоприятного воздействия вредных факторов на организм работников приобретает первостепенное значение. В работе изучены изменения, происходящие в организме гальваников в зависимости от длительности контакта с аэрозолями никеля.

Обследовано 202 рабочих гальванического цеха и 64 человека, отнесенные в контрольную группу. Клинико-лабораторные исследования выполнены по стандартным методикам.

С увеличением производственного стажа у рабочих наблюдается повышение активности кислой и щелочной фосфатазы нейтрофилов (КФн, ЩФн) в 1,6–1,8 раза и снижение активности миелопероксидазы нейтрофилов (МПн), каталазы в 1,7–2 раза относительно контроля. Возрастает фагоцитарная активность лейкоцитов и реакция торможения миграции лейкоцитов у 28–53 % гальваников. Отмечена супрессия Т-клеточного звена иммунного ответа, резко снижены показатели иммуноглобулинов IgG, IgA в 1,4–3 раза и повышены уровни иммуноглобулинов IgM, IgE и ЦИК-комплексов в 1,4–1,8 раза. Наблюдается усиление продукции про- и противовоспалительных цитокинов (IL-1β, TNF-α, IL-4) в 1,5–3,5 раза. Взаимосвязь между концентрацией никеля в моче и изменением показателей КФн (r = 0,87), МПн (r = –0,84), РТМЛ (r = 0,75), IgA (r = –0,72); IL-1β, IL-4, IgE, (r = 0,62–0,71) подтверждает приоритетное влияние соединений никеля на установленные изменения. Выявленные нарушения в организме рабочих могут способствовать развитию иммунодефицитных, аллергических и аутоиммунных состояний, лежащих в основе профессиональных и производственно обусловленных заболеваний.

Данные проведенных исследований послужили основой для разработки профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья работников гальванического производства.

Ключевые слова: условия труда, гальваники, никель, антиоксидантный статус, иммунореактивность.

В технологических циклах большинства машиностроительных, металлообрабатывающих, приборостроительных, ремонтных и других предприятий широко применяют гальванические покрытия – электроосаждаемые металлические покрытия, наносимые на поверхность металлических изделий для повышения коррозионной стойкости, износоустойчивости, улучшения декоративного вида изделия.

Гальваническое производство занимает одно из ведущих мест среди загрязнителей воздуха рабочей зоны, которое является источником выделения в воздушную среду различных вредных химических веществ в виде промышленной пыли, аэрозолей и газов, приводящих к появлению и развитию целого ряда заболеваний системы дыхания, желудочно-кишечного тракта, кожного покрова и т.д. [2, 4, 7]. Сочетанное длительное воздействие различных производственных факторов в виде разнообразных химических веществ, неустойчивого температурного режима, шума, вибрации, повышенной влажности и др. способно многократно повышать профессиональные риски для работников гальванических производств [1, 3, 8].

Для профилактики заболеваний, связанных с воздействием никеля, необходимо наряду с оздоровлением условий труда проведение мероприятий, направленных на выявление ранних и, особенно, доклинических изменений состояния здоровья рабочих, контактирующих с никелем в производственных условиях [5, 6].

Цель исследования – оценить изменения, происходящие в организме гальваников в зависимости от длительности контакта с аэрозолями никеля.

Материалы и методы. Обследованы 202 рабочих гальванического производства. Первую группу наблюдения составили работники со стажем работы в неблагоприятных условиях менее 10 лет, вторую группу – со стажем более 10 лет. В контрольную группу вошли 64 работника, не контактирующие с вредными факторами производства.

В воздухе рабочей зоны гальванических цехов содержатся аэрозоли никеля, хрома, пары различных кислот, едких щелочей. Однако к основным загрязнителям производственной среды следует отнести соединения никеля, содержание которых в воздухе рабочей зоны превышало ПДК в 3–4 раза.

Никель в моче определяли методом вольтамперометрии, клинический анализ крови – общепринятым методом. Активность перекисного (свободорадикального) окисления липидов оценивали по содержанию малонового диальдегида (МДА) в сыворотке крови спектрофотометрическим методом. Активность КФн, ЩФн, МПн, НСТ-тест – цитохимическими методами. Для оценки степени сенсибилизации организма проводилась реакция торможения миграции лейкоцитов (РТМЛ) с 0,001%-ными растворами солей никеля (по А.А. Польнеру). Содержание церулоплазмина в сыворотке крови определяли модифицированным колориметрическим методом Ревина. Подсчет субпопуляционного состава лимфоцитов (CD3+, CD4+, CD8+, СД16+, CD20+) – иммунофлюоресцентным методом с использованием моноклональных антител. Фагоцитарная активность лейкоцитов (ФАЛ) – методом проточной цитофлюориметрии. Количественное содержание в сыворотке крови иммуноглобулинов (A, M, G, E) и цитокинов (IL-1β, IL-4, TNF-α) – ИФА-методом, ЦИК – по ПЭГ-преципитации.

Полученные результаты статистически обработаны с помощью пакета прикладных программ Statistica 8.0. Использованы критерии Стьюдента и Манна – Уитни, методы корреляционно-регрессионного анализа.

Результаты. Анализ показателей периферической крови в зависимости от стажа работы выявил, что во всех обследованных группах средние значения содер-

жания лейкоцитов, тромбоцитов, базофилов были в пределах нормы и не менялись со стажем работы. Концентрации гемоглобина крови и лимфоцитов достоверно снижались ($p < 0,05$), при этом весьма интенсивно повышалась концентрация эозинофилов уже при стаже менее 10 лет (8,4 ± 1,2 %) по сравнению с контролем (1,6 ± 0,3 %). Повышенные уровни эозинофилов сохранялись и при стаже более 10 лет. В организме гальваников-никелировщиков довольно рано происходят изменения периферической крови, свидетельствующие о сенсибилизации организма. Это подтверждают и данные обследования рабочих с помощью РТМЛ. У рабочих со стажем до 10 лет РТМЛ была положительна у 28 %, в группе рабочих со стажем более 10 лет – у 53 %. Существенно повышалась ФАЛ уже на ранних стадиях воздействия аэрозолей никеля.

Следует отметить также высокую чувствительность реакции восстановления нитросинего тетразолия (НСТ-тест) в нейтрофилах. Изменения НСТ-теста выявили активацию кислородзависимого метаболизма в нейтрофилах уже на ранних этапах контакта с никелем. У рабочих со стажем работы до 10 лет отмечалось увеличение процента восстанавливающих нейтрофильных лейкоцитов, что свидетельствует об активации метаболизма этих клеток. Так, в спонтанном НСТ-тесте процент нейтрофилов равен 15,8 ± 1,7 против 9,1 ± 1,2 в контрольной группе ($p < 0,05$). С увеличением стажа работы отмечается дальнейшее увеличение показателей НСТ-теста до 19,2 ± 0,8 ($p < 0,01$). Таким образом у рабочих со стажем до 10 лет существуют реактивные изменения нейтрофильных лейкоцитов, что, видимо, связано с воздействием на организм промышленных факторов, а именно никеля и его соединений.

С увеличением стажа у рабочих возрастают уровни МДА ($p < 0,01$) в сыворотке крови, активность каталазы как в сыворотке крови, так и в эритроцитах снижается в 1,5–2 раза относительно контрольных данных, достоверно снижается содержание миелопероксидазы нейтрофилов МПн ($r = –0,89$; $p < 0,001$). Низкие значения данного показателя встречались у 72,3 % лиц со стажем до 10 лет и у 81,4 % – со стажем более 10 лет (рис. 1).

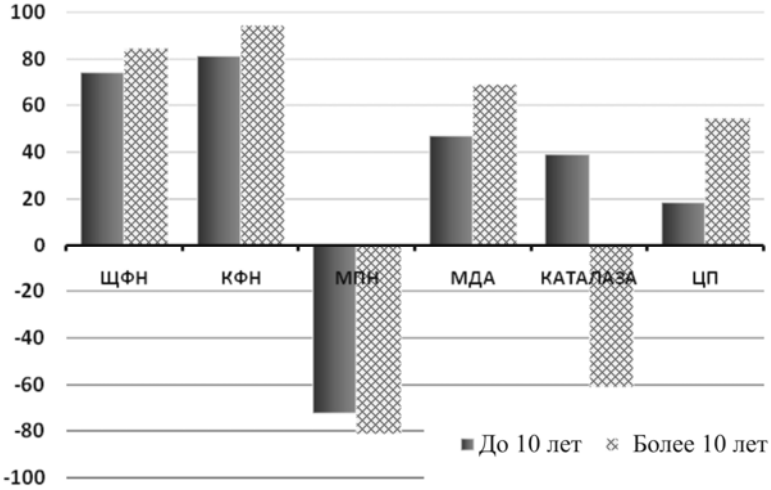


Рис. 1. Частота изменения показателей антиоксидантного статуса у рабочих-гальваников в зависимости от стажа, % лиц

Вместе с тем наблюдалось повышение активности ЩФн и КФн нейтрофилов в обеих стажевых группах в 1,6–1,8 раза относительно контрольных данных. Частота встречаемости лиц с повышенными значениями данных ферментов составляет 74,3–94,2 %. По результатам корреляционного анализа определена тесная взаимосвязь между длительностью воздействия производственных факторов и увеличением активности кислой и щелочной фосфатаз в нейтрофилах (r = 0,88–0,91).

Уровень церулоплазмина повышался с увеличением стажа работы ($p < 0,01$). Высокие значения ЦП отмечены во второй группе у 54,7 % рабочих. Одна из функций церулоплазмина при воспалении – инактивирование свободных радикалов, образованных фагоцитирующими лейкоцитами. Он ослабляет иммунодепрессию и является одним из факторов естественной защиты человека.

Установленные изменения в клетках периферической крови свидетельствуют о нарушении окислительно-восстановительных процессов, снижении антиоксидантных резервов вследствие истощения защитных механизмов и компенсаторного напряжения системы метаболизма.

При анализе показателей клеточного звена иммунитета выявлено статистически достоверное снижение относительного количества Т-лимфоцитов (СД3+), Т-хелперов (СД4+) клеток в 1,2–1,3 раза у рабочих первой и второй групп и одновременное увеличение количества Т-супрессоров (СД8+) и В-лимфоцитов (СД20+) в 1,2–1,5 раза относительно контрольных данных ($p < 0,05$). Следует особо отметить повышение количества натуральных киллеров (СД16+) в первой группе (18,9 ± 1,4 %) и снижение их во второй группе (14,1 ± 1,0 %) по сравнению с контрольной (16,1 ± 1,4 %), что свидетельствует о напряжении защитной киллерной функции лимфоцитов у высокостажированных рабочих. Резко снижено значение показателя индекса иммунорегуляции (CD4+/CD8+) у высокостажированных рабочих (1,26 ± 0,2) против контрольных данных (2,48 ± 0,3) ($p < 0,05$). Полученные данные указывают на формирование вторичной иммунологической недостаточности.

В гуморальном звене иммунной системы отмечено повышение в обеих группах уровня IgM в 1,8 раза, значительно снижен уровень IgA в 2–3 раза, а также уровень IgG в 1,4 раза во второй группе обследованных работников относительно группы контроля. Выявленные изменения указывают на снижение защитной роли антител этих классов в условиях длительного воздействия неблагоприятных факторов, в том числе соединений никеля на организм работающих.

Установлено существенное повышение уровней циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК), являющихся одним из факторов воспаления и тканевого повреждения, в обеих стажевых группах в 1,4–1,8 раза по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$).

Воспалительный процесс регулируется двумя типами цитокинов, одни индуцируют и поддерживают воспаление, другие – снижают выраженность процесса. При развитии хронического воспаления имеется дисбаланс между уровнями этих цитокинов, результатом чего является клеточное повреждение.

Цитокиновый профиль обследуемых рабочих характеризовался усилением продукции провоспалительных и противовоспалительных цитокинов. Отмечено повышение концентрации TNF-α в 2,4–3,5 раза, IL-1β в 1,6–2,6 раза в обеих стажевых группах обследованных работников. Противовоспалительные цитокины, в нашем исследовании IL-4, принимают участие в ограничении воспалительного ответа, подавляя секрецию провоспалительных цитокинов, регулируя тем самым тя-

жесть повреждения тканей. Выявленное в ходе работы повышение содержания IL-4 в 1,2–2,7 раза у рабочих усиливает течение воспалительного процесса ($p < 0,05$). IL-4 играет ключевую роль в развитии аллергического воспаления, переключая В-лимфоциты на синтез IgE. Уровень данного иммуноглобулина достоверно повышался ($p < 0,05$). Высокие значения IgE зарегистрированы в группе работников со стажем больше десяти лет у 37,6 % лиц, что свидетельствует о выраженной сенсибилизации организма, вызываемой соединениями никеля.

Концентрация никеля в моче обследованных гальваников была в 4–6 раз выше, чем у лиц контрольной группы.

Для оценки влияния никеля и его соединений на выявленные сдвиги в организме рабочих проведен корреляционный анализ (рис. 2).

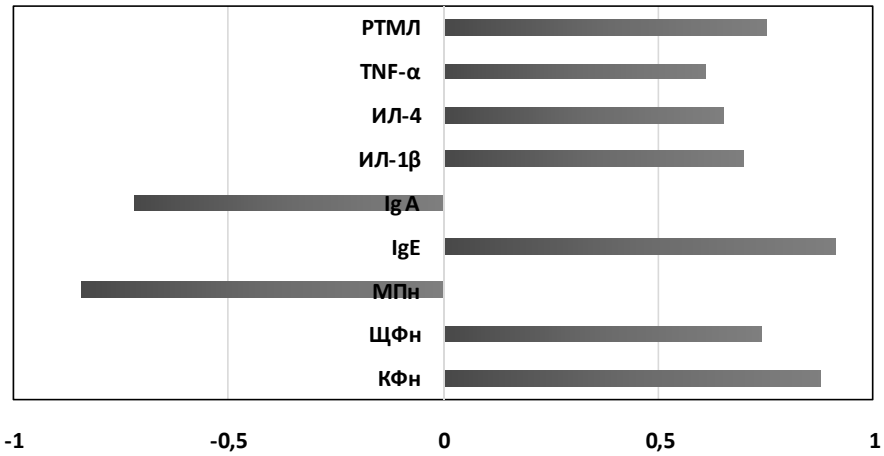


Рис. 2. Корреляционная связь между концентрацией никеля в биосубстрате и рядом бихимических показателей

Отмечена сильная взаимосвязь между концентрацией никеля в моче и ферментами нейтрофилов ЩФн, КФн (r = 0,74–0,87), МПн (r = -0,84), а также иммунологическими показателями IgA (r = -0,72), РТМЛ (r = 0,75); IL-1β, TNF-α, IL-4, IgE, ЦИК (r = 0,62–0,71). Высокие значения коэффициентов корреляции между концентрацией никеля в моче рабочих и уровнями ряда лабораторных тестов подтверждают приоритетное влияние соединений никеля на установленные изменения. Длительное и интенсивное воздействие неблагоприятных факторов рабочей среды, в том числе и аэрозолей никеля, может влиять на развитие вторичных иммунодефицитных, аллергических или аутоиммунных состояний, лежащих в основе любой патологии, в том числе и профессиональной.

Результаты проведенных исследований подтверждают необходимость разработки системы мероприятий по снижению общей и профессиональной заболеваемости работников, созданию безопасных условий труда, совершенствованию ранней диагностики профессиональных и общих заболеваний.

Выводы. Таким образом, уже при стаже менее десяти лет у рабочих современного гальванического производства наблюдаются сокращение антиоксидантных

резервов, сенсибилизация организма, снижение иммунологической реактивности. При увеличении стажа работы в неблагоприятных условиях отмечается усугубление выявленных изменений.

Несмотря на наличие большого количества вредных веществ, гальваническое производство остается неотъемлемой частью промышленности. Поэтому необходимо стремиться уменьшить их воздействие, обеспечить безопасность труда работников за счет автоматизации процессов, заменой вредных веществ менее токсичными, устранением непосредственного контакта с опасными веществами и растворами, работникам пользоваться средствами индивидуальной защиты: спецодеждой и резиновыми перчатками.

Полученные данные можно использовать для оценки состояния здоровья рабочих на этапе предварительных и периодических медицинских осмотров с формированием диспансерных групп динамического наблюдения. Это позволит на доклиническом этапе выявить риск развития патологии, уменьшить негативное влияние производственных факторов, определив тактику первичной индивидуальной профилактики и лечебно-оздоровительных мероприятий.

Список литературы

1. Влияние вредных производственных факторов на иммунный статус организма / В.В. Захаренков, А.С. Казицкая, Н.Н. Михайлова, Д.В. Романенко, Н.Н. Жданова, А.Г. Жукова // Медицина труда и промышленная экология. – 2017. – № 12. – С. 19–23.

2. Крючкова Е.Н., Яцына И.В., Антошина Л.И. Ранняя клинико-лабораторная диагностика аллергодерматозов у рабочих гальванических цехов // Здравоохранение Российской Федерации. – 2021. – № 4 (65). – С. 365–371.

3. Лазаренков А.М. Исследование условий труда, работающих в гальванических цехах // Литьё и металлургия. – 2019. – № 3. – С. 160–162.

4. Павловская Н.А., Кирьяков В.А., Савельев С.И. Свинец, ртуть, никель: ранняя диагностика токсического действия на организм. – Липецк: Инфол, 2002. – 240 с.

5. Рослая Н.А., Бушуева Т.В., Дулина Т.Р. Цитокиновый профиль у больных профессиональными заболеваниями органов дыхания в производстве тугоплавких металлов // Медицина труда и промышленная экология. – 2008. – № 9. – С. 47–49.

6. Савлуков А.И., Камилов Р.Ф., Самсонов В.М. Метаболические процессы в организме при воздействии химических загрязнителей // Клиническая лабораторная диагностика. – 2010. – № 7. – С. 33–39.

7. Семушкина Е.А., Зеленко А.В., Синянова О.К. Идентификация профессионального риска у работников термо-гальванического цеха машиностроительного предприятия // Военная медицина. – 2017. – № 4. – С. 58–60.

8. Титова Е.Я. Современные проблемы охраны здоровья работников крупного промышленного предприятия, работающих в условиях профессиональных вредностей // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 4. – С. 83–90.

Профессиональный риск нарушения здоровья работников в зависимости от уровней воздействия вредных производственных факторов и наличия ранних признаков заболевания

Л.П. Кузьмина, Н.П. Головкова, Л.М. Лескина, Н.И. Котова, А.Г. Чеботарев, Н.А. Хелковский-Сергеев

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова», г. Москва, Россия

Представлен анализ результатов специальной оценки условий труда работников, занятых открытой добычей руд. Показано, что условия труда в основных профессиях относятся к «вредному» 3-му классу. С учетом воздействия комплекса производственных факторов (вибрация, тяжесть и напряженность трудового процесса) общая оценка условий труда соответствует 3-му классу 2–3-й степени, что определяет высокий уровень профессионального риска нарушения их здоровья.

Установлены высокий уровень распространенности и высокий относительный риск развития у работников хронических общесоматических заболеваний костно-мышечной системы и соединительной ткани, системы кровообращения, эндокринной системы, обусловленные воздействием комплекса неблагоприятных производственных факторов. Указанные показатели возрастали с увеличением стажа работы во вредных условиях труда.

Разработаны диагностические критерии для выявления ранних признаков мышечно-тонического синдрома пояснично-крестцового уровня, связанного с физическими перегрузками и функциональным перенапряжением отдельных органов и систем.

Расчет суммарного риска развития фатальных сердечно-сосудистых заболеваний у работников показал его изменения от среднего до высокого и очень высокого в зависимости от особенностей условий труда и стажа работы.

Полученные данные являются основой для разработки предложений по созданию системы мониторинга за состоянием здоровья работников, занятых во вредных условиях труда, и приоритетных мер по сохранению их здоровья.

Ключевые слова: профессиональный риск, производственные факторы, состояние здоровья.

Внедрение современной системы управления профессиональными рисками, основанной на использовании новых механизмов для предупреждения развития профессиональных и производственно обусловленных заболеваний у работников промышленных предприятий, является важнейшей составляющей при решении вопросов улучшения условий труда рабочих. Одним из таких механизмов может явиться система выявления ранних признаков заболеваний у работников, занятых во вредных условиях труда, совместно с научным обоснованием основных информативных критериев для реализации этой системы.

Объектом исследования стали условия труда и состояние здоровья работников горно-обогатительного комбината.

Цель исследования – оценка профессионального риска нарушения здоровья работников в зависимости от уровней воздействия вредных производственных факторов и наличия ранних признаков заболевания.

Материалы и методы. Были применены санитарно-гигиенические (результаты СОУТ), эпидемиологические (показатели распространенности и относительный риск (отношение шансов) развития хронических общесоматических заболеваний по результатам периодических медицинских осмотров), клинико-лабораторные и статистические методы исследования, а также расчет индивидуального суммарного риска развития фатальных сердечно-сосудистых заболеваний по шкале SCORE.

Обобщение материалов специальной оценки условий труда работников основных профессий, занятых добычей железосодержащих руд и управлением механизированных транспортных средств горно-обогатительного комбината, показало, что в процессе трудовой деятельности они подвергаются постоянному или интермитирующему воздействию таких вредных производственных факторов, как вибрация, тяжесть и напряженность трудового процесса. Условия труда в основных профессиях относятся к «вредному» 3-му классу. С учетом воздействия комплекса производственных факторов общая оценка условий труда соответствует 3-му классу 2–3-й степени, что определяет высокий уровень профессионального риска нарушения здоровья [8].

Для оценки распространенности и риска развития хронических общесоматических заболеваний у работников на основании результатов гигиенических исследований были сформированы три производственно-профессиональные группы, различающиеся между собой продолжительностью и интенсивностью воздействия вредных факторов.

В 1-ю группу вошли работники, занятые добычей железосодержащих руд и управлением механизированных транспортных средств, подвергающиеся в процессе трудовой деятельности постоянному воздействию высоких уровней вредных производственных факторов. Во 2-ю группу вошли работники, занятые ремонтно-восстановительными работами, которые подвергаются при выполнении производственных операций более низким уровням воздействия неблагоприятных факторов производственной среды и трудового процесса интермиттирующего характера. В 3-ю (контрольную) группу объединены инженерно-технические сотрудники, работники вспомогательных профессий, которые не подвергаются постоянному воздействию неблагоприятных факторов производственной среды и трудового процесса и имеют ограниченный контакт с ними в течение рабочей смены.

Результаты. Установлено, что число болевших лиц в 1-й группе составило 66,2 ± 1,6 на 100 работающих, что существенно выше по сравнению с работниками 2-й группы (47,0 ± 1,4 на 100 работающих) и контрольной (25,0 ± 1,6 на 100 работающих). Также в первой группе был отмечен достоверный ($p < 0,05$) рост показателей с увеличением стажа работы во вредных условиях – с 55,9 ± 6,0 при стаже работы до 20 лет до 69,2 ± 2,6 при стаже 30 лет и более (табл. 1). В данной группе индекс полиморбидности составил 1,7. Неблагоприятные условия труда работников 1-й производственно-профессиональной группы способствуют повышению относительного риска развития хронических общесоматических заболеваний ($OR = 5,9$ при ДИ = 4,7–7,3, что в 2,2 раза больше, чем во 2-й группе – $OR = 2,7$, ДИ = 2,2–3,2) (табл. 2).

Таблица 1

Распространенность хронических заболеваний среди работников горно-обогатительного комбината (болевшие лица на 100 работающих в сумме по всем классам болезней)

Возраст, лет	Стаж работы, лет	1-я группа	2-я группа	Контрольная группа
40–49	До 20	56,9 ± 6,1	39,3 ± 3,2	16,7 ± 4,6
	20–29	67,1 ± 2,3	44,5 ± 1,5	18,2 ± 2,2
	30 и более	77,3 ± 6,3	57,1 ± 5,2	50,0 ± 11,2
	Итого	66,7 ± 2,0	44,5 ± 1,3	19,5 ± 2,0
50–59	До 20	33,3 ± 27,3	58,3 ± 10,1	–
	20–29	31,3 ± 11,6	38,1 ± 4,3	25,0 ± 6,3
	30 и более	67,8 ± 2,9	51,9 ± 1,6	33,1 ± 2,9
	Итого	65,4 ± 2,8	49,2 ± 1,5	31,8 ± 2,6
Итого	До 20	55,9 ± 6,0	41,1 ± 3,0	16,4 ± 4,5
	20–29	65,8 ± 2,2	43,8 ± 1,5	19,1 ± 2,1
	30 и более	69,2 ± 2,6	52,3 ± 1,5	34,3 ± 2,8
	Итого	66,2 ± 1,6	47,2 ± 1,4	25,0 ± 1,6

Таблица 2

Относительный риск развития хронических заболеваний у работников горно-обогатительного комбината (в сумме по всем классам болезней)

Стаж работы, лет	1-я группа		2-я группа	
	OR	ДИ	*OR*	ДИ
До 20	6,4*	2,9–14,4	3,5*	1,8–7,1
20–29	8,1*	5,9–11,3	3,3*	2,5–4,4
30 и более	4,3*	3,1–6,1	2,1*	1,6–2,7
Итого	5,9*	4,7–7,3	2,7*	2,2–3,2

Примечание: * – $p < 0,05$.

Широкое распространение среди работников 1-й производственно-профессиональной группы получили болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (13,9 ± 1,2, по сравнению со 2-й группой – 6,7 ± 0,5, и контрольной – 4,2 ± 0,7), среди которых превалируют дорсалгии и поражения межпозвоночных дисков. Риск развития болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани составляет в 1-й группе *OR* = 3,2 (ДИ = 2,3–4,6).

Болезни системы кровообращения составляют в первой группе 19,2 ± 1,4, что достоверно выше по сравнению со второй группой (8,6 ± 0,6) и контрольной (4,0 ± 0,7). Относительный риск развития данных заболеваний составляет в первой группе *OR* = 5,7 (ДИ = 3,9–9,0). При этом работники 1-й группы подвергаются риску развития заболеваний данного класса болезней в 2,3 раза больше, чем работники 2-й группы.

С увеличением стажа работы в профессии отмечается рост распространенности заболеваний данного класса – с 7,4 ± 3,2 при стаже работы до 20 лет, 17,6 ± 1,8 при стаже работы 20–29 лет до 24,3 ± 2,5 при стаже работы 30 лет и более. Приведенные данные могут указывать на производственную обусловленность заболеваний системы кровообращения.

В первой группе также зафиксирован достоверный рост сердечно-сосудистых заболеваний в зависимости от возраста работников. Так, в возрастной группе

40–49 лет распространенность заболеваний данного класса болезней составила 17,1 ± 1,6, а в возрастной группе 50–59 лет – 23,2 ± 2,5. Полученные данные могут свидетельствовать о влиянии неблагоприятных условий труда на ускорение естественных процессов старения организма.

Следует отметить, что среди работников первой группы получили значительное распространение и болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ, показатели которых (34,4 ± 1,7) были достоверно ($p < 0,05$) выше по сравнению с данными второй группы (11,0 ± 0,6) и контрольной (6,0 ± 0,9). С увеличением стажа работы в профессии растет и распространенность заболеваний. Риск развития хронических болезней эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ составляет в первой группе *OR* = 8,2 (ДИ = 5,7–11,9), что в 4,1 раза больше, чем во второй группе, в которой *OR* = 2,0 (ДИ = 1,4–2,8). Ведущие места среди заболеваний эндокринной системы занимают гиперхолестеринемия и ожирение.

За последние годы заболевания, вызванные воздействием на организм работников физических перегрузок, занимают в структуре впервые выявленных профессиональных заболеваний вторую позицию. При этом наиболее весомую долю из них составляют профессиональные дорсопатии (ПД) [2].

Патогенным фактором в формировании клинических синдромов пояснично-крестцового уровня является выполнение всех видов работ со значительными статико-динамическими нагрузками общего характера с участием мышц туловища, нижних и верхних конечностей, частыми и глубокими наклонами корпуса тела во время работы, подъемом и перемещением грузов высокой массы, большой амплитудой движений в поясничном отделе позвоночника, длительным пребыванием в вынужденной неудобной либо фиксированной позе сидя или наклонившись, воздействием общей вибрации рабочих мест, микро- и макротравматизацией поясничного отдела позвоночника нередко в сочетании с воздействием неблагоприятного микроклимата [1, 5, 6, 9].

В рамках скрининга на амбулаторных медицинских осмотрах работников предлагается следующий комплекс критериев-маркеров, на которые врачи-специалисты могут ориентироваться при оценке формирования ранних признаков мышечно-тонического (миофасциального) синдрома пояснично-крестцового уровня у лиц, работающих в условиях физических нагрузок и функционального перенапряжения отдельных органов и систем выше допустимого уровня (табл. 3).

Разработанные критерии позволяют индивидуально в каждом клиническом случае выделить ведущие жалобы и признаки ранних нарушений, патогномоничных развитию мышечно-тонического (миофасциального) синдрома пояснично-крестцового уровня, что является основой для определения работника в группу риска и составления персонифицированного плана-профилактики, ориентированного на конкретный вариант течения и направленности патологических изменений.

Учитывая социальную значимость сердечно-сосудистых заболеваний (ишемическая болезнь сердца, артериальная гипертония), обусловливающих высокие показатели заболеваемости и смертности населения и имеющие тенденцию к дальнейшему росту, что приводит к значительным трудовым потерям в результате временной нетрудоспособности и ранней инвалидизации, провели расчет индивидуального суммарного риска развития фатальных сердечно-сосудистых заболеваний (показатель SCORE) у работников с сердечно-сосудистой и эндокринной патологией в разных производственно-профессиональных и стажевых группах [3, 7, 9].

Таблица 3

Диагностические критерии ранних признаков мышечно-тонического (миофасциального) синдрома пояснично-крестцового уровня

Показатель	Референтные значения	Критерий ранних признаков
Данные опроса (жалобы)		
Наличие локального болевого синдрома в пояснично-крестцовой области	Нет	Есть (боль чаще ноющего, тянущего, ломящего характера)
Наличие отраженной боли, патогномоничной нарушениям при МТС пояснично-крестцового уровня	Нет	Есть (отраженная боль отдает в области ягодиц, задние поверхности бедер и голеней, может доходить до стоп)
Изменение БС при движениях в поясничной области	Нет	Есть (усиление болей и ограничение объема движений при движениях в поясничном отделе позвоночника)
Данные анамнеза		
Хронические заболевания периферической нервной системы и опорно-двигательного аппарата в области нижней части спины	Нет	Есть
Данные физикального осмотра (неврологического и ортопедического)		
Ограничение объема движений в поясничном отделе позвоночника	Нет	Есть
Анталгическая поза	Нет	Есть
Усиление боли в определенном положении и при нагрузке	Нет	Есть
Патологические изменения изгиба позвоночного столба (грудо-поясничного уровня, пояснично-крестцового уровня)	Нет	Усиление или сглаженность лордоза, кифоза, выраженные сколиотические изменения
Увеличение искривления позвоночника в сторону боли	Нет	Есть
Болезненность при пальпации паравертебральных точек, мышц пояснично-крестцового уровня	Нет	Есть
Наличие болезненных триггерных зон при пальпации мышц спины	Нет	Есть
Отклонения в состоянии мышц спины (повышение тонуса)	Нет	Есть (изменение структуры мышц в виде тяжистости и их тонуса в виде напряжения (дефанса)
Наличие участка повышенной чувствительности в пределах мышечного «тяжа»	Нет	Есть
Симптом поясничной мышцы	Отрицательный	Положительный
Тест прямой падающей ноги Ласега	Отрицательный	Положительный
Данные анкетирования		
Опросник Роланда – Морриса «Боль в нижней части спины и нарушение жизнедеятельности»	От 1 до 7 баллов	От 8 до 18 баллов
Освестровский опросник нарушения жизнедеятельности при боли в нижней части спины	От 0 до 4 баллов	От 5 до 14 баллов*

Примечание: * – наличие по результатам анкетирования 15 баллов и более позволяет говорить скорее о развитии признаков заболевания (клинически выраженных патологических нарушений), а не ранних его симптомах.

При анализе показателей SCORE установлено, что частота высокого (21,8 %) и среднего (28,1 %) риска развития фатальных сердечно-сосудистых заболеваний значительно выше у работников 1-й производственно-профессиональной группы, подвергающихся постоянному воздействию вредных производственных факторов, по сравнению со 2-й и контрольной группами (табл. 4).

Таблица 4

Суммарный риск развития фатальных сердечно-сосудистых заболеваний у работников 1-й группы горно-обогатительного комбината с хроническими общесоматическими заболеваниями (на 100 работников)

Диагноз хронического общесоматического заболевания	Суммарный риск развития фатальных сердечно-сосудистых заболеваний				
	низкий ≤ 1 %	умеренный 1–2 %	средний 3–4 %	высокий 5–9 %	очень высокий ≥ 10 %
Все заболевания сердечно-сосудистой системы, в том числе:	1,0 ± 0,3	4,6 ± 0,7*	4,5 ± 0,7*	4,5 ± 0,7*	0,9 ± 0,3
Гипертоническая болезнь	0,1 ± 0,1	1,4 ± 0,4	2,0 ± 0,5*	1,9 ± 0,5	0,5 ± 0,2
Все заболевания эндокринной системы, в том числе:	1,5 ± 0,4*	9,2 ± 1,0*	10,2 ± 1,1*	7,9 ± 0,9*	1,9 ± 0,5*
Гиперхолестеринемия	0,4 ± 0,2	5,1 ± 0,8*	8,4 ± 1,0*	5,8 ± 0,8*	1,4 ± 0,4
Ожирение	1,1 ± 0,4	5,0 ± 0,8*	3,1 ± 0,6*	2,4 ± 0,5	0,7 ± 0,3
Итого	4,1 ± 0,8*	25,3 ± 1,9*	28,1 ± 1,6*	21,8 ± 1,4*	5,3 ± 0,8*

Примечание: * – $p < 0,05$.

Очень высокий, высокий и средний риск достоверно чаще, по сравнению с контрольными данными, наблюдался у работников с эндокринными заболеваниями и составил соответственно 1,9; 7,9 и 10,2 %. У работников с сердечно-сосудистой патологией частота высокого и среднего риска развития фатальных сердечно-сосудистых заболеваний была ниже – 4,5 %.

У работников 2-й производственно-профессиональной группы, подвергающихся интермиттирующему воздействию вредных факторов, определялся достоверно различающийся с контролем только средний суммарный риск при наличии сердечно-сосудистой патологии (2,2 %) и умеренный – при заболеваниях эндокринной системы (2,9 %), гиперхолестеринемии (1,5 %), ожирении (1,3 %).

Установленные изменения показателя SCORE у работников в зависимости от стажа работы были наиболее выражены в 1-й производственно-профессиональной группе при стаже работы 20–29 и 30 лет и более, что позволяет рассматривать длительность и характер воздействия неблагоприятных условий труда как фактор высокого риска развития фатальных сердечно-сосудистых заболеваний (табл. 5).

Таблица 5

Суммарный риск развития фатальных сердечно-сосудистых заболеваний у обследованных лиц 1-й группы горно-обогатительного комбината в зависимости от стажа работы (на 100 работников)

Диагноз хронического заболевания	Стажевая группа, лет	Суммарный риск развития фатальных сердечно-сосудистых заболеваний				
		низкий ≤ 1 %	умеренный 1–2 %	средний 3–4 %	высокий 5–9 %	очень высокий ≥ 10 %
Все заболевания сердечно-сосудистой системы, в том числе:	До 20	3,0 ± 2,1	1,5 ± 1,5	1,5 ± 1,5	–	–
	20–29	1,3 ± 0,5	7,4 ± 1,2	4,3 ± 1,0	1,3 ± 0,5	–
	30 и более	–	1,0 ± 0,6	5,5 ± 1,3	10,2 ± 1,8*	2,4 ± 0,9
Гипертоническая болезнь	До 20	1,5 ± 1,5	1,5 ± 1,5	1,5 ± 1,5	–	–
	20–29	–	2,0 ± 0,7	1,3 ± 0,5	0,9 ± 0,4	–
	30 и более	–	0,3 ± 0,3	3,1 ± 1,0	3,8 ± 1,1*	1,4 ± 0,7
Все заболевания эндокринной системы, в том числе:	До 20	1,5 ± 1,5	10,4 ± 3,7	3,0 ± 2,1	–	–
	20–29	2,5 ± 0,7	14,1 ± 1,6	14,3 ± 1,7	2,0 ± 0,7	–
	30 и более	–	1,4 ± 0,7	5,5 ± 1,3	17,1 ± 2,2*	5,1 ± 1,3
Гиперхолестеримия	До 20	–	10,4 ± 3,7	3,0 ± 2,1	–	–
	20–29	0,7 ± 0,4	7,2 ± 1,2	12,8 ± 1,6	1,3 ± 0,5	–
	30 и более	–	0,7 ± 0,5	3,1 ± 1,0	14,0 ± 2,0*	3,8 ± 1,1
Ожирение	До 20	1,5 ± 1,5	3,0 ± 2,1	–	–	–
	20–29	1,8 ± 0,6	8,3 ± 1,3	3,4 ± 0,9	0,9 ± 0,4	–
	30 и более	–	0,3 ± 0,3	3,4 ± 1,1	5,1 ± 1,3*	2,0 ± 0,8

Примечание: * – $p < 0,05$.

Выводы. Таким образом, оценка профессионального риска нарушения здоровья работников свидетельствует, что воздействие комплекса неблагоприятных факторов производственной среды и трудового процесса, ведущими из которых являются вибрация, тяжесть и напряженность трудового процесса, способствует высокой распространенности и высокому относительному риску развития у работников хронических общесоматических заболеваний: болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани, системы кровообращения, болезней эндокринной системы, расстройств питания и нарушения обмена веществ, которые можно отнести к производственно обусловленным.

Выявленные производственно обусловленные заболевания, являющиеся индикатором неблагоприятного воздействия вредных производственных факторов, необходимо учитывать при установлении ранних признаков профессиональных заболеваний.

Разработанные и представленные диагностические критерии для выявления ранних признаков мышечно-тонического синдрома пояснично-крестцового уровня как экономически значимого профессионального заболевания у лиц, работающих в условиях воздействия физических нагрузок и функционального перенапряжения отдельных органов и систем, следует использовать в качестве основы формирования групп риска и разработки мер профилактики.

Выявленные изменения индивидуального суммарного риска развития фатальных сердечно-сосудистых заболеваний у работников в зависимости от особенностей условий труда, длительности и характера воздействия неблагоприятных производственных факторов, а также наличия определенных форм общесоматической патологии позволяют считать данный показатель определенным критерием для оценки возможного неблагоприятного развития заболеваний сердечно-сосудистой системы.

Полученные данные являются основой для разработки системы мониторинга за состоянием здоровья работников, занятых во вредных условиях труда, и приоритетных мер по сохранению их здоровья.

Список литературы

1. Горник В.М. Профессиональные заболевания пояснично-крестцовой области. – М.: Медицина, 1976. – 80 с.

2. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2020. – 299 с.

3. Органов Р.Г., Масленникова Г.Я. Сердечно-сосудистые заболевания в Российской Федерации во второй половине XX столетия: тенденции, возможные причины, перспективы // Кардиология. – 1994. – Т. 34, № 4. – С. 80–83.

4. Ощепкова Е.В. О Федеральной целевой программе «Профилактика и лечение артериальной гипертонии в Российской Федерации» // Кардиология. – 2002. – Т. 42, № 6. – С. 58–59.

5. Профессиональная патология: национальное руководство / под ред. Н.Ф. Измерова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 784 с.

6. Профессиональные болезни: учебник / Н.А. Мухин, В.В. Косарев, С.А. Бабанов [и др.]. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. – 496 с.

7. Риск развития сердечно-сосудистых осложнений у работников, осуществляющих эксплуатацию и обслуживание средств связи на базе проводных и беспроводных технологий / Л.П. Кузьмина, М.М. Коляскина, Л.М. Безрукавникова [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2021. – № 61 (4). – С. 212–217. DOI: 10.31089/1026-9428-2021-61-4-212-217

8. Условия труда, профессиональная заболеваемость на предприятиях открытой добычи руд / И.В. Бухтияров, Н.П. Головкова, А.Г. Чеботарев [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2017. – № 5. – С. 44–49.

9. Физиолого-клинические нарушения при мышечной работе в зависимости от факторов трудового процесса / Э.Ф. Шардакова, В.В. Матюхин, Л.А. Тарасова, Е.Г. Ямпольская // Медицина труда и промышленная экология. – 1998. – № 3. – С. 15–19.

Маркерные показатели метаболических нарушений у работников горнодобывающих предприятий

И.В. Лапко

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, г. Мытищи, Россия

С применением современных диагностических методов изучены особенности формирования метаболических нарушений у 261 работника горнорудной промышленности. Выявлено, что сочетанное воздействие производственных факторов (запыленность, шум, вибрация, напряженность и тяжесть труда, охлаждающий микроклимат) приводит к формированию метаболической недостаточности, что сопровождается изменениями липидного, углеводного обмена и гормонального профиля, развивающимися в 2,5 раза чаще, чем у работников с допустимыми условиями труда. Выявленные изменения показателей гомеостаза следует рассматривать как единую нейроиммуноэндокринную реакцию, приводящую к развитию профессиональных и общесоматических заболеваний.

Ключевые слова: горнодобывающие предприятия, производственные факторы, условия труда, метаболические нарушения, показатели гомеостаза.

Сочетанное воздействие производственных факторов на предприятиях горнодобывающей отрасли отражается на показателях заболеваемости, ассоциированной с условиями труда. Ведущие позиции в структуре профессиональных заболеваний занимает патология периферической нервной системы, опорно-двигательного аппарата и органа слуха, обусловленная действием вибрации, шума, физических нагрузок, неблагоприятного микроклимата [3]. Наряду с развитием профессиональной патологии воздействие факторов рабочей среды приводит к формированию производственно обусловленных заболеваний – общих соматических болезней, частота которых в данной профессии значительно выше, чем в других. Многочисленные исследования посвящены изучению механизмов формирования артериальной гипертензии, атеросклероза коронарных и церебральных сосудов, сахарного диабета, патологии пищеварительной системы [2].

Развитие профессиональной и общесоматической патологии при сочетанном воздействии неблагоприятных условий труда – проявление различных обменных нарушений, дисфункций органов и систем, пусковым механизмом которых является метаболическая недостаточность.

Цель исследования – изучение метаболических нарушений у рабочих горнодобывающих предприятий с использованием современных диагностических методов.

Материалы и методы. Исследован 261 работник горнодобывающих предприятий: 105 подземных горнорабочих, 75 работников открытых горных разработок, 81 рабочий дробильно-обогатительных фабрик (ДОФ), работающих в условиях сочетанного воздействия негативных производственных факторов (пыль, шум, общая и локальная вибрация, напряженность и тяжесть труда, охлаждающий микроклимат). Группу сравнения составили 68 мужчин, работающих на поверхности

в допустимых условиях труда. Группы сопоставимы по возрасту и стажу (возраст – 42,8 ± 7,3 г., стаж – 19,2 ± 7,8 г. в группе наблюдения, и возраст – 43,4 ± 8,2 г., стаж – 20,3 ± 8,7 г. в группе сравнения). В зависимости от стажа работники поделены на две подгруппы: стаж менее 15 лет и стаж свыше 15 лет.

Клинико-лабораторное исследование выполнено стандартными методами с помощью биохимического автоматического анализатора:

– уровень общего холестерина (ХС) – ферментативным колориметрическим методом; триглицеридов (ТГ), холестерина липопротеидов высокой плотности (ХС-ЛПВП), холестерина липопротеидов низкой плотности (ХС-ЛПНП) – пероксидазным методом; апобелков А1 и В – радиоиммунным анализом;

– уровень глюкозы крови – глюкозооксидазным методом, гликозилированный гемоглобин HbA1c, иммунореактивный инсулин (ИРИ) – иммуноферментным анализом, высчитывали индекс Caro и индекс HOMA-IR (Homeostasis Model Assessment-Insulin Resistance) [1];

– концентрации гормонов: аденокортикотропного (АКТГ), тиреотропного (ТТГ), фолликулостимулирующего (ФСГ), лютеинизирующего гормонов (ЛГ), альдостерона, кортизола, свободного трийодтиронина, свободного тироксина, тестостерона общего, тестостерона свободного – на основе иммуноферментного анализа с использованием стандартных наборов «Алкор Био» (Россия). Для определения функционального состояния гипофизарно-надпочечниковой и тиреоидной систем высчитывали интегральный гипофизарно-надпочечниковый индекс (ИГНИ) и интегральный тиреоидный индекс (ИТИ).

Все результаты обработаны статистически. Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакета программ Microsoft Office (Excel, Word) в среде Windows XP.

Результаты. Исследование показало, что с увеличением стажа работы отмечено достоверное повышение уровня общего холестерина и липидов низкой плотности у рабочих карьеров (до 6,08 ± 0,16 и 4,22 ± 0,18 ммоль/л соответственно), уровня общего холестерина у работников дробильно-обогатительных фабрик – до 5,86 ± 0,21 ммоль/л и липопротеидов низкой плотности – до 3,62 ± 0,11 ммоль/л у подземных горнорабочих ($p < 0,05$), по сравнению с работниками группы сравнения.

У стажированных работников горно-обогатительных комбинатов выявлены достоверно высокие уровни липопротеидов низкой плотности по сравнению с соответствующей стажевой группой подземных горнорабочих и работников дробильно-обогатительных фабрик ($p < 0,05$). Отмечена тенденция к снижению содержания липидов высокой плотности и к нарастанию уровня триглицеридов с увеличением стажа работы во вредных условиях труда.

Уровни апобелков (АпоА1 и АпоВ) не превышали нормативных значений во всех производственно-профессиональных группах и в группе сравнения. Однако по мере увеличения стажа работы выявляется достоверное снижение уровня АпоА1 и нарастание уровня АпоВ у рабочих вредных производств ($p < 0,05$), что не наблюдалось у работников с допустимыми условиями труда. Рабочие карьеров, по сравнению с соответствующими стажевыми группами подземных горнорабочих и работников ДОФ, имели более низкие уровни АпоА1 (136,4 ± 4,6 мг/дл) при стаже работы до 15 лет и более высокие уровни АпоВ (176,2 ± 5,8 мг/дл) при стаже работы свыше 15 лет ($p < 0,05$).

С нарастанием стажа работы диагностировано достоверное увеличение соотношения АпоВ/АпоА1 до 1,09–1,56 единицы у рабочих всех изучаемых групп как раннего показателя нарушения обмена липопротеидов ($p < 0,05$).

Концентрации глюкозы и инсулина в сыворотке крови рабочих различных групп находились в пределах референтных значений. Отмечалась тенденция к повышению уровня глюкозы крови и инсулина с увеличением стажа работников, подвергающихся сочетанному воздействию негативных производственных факторов.

Индексы Caro и HOMA-IR более четко отражают изменения углеводного обмена в организме рабочих. По мере увеличение стажа работы во вредных условиях труда отмечается достоверное снижение значения индекса Caro до 0,23–0,3 единицы и возрастание значения индекса HOMA-IR до 4,6–6,5 единицы ($p < 0,05$), что свидетельствует о формировании инсулинорезистентности у стажированных работников, что достоверно значимо у подземных горнорабочих ($p < 0,05$). При стаже до 15 лет у работников шахты и карьеров выявляется достоверное снижение значения индекса Caro по сравнению с соответствующей стажевой группой рабочих обогатительных фабрик ($p < 0,05$).

Средние концентрации АКТГ, альдостерона и кортизола не выходят за пределы референтных значений у рабочих всех изучаемых групп как при стаже до 15 лет, так и более 15 лет. Однако при сопоставлении с группой сравнения прослеживается четкая динамика по снижению концентрации АКТГ и повышению альдостерона и кортизола при увеличении стажа работы более 15 лет. Использование для оценки состояния глюкокортикоидной функции индекса ИГНИ позволяет более четко оценить изменения, происходящие в организме рабочих. С увеличением стажа работы во вредных условиях труда отмечается активация глюкокортикоидной функции, что проявляется ростом ИГНИ до 8,6–18,9 единицы, снижением уровня АКТГ и повышением уровня альдостерона и кортизола, что достоверно значимо у подземных горнорабочих и рабочих карьеров ($p < 0,05$).

Концентрации гормонов щитовидной железы и ТТГ также находятся в пределах референтных значений во всех исследуемых группах независимо от стажа работы. Однако у стажированных работников, трудящихся во вредных условиях труда, диагностируется повышение уровня ТТГ, снижение уровня гормонов T_3 и T_4, понижение значения индекса ИТИ до 5,7–6,8 единицы, что указывает на супрессию гипофизарно-тиреоидной системы, достоверно значимую по сравнению с группой сравнения ($p < 0,05$).

Снижение уровня тестостерона у рабочих, подвергающихся воздействию неблагоприятных условий труда, достоверно значимое у работников карьеров ($p < 0,05$), сопровождается повышением уровня лютеинизирующего гормона (ЛГ). Его повышение выше референтных значений у малостажированных подземных горнорабочих сменяется стадией угнетения у высокостажированных. У рабочих горно-обогатительных комбинатов уровень тестостерона имеет тенденцию к снижению, а ЛГ – к достоверному повышению ($p < 0,05$). Уровни ФСГ находятся в пределах референтных значений во всех группах рабочих и существенных изменений в зависимости от стажа не претерпевают.

Таким образом, установлено, что сочетанное воздействие производственных факторов (запыленность, шум, вибрация, напряженность и тяжесть труда, охлаждающий микроклимат) приводит к формированию метаболической недостаточности, что сопровождается изменениями липидного, углеводного обмена и гормо-

нального профиля, развивающимися в 2,5 раза чаще, чем у работников с допустимыми условиями труда.

Выводы:

1. Сочетанное воздействие факторов производственной среды на рабочих горнодобывающих предприятий в 2,5 раза чаще приводит к нарушениям метаболизма липидного, углеводного обмена и показателей гормонального профиля.

2. Выявленные изменения показателей гомеостаза следует рассматривать как единую нейроиммуноэндокринную реакцию, приводящую к развитию профессиональных и общесоматических сердечно-сосудистых и эндокринных заболеваний.

Список литературы

1. Камышников В.С. Справочник по клинико-биохимическим исследованиям и лабораторной диагностике. – М.: МЕДпресс-информ, 2009. – 896 с.

2. Оценка условий труда, профессионального риска, состояние профессиональной заболеваемости и производственного травматизма рабочих угольной промышленности / Н.П. Головкова, А.Г. Чеботарёв, Н.О. Каледина, Н.А. Хелковский-Сергеев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – С. 9–40.

3. Чеботарёв А.Г. Состояние условий труда и профессиональной заболеваемости работников горнодобывающих предприятий // Горная промышленность. – 2018. – № 1 (137). – С. 92. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-1-137-92-95

Особенности формирования метаболических нарушений в условиях сочетанного воздействия производственных факторов подземной добычи хромовой руды

К.П. Лужецкий[1,2], О.Ю. Устинова[1,3], А.Е. Носов[1], В.М. Чигвинцев[1]

[1]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2] ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера» Минздрава РФ,
[3] ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Пермь, Россия

С целью изучения особенностей формирования производственно обусловленных метаболических нарушений у работников шахты по добыче хромовых руд с использованием современных маркерных показателей исследованы условия труда, клинический и лабораторный статус 236 работников шахты по подземной добыче хрома. Выявлено, что добыча

хромовой руды подземным способом осуществляется во «вредных» условиях труда (класс 3.3–3.4). В условиях сочетанного воздействия производственных факторов подземной добычи хромовой руды (шум, пыль, вибрация, напряженности и тяжесть туда, охлаждающий микроклимат) сердечно-сосудистая и эндокринная патология развиваются в 2,8–3,3 раза чаще, чем у лиц с допустимыми условиями труда. Особенностью метаболических нарушений являлась более частое (в 1,4 раза) выявление неблагоприятной абдоминальной формы ожирения, а также превышение в 1,2–1,4 раза «метаболических индексов» (коэффициента накопления липидов, LAP и индекса висцерального ожирения, VAI), относительно группы сравнения (p = 0,001–0,048).

Профилактика сердечно-сосудистых заболеваний, в том числе у работающих на добыче хромовых руд, должна предусматривать включение в программы медицинских осмотров расчет ранних маркеров метаболических нарушений – индексов VAI и LAP.

Ключевые слова: добыча хрома, шахтёры, метаболические нарушения, ожирение, маркерные показатели, коэффициент накопления липидов, индекс висцерального ожирения, периодические медицинские осмотры.

В последние десятилетия сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) остаются ведущей причиной смерти населения во всём мире. В странах Европы от болезней сердца ежегодно умирает до 4 млн человек, в Российской Федерации (РФ) – около 1 млн граждан. Как следствие, вопросы ранней профилактики ССЗ прибредают первостепенное значение [1, 2, 9, 15]. Известно, что в условиях сочетанного воздействия факторов риска среды обитания, неудовлетворительных условий труда и образа жизни развитие и прогрессирование сердечно-сосудистых и эндокринных заболеваний происходит ускоренными тепами и влечет за собой существенное сокращение продолжительности жизни и трудового долголетия [3, 5, 8, 10, 13, 14, 16, 18]. Вместе с тем информации об особенностях формирования и ранних диагностических маркерах производственно обусловленных метаболических нарушений у работников занятых на добыче металлов крайне недостаточно [4, 6, 7, 11, 12, 17, 19, 20].

Цель исследования – изучение особенностей формирования метаболических нарушений у работников шахты по добыче хромовых руд с использованием современных, высокоинформативных маркерных показателей.

Материалы и методы. Исследованы условия труда, клинический и лабораторный статус 236 работников шахты по добыче хромовых руд. В группу наблюдения включены 162 человека, работающих под землей в условиях сочетанного воздействия негативных производственных факторов, – бурильщики шпуров, проходчики, горнорабочие, крепильщики, машинисты буровых установок и скреперных лебедок. В качестве вредных производственных факторов выступали – пыль, шум, общая и локальная вибрация, напряженность и тяжесть туда, охлаждающий микроклимат (класс условий труда 3.3–3.4). Группу сравнения составили 74 человека, работающих на поверхности в допустимых условиях труда (класс 2). Группы не различались по возрасту (42,4 ± 7,4 г. в группе наблюдения против 43,8 ± 8,1 г. в группе сравнения, $p > 0,05$) и стажу (9,2 ± 1,3 г. в группе наблюдения против 11,2 ± 2,3 г. в группе сравнения, $p > 0,05$). В ходе анкетирования статистически значимых различий между группами по основным факторам образа жизни, таким как объем и структура питания, энергетическая ценность рациона, двигательная активность, курение и употребление алкоголя, выявлено не было ($p > 0,05$).

Гигиеническая оценка условий труда работников выполнена по результатам собственных исследований воздуха рабочей зоны и данным специальной оценки

условий труда (СОУТ) в соответствии с «Руководством по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса» (Р 2.2.2006-05). Взвешенные вещества определялись гравиметрическим методом (МУК 4.1.2468-09), содержание хрома в воздухе рабочей зоны – методом атомно-абсорбционной спектрометрии (спектрофотометр Aanalyst-400, Perkin Elmer, США) в пламени «ацетилен – воздух» по стандартной методике (М-01В/2011). Концентрацию хрома в крови работающих определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой ISP-MS, в соответствии с МУК 4.1.3056-13, 4.1.3057-13 МУК 4.1.3158-4.1.3161-14 МУК 4.1.3230-4.1.3233-14 (масс-спектрометр Agilent 7500cx, Agilent Technologies Inc., США).

Клинико-лабораторное исследование (протокол этического комитета № 5, 2017) включало:

1) клинический осмотр с оценкой физического развития (рост, вес, окружность талии (ОТ), индекс массы тела (ИМТ));

2) биохимическое исследование (глюкоза, инсулин, триглицериды (ТГ), общий холестерин, липопротеиды высокой плотности (ЛПВП), липопротеиды низкой плотности (ЛПНП), липопротеиды очень низкой плотности (ЛПОНП), липопротеин А);

3) анализ содержания сахара (глюкозы) в моче;

4) определение индекса атерогенности (ИА): ИА = (общий ХС – ЛПВП) /ЛПВП;

5) оценку индекса висцерального ожирения (VAI):

$VAI_{мужчин}$ = (ОТ/ (36,58 + [1,89 · ИМТ]) · (ТГ/0,81) · (1,52/ЛПВП),

$VAI_{женщин}$ = (ОТ/ (39,68 + [1,88 · ИМТ]) · (ТГ/1,03) · (1,31/ЛПВП).

6) расчет коэффициента накопления липидов (LAP):

$LAP_{мужчин}$ = (ОТ [см] - 65) · [концентрация триглицеридов, ммоль/л],

$LAP_{женщин}$ = (ОТ [см] - 58) · [концентрация триглицеридов, ммоль/л].

Клинико-лабораторные исследования, выполнены стандартными методами в аккредитованной лаборатории с помощью биохимического анализатора Konelab 20 (ThermoFisher, Финляндия).

Статистический анализ полученных данных выполнен с использованием специальных программных продуктов, в том числе Statistica 10. Проверка нормальности распределения проводилась тестом Колмогорова – Смирнова. Для количественной характеристики исследуемых показателей использовали значения средней (*M*) и ее ошибки (*m*). Достоверность различий изучаемых показателей в сравниваемых группах устанавливали по критерию Стьюдента ($t > 2{,}0$; $p \leq 0{,}05$). В случае ненормально распределенных показателей использовался критерий хи-квадрат (χ^2) Пирсона ($p \leq 0{,}05$). Оценка зависимостей индексов VAI и LAP с приоритетными нозологическими формами и лабораторными показателями выполнена с помощью построения логистической регрессионной модели.

Результаты. Полученные на основании СОУТ данные характеризовали условия труда на рабочих местах группы наблюдения как «вредные» (класс 3.3–3.4). Уровень эквивалентного шума составлял от 65,3–70,9 дБА до 108,2–114,9 дБА, общая и локальная вибрация превышали предельно допустимые уровни до 1,1 раза (116–127 дБ и 127–135 дБ соответственно). Длительное нахождение в неудобной, фиксированной позе и повышенная общая / региональная физическая нагрузка относили условия труда работающих к классам 3.1–3.3. В условиях шахтной добычи на рабочих местах отмечена пониженная температура воздуха (90 °С).

По результатам собственных исследований содержание в воздухе рабочей зоны горнорабочего, крепильщика и горного мастера взвешенных веществ (пыли) не превышало 2-го класса. На рабочих местах проходчика, бурильщика шпуров, машинистов буровых установок и скреперной лебедки концентрация пыли соответствовала классу условий труда 3.1. Концентрация хрома в воздухе рабочей зоны группы наблюдения составляла 0,002–0,012 мг/м^3 (среднесменная концентрация – менее 0,5 мг/м^3; ПДУ – 1,0 мг/м^3), что соответствовало 2-му классу. Вместе с тем химико-аналитическое исследование содержания хрома в крови работников группы наблюдения (0,0058 ± 0,001 мкг/см^3) выявило его существенное превышение – в 1,3 раза относительно группы сравнения (0,0045 ± 0,0001 мкг/см^3, $p = 0{,}023$) и в 8,2 раза относительно референтного уровня (0,0007 мкг/см^3, $p \leq 0{,}001$).

Рабочие места группы сравнения соответствовали 2-му классу (допустимый).

В ходе оценки уровня заболеваемости за трехлетний период по данным ПМО патология сердечно-сосудистой (МКБ-10: I00–I99) и эндокринной системы (МКБ-10: E00–E07) в группе наблюдения выявлялась в 2,8–3,3 раза чаще, чем в группе сравнения, $p = 0{,}001$–$0{,}02$ (табл. 1).

Таблица 1

Уровень заболеваемости приоритетными нозологиями в группах исследования по данным ПМО за 2015, 2016, 2017 гг., %

Класс заболевания (МКБ-10)	Группа наблюдения	Группа сравнения	Достоверность различий, $p \leq 0{,}05$
Заболевания сердечно-сосудистой системы (I00–I99)	28,5 ± 9,5	15,8 ± 7,2	0,001
Болезни эндокринной системы (E00–E07)	14,0 ± 2,0	4,2 ± 0,4	0,02

У работников по подземной добыче хромовых руд относительный риск формирования болезней сердечно-сосудистой и эндокринной системы был в 2,7–3,2 раза выше, чем в группе сравнения ($RR = 2{,}7$–$3{,}2$; $DI = 1{,}44$–$9{,}2$; $p = 0{,}001$–$0{,}02$).

Клинический осмотр выявил нарушения жирового и углеводного обмена в группе наблюдения у 65 % работников, что не имело статистической значимости с группой сравнения – 62 %, при этом наиболее неблагоприятная абдоминальная форма ожирения в группе наблюдения выявлялась в 1,4 раза чаще (42,0 %) относительно группы сравнения (30,0 %, $p = 0{,}013$).

По данным биохимического исследования содержание глюкозы (5,77 ± 0,17 ммоль/дм^3), инсулина (24,09 ± 6,2 ммоль/л), триглицеридов (1,74 ± 0,19 ммоль/л), общего холестерина (4,92 ± 0,15 ммоль/л), ЛПНП (3,32 ± 0,15 ммоль/л), ЛПОНП (0,81 ± 0,09 ммоль/л), липопротеина А (47,13 ± 13,01 ммоль/л) в сыворотке крови не имело достоверных отличий от физиологической нормы и их значений в группе сравнения ($p \geq 0{,}05$), при этом индекс атерогенности (3,1 ± 0,2) в группе наблюдения был в 1,2 раза выше, а уровень ЛПВП (1,15 ± 0,07 ммоль/л) в 1,2 раза ниже, чем в группе сравнения (2,56 ± 0,4 и 1,41 ± 0,16 ммоль/л, $p = 0{,}017$–$0{,}047$ соответственно).

При оценке антропометрических показателей статистически значимых различий в группах исследования по весу и ИМТ получено не было ($p = 0{,}055$–$0{,}47$). Вместе с тем при анализе «метаболических индексов» коэффициент накопления

липидов LAP (20,97 ± 1,6) и индекс висцерального ожирения VAI (1,98 ± 0,21) в группе наблюдения были в 1,2–1,4 раза выше, чем в группе сравнения (15,43 ± 1,22–1,66 ± 0,15, p = 0,001–0,048 соответственно, табл. 2).

Таблица 2

Значения ИМТ и «метаболических индексов» VAI / LAP в группах исследования

Показатель	Группа наблюдения	Группа сравнения	Достоверность различий, $p \leq 0{,}05$
ИМТ	27,07 ± 0,67	27,59 ± 1,2	0,47
LAP	20,97 ± 1,6	15,43 ± 1,22	0,001
VAI	1,98 ± 0,21	1,66 ± 0,15	0,048

В группах исследования установлены достоверные корреляционные связи «метаболических индексов» с приоритетными лабораторными показателями (r = –0,41–0,89; p = 0,001–0,045). Наиболее сильные связи, помимо биохимических показателей, входящих в исследуемые индексы, выявлены с холестерином ЛПОНП (r = 0,85), индексом атерогенности (r = 0,52) и уровнем глюкозы в моче (r = 0,26) (табл. 3).

Таблица 3

Корреляции «метаболических индексов» VAI / LAP в группах исследования с приоритетными лабораторными и антропометрическими показателями

X Индекс	*Y* Лабораторный показатель	Коэффициент корреляции, *r*	Достоверность различий, $p \leq 0{,}05$
VAI	Холестерин общий	0,18	0,045
VAI	Холестерин ЛПВП	-0,41	0,001
VAI	Холестерин ЛПНП	0,18	0,04
VAI	Холестерин ЛПОНП	0,85	0,001
VAI	Триглицериды	0,89	0,001
VAI	Индекс атерогенности	0,52	0,001
LAP	Глюкоза в крови	0,15	0,02
LAP	Глюкоза в моче	0,26	0,02
LAP	Индекс массы тела	0,24	0,00
LAP	Хром в крови	0,17	0,05

Кроме того, выявлена корреляционная связь коэффициента накопления липидов (LAP) с содержанием хрома в крови обследованных работников (r = 0,17, p = 0,05).

Методами математического моделирования установлены зависимости лабораторных показателей и приоритетных нозологических форм сердечно-сосудистых заболеваний, диагностированных в группах исследования, от рассчитанных «метаболических индексов» VAI и LAP, доля объясненной дисперсии составляла – R^2 = 0,26–0,86; $9{,}6 \leq F \geq 227{,}8$; $p < 0{,}001$–0,005 (табл. 4).

Выявлена зависимость коэффициента накопления липидов LAP от концентрации хрома в крови работников групп исследования (R^2 = 0,54; p = 0,001) (рисунок).

Таблица 4

Модели зависимости приоритетных лабораторных показателей и нозологических форм в группах исследования от рассчитанных «метаболических индексов» VAI / LAP

X Индекс	*Y* Приоритетные лабораторные показатели и нозологические формы	b_0	b_1	*F*	*p*	R^2
VAI	Стенокардия	-3,99	0,94	55,43	0,001	0,86
LAP	Хроническая ишемическая болезнь	-3,57	0,035	227,8	0,001	0,85
LAP	Уточненные формы избыточности питания	-5,47	0,179	92,2	0,001	0,84
VAI	Гипертоническая болезнь	-4,64	1,23	287,72	0,001	0,82
LAP	Жировая дегенерация печени	-5,24	0,165	93,7	0,001	0,82
VAI	Уточненные нарушения сердечного ритма	-3,07	0,38	33,71	0,001	0,59
VAI	Сердечная недостаточность	-3,62	0,59	79,55	0,001	0,58
LAP	Гипертоническая болезнь	-3,73	0,057	48,6	0,001	0,56
LAP	Другие формы стенокардии	-3,48	0,039	51,9	0,001	0,48
VAI	Инсулиннезависимый сахарный диабет	-5,78	1,88	16,71	0,001	0,43
LAP	Нарушения сердечной проводимости	-4,03	0,064	9,6	0,005	0,34
LAP	Ожирение	-3,36	0,049	47,3	0,001	0,31
LAP	Атеросклероз артерий	-3,81	0,054	10,7	0,003	0,26
VAI	Индекс атерогенности	-1,68	1,244	404,7	0,001	0,79
LAP	α-амилаза сыворотки	-2,54	0,054	82,1	0,001	0,74
LAP	Щелочная фосфатаза	-4,09	0,096	19,5	0,001	0,46
VAI	Инсулин	-2,58	1,006	29,47	0,001	0,30

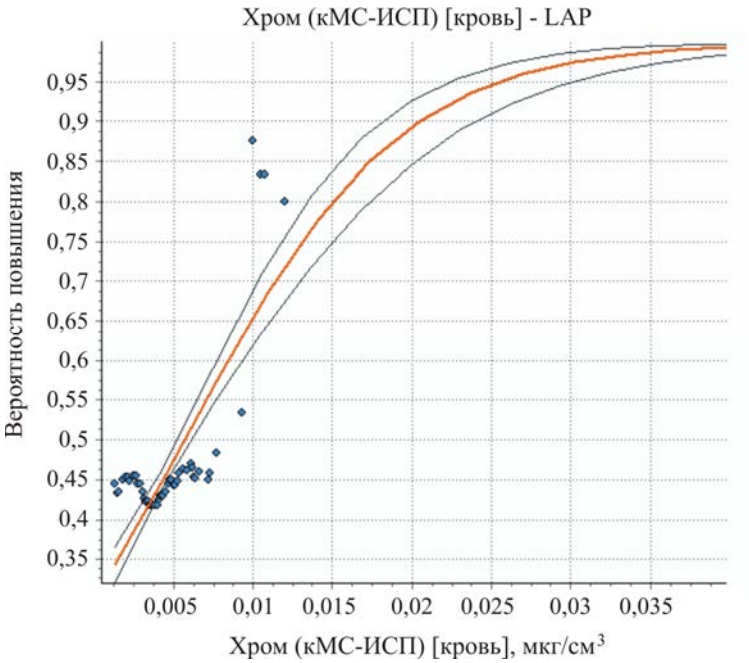


Рис. Модель зависимости коэффициента накопления липидов (LAP) от концентрации хрома в крови работников групп исследования

Выводы:

1. Деятельность шахтёров, осуществляющих добычу хромовой руды подземным способом, осуществляется во «вредных» условиях труда (класс 3.3–3.4).

2. В условиях сочетанного воздействия производственных факторов подземной добычи хромовой руды (шум, пыль, вибрация, напряженности и тяжесть туда, охлаждающий микроклимат) сердечно-сосудистая и эндокринная патология развиваются в 2,8–3,3 раза чаще.

3. Особенностью формирования метаболических нарушений у шахтеров, занятых подземной добычей хромовой руды является: наиболее прогностически неблагоприятной абдоминального типа ожирения и в 1,2–1,4 раза более высокие относительно группы сравнения значения «метаболических индексов» VAI и LAP (p = 0,017–0,047).

4. Выявленная зависимость приоритетных нозологических форм и лабораторных показателей сердечно-сосудистых и эндокринных заболеваний от «метаболических индексов» позволяет отнести коэффициент накопления липидов (LAP) и индекс висцерального ожирения (VAI) к ранним маркерам метаболических нарушений (R^2 = 0,26–0,86; p < 0,001–0,005).

5. У работников, занятых на добыче хромой руды, установлена зависимость коэффициента накопления липидов LAP от концентрации хрома крови (R^2 = 0,54; p = 0,001).

6. Для реализации комплекса медико-профилактических мероприятий, направленных на увеличения продолжительность жизни и трудового долголетия, раннюю профилактику ССЗ, в том числе у работающих во вредных и опасных условиях труда, целесообразно расширение программ периодических медицинских осмотров за счет включения ранних маркеров метаболических нарушений – индексов VAI и LAP.

Список литературы

1. Бойцов С.А. Кардиоваскулярная профилактика 2017. Российские национальные рекомендации // Российский кардиологический журнал. – 2018. – № 6. – С. 7–122.

2. Вишневский А.Г., Андреев Е.М., Тимонин С.А. Смертность от болезней системы кровообращения и продолжительность жизни в России // Демографическое обозрение. – 2016. – № 3 (1). – С. 6–34.

3. Влияние факторов производственной среды и образа жизни на состояние артериальных сосудов у работников, занятых в производстве меди / Л.А. Коневских, Т.Т. Ладохина, Е.Д. Константинова, С.Г. Астахова // Гигиена и санитария. – 2020. – Т. 99 (1). – С. 45–50.

4. Гигиеническая характеристика факторов, формирующих тиреоидную патологию у детей / О.В. Возгомент, И.П. Корюкина, А.И. Аминова, К.П. Лужецкий, С.В. Фарносова // Фундаментальные исследования. – 2010. – № 2. – С. 28–30.

5. Дружилов М.А., Кузнецова Т.Ю. Висцеральное ожирение как фактор риска артериальной гипертензии // Российский кардиологический журнал. – 2019. – № 4. – С. 7–12.

6. Канева А.М., Бойко Е.Р. Индекс накопления липидов (lipid accumulation product, LAP) – современный клинико-биохимический маркер ожирения у человека // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 2. – С. 164–174.

7. Корноухова Л.А., Денисов Н.Л., Эмануэль В.Л. Лабораторные предикторы неалкогольного стеатоза печени у пациентов с абдоминальным ожирением // Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина. – 2018. – Т. 13 (4). – С. 376–388.

8. Лужецкий К.П. Методические подходы к управлению риском развития у детей эндокринных заболеваний, ассоциированных с воздействием внешнесредовых факторов селитебных территорий // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 2. – С. 47–56.

9. Лужецкий К.П., Устинова О.Ю., Палагина Л.Н. Структурно-динамический анализ эндокринной патологии у детей, проживающих в условиях воздействия химических техногенных факторов среды обитания (на примере Пермского края) // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2013. – № 11 (248). – С. 32–35.

10. Нарушения здоровья у малостажированных работников предприятий по подземной добыче хромовых руд / И.В. Лешкова, Е.М. Власова, Д.М. Шляпников, О.Ю. Устинова, А.Е. Носов // Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей: материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Пермь, 2018. – С. 530–536.

11. Особенности иммуногенетических показателей у работников предприятия цветной металлургии / О.В. Долгих, А.В. Кривцов, Т.С. Лыхина, О.А. Бубнова, Д.В. Ланин, Н.А. Вдовина, К.П. Лужецкий, Е.Е. Андреева // Гигиена и санитария. – 2015. – Т. 94 (2). – С. 54–57.

12. Оценка индивидуального риска метаболических нарушений у детей при экспозиции хлороформом с питьевой водой / К.П. Лужецкий, П.З. Шур, О.Ю. Устинова, О.В. Долгих, Д.А. Кирьянов, В.М. Чигвинцев // Анализ риска здоровью. – 2015. – № 4. – С. 28–35.

13. Оценка риска развития сердечно-сосудистой патологии у шахтеров, занятых подземной добычей хромовой руды / О.Ю. Устинова, Е.М. Власова, А.Е. Носов, В.Г. Костарев, Т.М. Лебедева // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 3. – С. 94–103.

14. Предикторы неблагоприятного течения ишемической болезни сердца: Результаты динамического наблюдения / Е.В. Шляхто, Е.Г. Сергеева, О.А. Беркович, С.Н. Пчелина, М.И. Зарайский, Ж.И. Ионова, Е.А. Полякова, Е.И. Баранова // Российский кардиологический журнал. – 2018. – № 7. – С. 60–66.

15. Стратегии и методы коррекции ожирения и ассоциированного сердечно-сосудистого риска / Т.Ю. Кузнецова, М.А. Дружилов, Г.А. Чумакова, Н.Г. Веселовская // Российский кардиологический журнал. – 2019. – № 4. – С. 61–67.

16. Титова Е.Я., Голубь С.А. Современные проблемы охраны здоровья работников крупного промышленного предприятия, работающих в условиях профессиональных вредностей // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 4. – С. 83–90.

17. Хрипун И.А., Воробьёв С.В., Коган М.И. Новый маркер метаболических нарушений у мужчин с сахарным диабетом 2 типа // Медицинский вестник Юга России. – 2016. – № 1. – С. 84–86.

18. Эндотелиальная дисфункция у работников по подземной добыче хромовых руд / Н.В. Зайцева, А.Е. Носов, Ю.А. Ивашова, А.С. Байдина, В.Г. Костарев // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – № 11. – С. 914–919.

19. Anthropometric and central obesity indices as predictors of long-term cardiometabolic risk among Saudi young and middle-aged men and women / M.M. Abulmeaty, A.M. Almajwal, N.K. Almadani, M.S. Aldosari, A.A. Alnajim, S.B. Ali, H.M. Hassan, H.A. Elkatawy // Saudi Med. J. – 2017. – Vol. 38 (4). – P. 372–380.

20. Thyroid stimulating hormone within the reference range is associated with visceral adiposity index and lipid accumulation product: A population-based study of SPECT-China / Y. Chen, N. Wang, C. Chen, X. Nie, Q. Li, B. Han, Y. Lu // Horm. Metab. Res. – 2018. – Vol. 50 (1). – P. 29–36.

Сравнительная характеристика априорного риска нарушений здоровья при работе на предприятиях нефтяной промышленности различных климатических поясов

А.В. Мельцер[1], Н.В. Ерастова[1], Е.М. Полякова[2]

[1]ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава РФ,
[2]ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора,
г. Санкт-Петербург, Россия

В Российской Федерации одними из ведущих отраслей промышленности являются нефтедобыча и нефтепереработка, на которых заняты значительное количество трудоспособного населения. На предприятиях данной отрасли на работающих воздействует комплекс факторов производственной среды, в том числе и охлаждающие метеорологические факторы открытых производственных площадок. Особое значение при оценке риска нарушений здоровья от воздействия охлаждающих метеорологических факторов приобретают климатические условия работы на открытых производственных площадках.

Проведена сравнительная оценка суммарного априорного риска на рабочих местах операторов и машинистов технологических установок, слесарей-ремонтников двух компаний, расположенных в различных климатических поясах. Было установлено, что значения риска нарушений здоровья у работников, осуществляющих трудовые операции на открытой территории в холодный период года во II климатическом поясе с увеличением стажа работы, имеют статистически значимо более высокие значения суммарного риска нарушений здоровья ($p < 0,05$), в сравнении с работниками компании ООО «ПО “КИНЕФ”», расположенной в III климатическом поясе (при условии отсутствия различий по времени нахождения на открытой территории в 40-часовую рабочую неделю в сравниваемых профессиональных группах, $p > 0,05$).

Ключевые слова: работа на открытой территории, нефтедобывающее производство, охлаждающие метеорологические факторы, оценка риска нарушений здоровья, априорный риск.

Несмотря на совершенствование технологических процессов при добыче и переработке топливно-энергетических ресурсов, остается актуальным воздействие комплекса вредных производственных факторов на организм работников, в том числе микроклимата открытых производственных площадок [4].

Ряд авторов отмечает возможность опосредованного ухудшения условий труда под влиянием охлаждающего микроклимата в связи с изменением интенсивности воздействия на организм работающих некоторых других вредных производственных факторов [2, 10, 11], однако при проведении специальной оценки условий труда (СОУТ) они не учитываются [5]. Поэтому вопрос сочетанного воздействия охлаждающих метеорологических факторов и других вредных производственных факторов остается малоизученным. Существующие модели оценки риска нарушений здоровья при работе на открытой территории в холодный период года, как правило, учитывают метеорологические параметры производственной среды [1, 5, 9].

Особое значение при оценке риска нарушений здоровья от воздействия охлаждающих метеорологических факторов приобретают климатические условия работы на открытых производственных площадках.

Цель исследования заключалась в сравнительной оценке априорного группового риска нарушений здоровья работников предприятий нефтяной промышленности, расположенных в различных климатических поясах.

Материалы и методы. Выполнена гигиеническая оценка условий труда работников (операторы, машинисты и слесари-ремонтники), осуществляющих трудовые операции на открытой территории в холодный период года, АО «Самотлорнефтегаз» на основании результатов производственного контроля (ПК) и специальной оценки условий труда (СОУТ).

Оценка производственного микроклимата проведена в соответствии руководством Р 2.2.2006-05 [6]. Определение эквивалентной температуры основывалось на суточных метеорологических параметрах (температура и скорость движения воздуха) по данным информационно-аналитической системы (ИАС) предприятий.

Оценка априорного риска нарушений здоровья от воздействия производственного шума, воздействия химических веществ воздуха рабочей зоны и микроклимата на открытой территории в холодный период года выполнена согласно разработанным моделям [7]. Суммарный риск от воздействия комплекса вредных производственных факторов рассчитан методом умножения вероятностей [7].

Сравнительная характеристика априорного риска нарушений здоровья от воздействия шума и химических веществ воздуха рабочей зоны работников предприятия Тюменской области АО «Самотлорнефтегаз» проводилась с аналогичными профессиональными группами работников (операторы технологических установок, машинисты компрессорных установок и слесари-ремонтники) нефтеперерабатывающего предприятия Ленинградской области ООО «ПО “КИНЕФ”». Всего было включено в анализ 24 рабочих места изучаемых профессиональных групп в компании АО «Самотлорнефтегаз» и 14 рабочих мест на предприятии ООО «ПО “КИНЕФ”».

Климатический регион территории предприятия АО «Самотлорнефтегаз» относится к климатическому поясу II (III) со средней температурой в зимний период –18 °С и средней скоростью ветра из наиболее вероятных величин в зимние месяцы 3,6 м/с. Контрольное предприятие ООО «ПО “КИНЕФ”» относится к III климатическому поясу, где средняя температура воздуха зимних месяцев составляет –9,7 °С и средняя скорость ветра из наиболее вероятных величин в зимние месяцы 5,6 м/с. Для сравнения были взяты расчетные данные априорного риска ООО «ПО “КИНЕФ”» [8].

Проведен дисперсионный анализ для повторных измерений, то есть значения априорного риска нарушений здоровья на одном рабочем месте с увеличением стажа работы [3].

Результаты. Сравниваемые профессиональные группы предприятий (операторы, машинисты и слесари-ремонтники) имеют сходные должностные обязанности и технологические операции. По результатам хронометражных исследований работники двух предприятий имеют однотипные трудовые операции с одинаковой продолжительностью в течение рабочей смены. По времени работы на открытой территории изучаемые рабочие места двух компаний достоверных различий не имели ($p > 0{,}05$).

В ходе исследования проведена оценка условий труда рабочих мест профессиональных групп двух предприятий. По результатам специальной оценки условий труда (СОУТ) на рабочих местах операторов изучаемых предприятий вредный

класс условий труда оценивался как 3.2/3.3 (вредный 2-й или 3-й степени), превалировало воздействие производственного шума (3.1/3.2) и факторов трудового процесса (3.1), воздействие других вредных производственных факторов не превышало установленные нормативы. На рабочих местах машинистов изучаемых предприятий итоговый класс условий труда на рабочих местах данной профессиональной группы оценивался как 3.3 (вредный), такая оценка обусловлена воздействием производственного шума 3.3 (вредный). Воздействие других вредных производственных факторов также не превышает установленные нормативы. Слесари-ремонтники изучаемых предприятий подвергаются воздействию вредных химических веществ, при этом их воздействие не превышает среднесменные и максимальные разовые предельно допустимые концентрации, класс условий труда 2. Как и на других изучаемых профессиональных группах, основным вредным производственным фактором является шум – класс условий труда 3.2 (вредный). Для слесарей-ремонтников двух предприятий характерна работа в неудобной позе, класс условий труда от воздействия факторов трудового процесса 3.1. Воздействие других вредных производственных факторов не превышало установленные гигиенические нормативы, итоговый класс условий труда данной профессиональной группы оценивался как 3.2 (вредный 2-й степени).

Проведена оценка априорного суммарного риска здоровью от воздействия производственных факторов, таких как производственный шум, химические вещества воздуха рабочей зоны и микроклимат открытых производственных площадок на рабочих местах операторов, машинистов технологических установок и слесарей-ремонтников АО «Самотлорнефтегаз» и ООО «ПО “КИНЕФ”», работающих с различными установками.

Эквивалентный уровень звука соответствовал диапазону от 85 до 95 дБ в зависимости от рабочего места. Значения априорного суммарного риска от воздействия производственного шума на рабочих местах операторов, машинистов технологических установок, слесарей-ремонтников АО «Самотлорнефтегаз» и ООО «ПО “КИНЕФ”» варьировались от 0,02 (малозначимый) до 0,29 (значимый) в зависимости от стажа работы и рабочего места.

Значения априорного суммарного риска на рабочих местах операторов, машинистов технологических установок и слесарей-ремонтников двух предприятий от воздействия химических веществ воздуха рабочей зоны варьировались от 0,0000004 до 0,015 в зависимости от стажа работы и рабочего места. Расчетные значения априорного риска оказались малозначимы для развития общих и профессиональных заболеваний даже при большом стаже работы.

Значения априорного суммарного риска на рабочих местах операторов, машинистов технологических установок и слесарей-ремонтников двух предприятий от воздействия микроклимата открытых производственных площадок варьировались от малозначимого до значимого (0,16) в зависимости от стажа работы.

Показатели суммарного риска, значимые для возникновения профессиональных заболеваний от воздействия комплекса вредных производственных факторов (более 16 %), установлены при стаже работы 10 лет на изучаемых рабочих местах двух предприятий.

По результатам дисперсионного анализа выявлены статистически значимые различия значений суммарного риска нарушений здоровья на рабочих местах операторов и машинистов технологических установок: так, при стаже работы один год

(p = 0,022–0,0049), 10 лет (p = 0,011–0,013), 20 лет (p = 0,021–0,052) и 30 лет (p < 0,001) установлено увеличение априорного риска в 1,9; 1,3; 1,4 и 2 раза на рабочих местах операторов и машинистов АО «Самотлорнефтегаз» в сравнении с аналогичными рабочими местами ООО «ПО “КИНЕФ”».

Выявлены статистически значимые различия значений суммарного риска нарушений здоровья на рабочих местах слесарей по ремонту технологических установок со стажем работы 30 лет (p = 0,003). Значения суммарного риска за 30 лет стажа работы на рабочих местах слесарей по ремонту технологических установок АО «Самотлорнефтегаз» были достоверно выше в 1,7 раза, чем на рабочих местах слесарей по ремонту технологических установок ООО «ПО “КИНЕФ”» (рисунок).

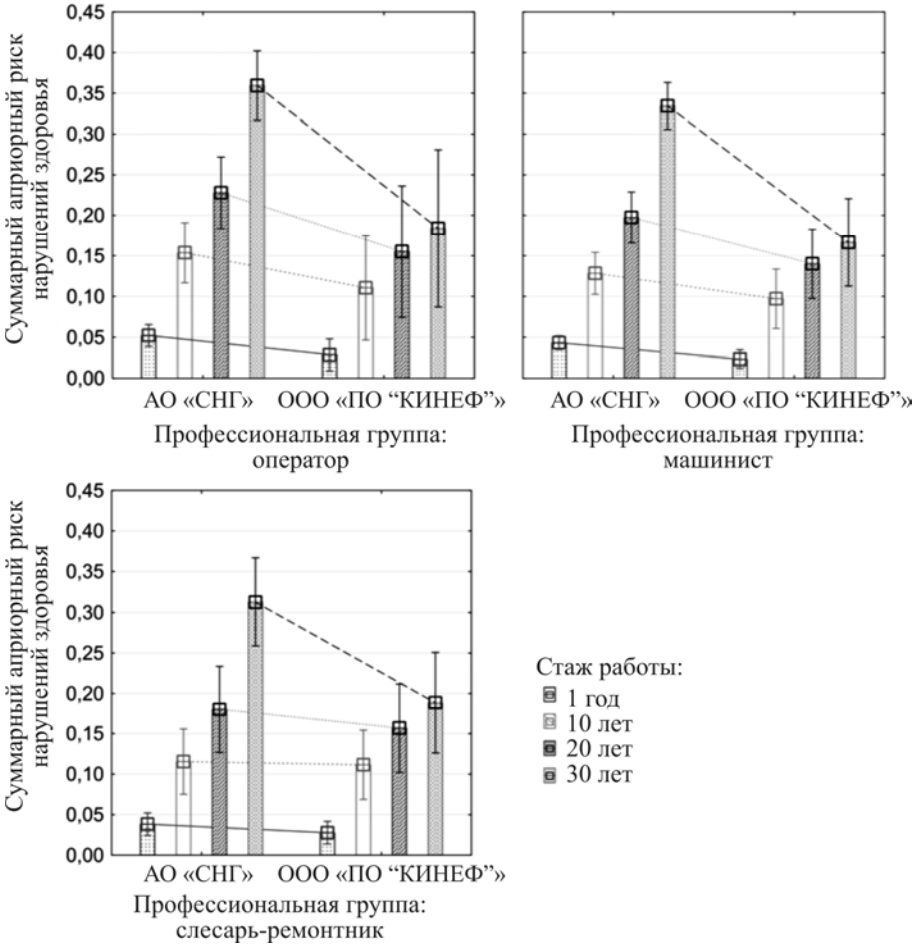


Рис. Значения суммарного априорного риска нарушений здоровья у работников с различным стажем работы компаний АО «Самотлорнефтегаз» (II) и ООО «ПО “КИНЕФ”» (III), расположенных в различных климатических поясах (КП)

Выводы. Таким образом, результаты сравнительной оценки суммарного априорного риска на рабочих местах операторов и машинистов технологических установок слесарей по ремонту технологических установок АО «Самотлорнефтегаз» и ООО «ПО “КИНЕФ”», расположенных в различных климатических поясах, показали, что значения риска нарушений здоровья существенно различаются. Причиной такого различия является наличие охлаждающих метеорологических факторов при выполнении технологических операций на открытой территории, которые усугубляют неблагоприятное воздействие комплекса факторов производственной среды. При идентичных условиях труда, включающих уровень звукового воздействия, продолжительность нахождения на открытой территории, с увеличением стажа работы статистически значимые различия возрастают до 2 раз.

Список литературы

1. Афанасьева Р.Ф., Бурмистрова О.В., Бобров А.Ф. Холод, критерии оценки и прогнозирование риска охлаждения человека // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2006. – № 3 (49). – С. 13–18.

2. Вибрационная болезнь от воздействия локальной вибрации у горнорабочих в условиях Сибири и Севера / О.Л. Лахман, В.Г. Колесов, В.А. Панков [и др.]. – Иркутск: Изд-во Научный центр реконструктивной и восстановительной хирургии Сибирского отделения РАМН, 2008. – 208 с.

3. Гржибовский А.М., Унгуряну Т.Н. Анализ биомедицинских данных с использованием пакета статистических программ SPSS: учебное пособие. – Архангельск: Изд-во Северного государственного медицинского университета, 2017. – 293 с.

4. Заболевания костно-мышечной и периферической нервной систем у нефтяников в условиях сочетанного воздействия вибрации и тяжести трудового процесса / Г.Г. Гимранова, А.Б. Бакиров, Э.Р. Шайхлисламова [и др.] // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 6. – С. 552–555.

5. К вопросу об оценке условий труда на открытой территории в зимний период года / Р.С. Рахманов, Д.А. Гаджиибрагимов, Г.Г. Бахмудов [и др.] // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 4. – С. 424–427.

6. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда [Электронный ресурс] / утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 29.07.2005 г.; введено в действие с 01.11.2005 г. // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_ 85537/ (дата обращения: 26.02.2022).

7. Щербо А.П., Мельцер А.В., Киселев А.В. Оценка риска воздействия производственных факторов на здоровье работающих. – СПб: Терция, 2005. – 116 с.

8. Элиович И.Г., Мельцер А.В. Применение методологии оценки профессионального риска и принципов системы качества ХАССП при разработке программы производственного контроля на крупном промышленном предприятии // Профилактическая и клиническая медицина. – 2019. – № 3 (72). – С. 33–42.

9. An introduction to the universal thermal climate index (UTCI) / K. Błażejczyk, G. Jendritzky, P. Bröde [et al.] // Geographia Polonica. – 2013. – Vol. 1 (86). – P. 5–10.

10. Combined effects of noise, vibration, and low temperature on the physiological parameters of labor employees / P.C. Chao, Y.J. Juang, C.J. Chen [et al.] // Kaohsiung Journal of Medical Sciences. – 2013. – Vol. 29. – P. 560–567.

11. Skin temperature responses to hand-arm vibration in cold and thermoneutral ambient temperatures / H. Pettersson, S. Rissanen, J. Wahlström [et al.] // Industrial Health. – 2018. – Vol. 56. – P. 545–552.

Маркеры риска нарушений сердечно-сосудистой системы у водителей автобусов в условиях хронического производственного стресса

М.М. Некрасова, И.В. Федотова, И.А. Потапова, Т.Н. Васильева, В.П. Телюпина, М.А. Грязнова, Е.Ф. Черникова, Е.М. Жаркова, А.А. Мельникова, Е.В. Моисеева, М.А. Позднякова, Е.С. Жукова, Л.В. Полякова, А.М. Иркаева

ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора,
г. Нижний Новгород, Россия

Проведена оценка влияния нервно-эмоциональных и физических нагрузок, связанных с профессиональной деятельностью, на функциональное состояние и адаптационные возможности организма, риск развития сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) в группе водителей автобусов.

Представлены результаты комплексного обследования 56 стажированных водителей пассажирского автотранспорта с использованием методов вариабельности сердечного ритма (ВСР), определения эритроцитарной активности супероксиддисмутазы (СОД), биоэлементов в сыворотке – цинка и меди, токсиканта – формальдегида (ФА).

У значительной части водителей зарегистрированы модифицируемые и немодифицируемые факторы риска ССЗ и нарастание сердечно-сосудистого риска (ССР) с увеличением стажа ($r = 0{,}56$; $p = 0{,}00001$). Выявлены достоверные взаимосвязи между ССР и параметрами ВСР, адаптационным риском, а также установлены значимые корреляции между исследуемыми параметрами и повышенным уровнем артериального давления (АД). Установлены обратная зависимость между значениями АД и активностью антиоксидантного фермента – эритроцитарной СОД ($r = -0{,}371$; $r = -0{,}264$; $p < 0{,}05$), а также достоверные зависимости от концентрации меди в сыворотке ($r = 0{,}473$; $r = 0{,}305$; $p < 0{,}05$), ФА в крови ($r = 0{,}463$; $p = 0{,}04$).

Найденные маркеры могут быть использованы с целью эффективного мониторинга и коррекции функционального состояния организма в условиях воздействия производственных стресс-факторов.

Ключевые слова: стресс, водители, сердечно-сосудистый риск, адаптационный риск; вариабельность сердечного ритма, супероксиддисмутаза, медь, цинк, формальдегид.

В современной реальности большинство заболеваний человека связано с чрезмерными нагрузками разного характера и нарушениями адаптационных механизмов организма. Немаловажную роль в этом играют факторы риска, воздействующие на работающего человека в производственной среде. В связи с этим в системе профилактических мероприятий по снижению профессиональных рисков и медицинского контроля за состоянием здоровья работающих особую значимость приобретает разработка методов определения функционального статуса организма и прогноз развития компенсаторных нарушений в условиях воздействия вредных и опасных факторов [5, 6, 9, 14, 18]. В настоящее время учеными разрабатываются критерии для оценки адаптационных рисков на основе изучения нейрогуморальной регуляции сердечного ритма у лиц, работающих в условиях производственного стресса [1, 3, 4, 6, 8, 10, 11, 13]. Исследования необходимы для ранней диагностики и профилактики профессионально обусловленной патологии сердечно-сосудистой, нервной систем и других стресс-индуцированных заболеваний.

В соответствие с гигиенической оценкой условия труда водителей характеризуются комплексом таких вредных производственных факторов, как высокое нервно-эмоциональное напряжение, связанное с риском дорожно-транспортных происшествий, физические нагрузки, шум, вибрация, инфразвук, неблагоприятный микроклимат, запыленность, загазованность. По комплексу факторов он оценивается как вредный 2–3-й степени вредности (3.2–3.3). Неблагоприятные условия труда являются причиной высокой распространенности профессиональной и профессионально обусловленной патологии в данной когорте [12, 17, 20]. Авторы исследований отмечают, что водителям автотранспортных средств для поддержания необходимого уровня работоспособности требуется значительное напряжение механизмов регуляции системы кровообращения и мобилизация компенсаторных возможностей организма. Закономерно, что в структуре профессионально обусловленной заболеваемости болезни системы кровообращения занимают первое место, и водителей автотранспорта относят к группе повышенного риска развития ССЗ [6, 17, 20].

Цель исследования – оценка влияния нервно-эмоциональных и физических нагрузок, связанных с профессиональной деятельностью, на функциональное состояние и адаптационные возможности организма, риск развития ССЗ в группе водителей автобусов.

Материалы и методы. В исследовании на основании добровольного информированного согласия приняли участие 56 стажированных водителей автобусов (средний возраст 51,4 ± 8,1 г., средний стаж 24,8 ± 10,3 г.), выполняющие регулярные пассажирские рейсы по городским маршрутам.

Комплексное клиническое амбулаторное обследование водители проходили на базе поликлиники ФБУН ННИИГП Роспотребнадзора, в период которого им проводили измерение систолического и диастолического артериального давления (САД, ДАД), уровня насыщения артериальной крови кислородом (SaO_2, %), определение индекса массы тела (ИМТ), уровня общего холестерина (ОХ), глюкозы натощак, выполнялся общий анализ крови. В сыворотке крови были определены концентрации адаптогенов – микроэлементов цинка (Zn) и меди (Cu), а также токсиканта воздуха рабочей зоны – формальдегида (ФА), анализы выполнялись с использованием стандартных методов – атомно-абсорбционной спектрометрии, высокоэффективной жидкостной хроматографии. В эритроцитах крови определялась активность антиоксидантного фермента супероксиддисмутазы (СОД) по реакции восстановле-

ния нитросинего тетразолия. По результатам клинического обследования оценивали суммарный сердечно-сосудистый риск (ССР) по шкале SCORE. Дополнительно был проведен сравнительный анализ показателей в трех стажевых группах (0–19, 20–29, 30+ лет): в 1-й группе (n = 20) средний стаж работы в профессии составил 13,9 ± 3,9 г.; во 2-й (n = 20) – 25,6 ± 2,7 г.; в 3-й (n = 16) – 37,4 ± 5,6 г.

Состояние вегетативной нейрогуморальной регуляции анализировали по параметрам вариабельности сердечного ритма (ВСР) согласно стандартным методикам [2]. ЭКГ регистрировали с использованием электрокардиографа «ВНС-Ритм» и соответствующего программного обеспечения «Поли-Спектр-Ритм» («Нейрософт», Россия). Из основных временных показателей ВСР анализировали: квадратный корень суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов (RMSSD, мс); стандартное отклонение массива RR-интервалов (SDNN, мс); % пар кардиоинтервалов, различающихся более чем на 50 мс от общего числа в полном массиве (pNN50, %); коэффициент вариации (CV, %). Все разностные показатели в той или иной мере отражают активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы и относятся к автономному контуру управления. Из частотных (спектральных) показателей анализировали общую мощность спектра ВСР (TP) в диапазоне 0,003–0,4 Гц, мощность очень низких частот (VLF) (0,003–0,04 Гц), низких частот (LF) (0,04–0,15 Гц), высоких частот (HF) (0,15–0,4 Гц), индекс вегетативного баланса – отношение мощности низких частот к мощности высокочастотной части спектра (LF/HF). А также величины волновой структуры синусового ритма (соотношение в процентах): VLF %, LF %, HF %. Было проведено определение основных характеристик вариационной кривой: Мо (мода) – наиболее часто встречающееся в данном динамическом ряде значение кардиоинтервала, Амо (амплитуда моды) – число кардиоинтервалов, соответствующих значению моды, в % к объему выборки. По данным вариационной пульсометрии вычислялся индекс напряжения регуляторных систем (ИН, или стресс-индекс), характеризующий активность механизмов симпатической регуляции [2].

На основе зарегистрированных показателей по методике Р.М. Баевского (2016) вычисляли адаптационный риск (АР), степень напряжения (СН) и функциональные резервы (ФР) регуляторных систем при использовании дискриминантной модели и оценки вероятности развития функциональных состояний (норма, донозологические, преморбидные, патологические) [3]. Степень напряжения регуляторных механизмов и их функциональные резервы рассчитывали по формулам, используя зарегистрированные значения параметров ВСР:

$$СН = 0{,}140 \cdot ЧСС - 0{,}165 \cdot ИН - 1{,}293 \cdot pNN50 - 0{,}623 \cdot HF\ \%;$$

$$ФР = -0{,}112 \cdot ЧСС - 1{,}006 \cdot ИН - 0{,}047 \cdot pNN50 - 0{,}086 \cdot HF\ \%.$$

Исследование включало анкетный опрос водителей по оценке условий труда, уровня работоспособности по опроснику «Дифференцированной оценки состояний сниженной работоспособности» – ДОРС (А.Б. Леоновой, С.Б. Величковской), уровня личностной и ситуативной тревожности (ЛТ, СТ) по стандартным опросникам Спилбергера – Ханина и шкале госпитальной тревоги и депрессии Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS).

Данное исследование не ущемляло права и не подвергало опасности благополучие обследованных лиц в соответствии с требованиями биомедицинской эти-

ки, предъявляемыми Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (2000) и Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 № 266, было одобрено этическим комитетом ФБУН ННИИГП Роспотребнадзора.

Для статистической обработки использовали пакет программ Statistica v.12, оценку взаимосвязей между показателями проводили с использованием коэффициента корреляции Спирмена (*r*), в анализ включали статистически значимые результаты при $p < 0{,}05$.

Результаты. Режим работы водителей представлен в основном двумя видами графиков: 1-й – два дня рабочих и два дня выходных – у 41 %; 2-й – пять дней рабочих и один выходной – у 48,2 %. Психодиагностическое обследование показало высокий уровень тревожности у 53 % респондентов (ЛТ по тесту Спилбергера – Ханина выше 33 баллов, среднее значение 43,9 ± 7,3 балла). По шкале HADS субклиническую тревогу (от 8 до 10 баллов) диагностировали у 17 % водителей, депрессию – у 13,2 %. Сниженный уровень работоспособности, согласно методике ДОРС, регистрировали по индексу стресса (от 17 до 26 баллов) у 66 % респондентов, индексу монотонии (16–29) – у 88,7 %, индексу пресыщения (17–30) – у 52,8 %, индексу утомления (16–27) – у 50,9 %. Согласно данным анкетного опроса водители связывают состояние утомления и хронического производственного стресса с нервно-эмоциональным напряжением, сложными ситуациями на дороге, высокой личной ответственностью, монотонностью, шумом, вибрацией, длительным зрительным напряжением и нахождением в фиксированной рабочей позе «сидя» (рис. 1).

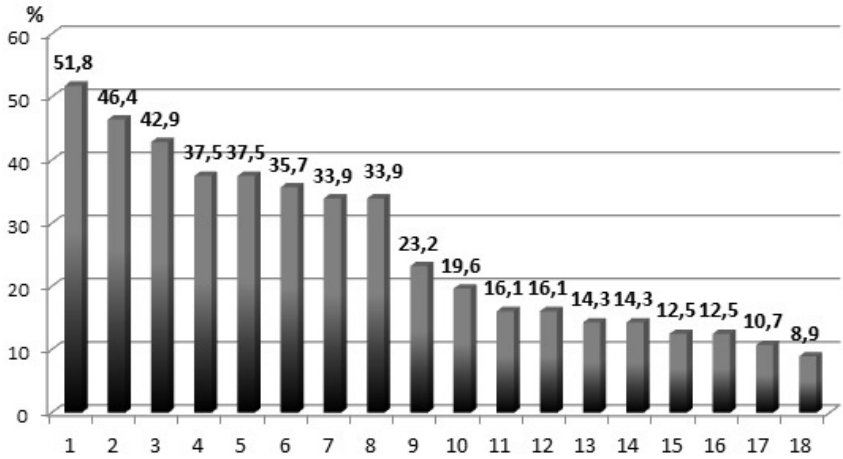


Рис. 1. Факторы производственной среды и трудового процесса, влияющие на развитие утомления по данным анкетного опроса водителей автобусов: *1* – работа в позе «сидя»; *2* – шум; *3* – зрительное напряжение; *4* – высокое нервно-эмоциональное напряжение; *5* – сложные ситуации на дороге; *6* – вибрация; *7* – личная ответственность; *8* – монотонность; *9* – доступность полноценного питания; *10* – длительного сосредоточенного наблюдения; *11* – дефицит времени; *12* – недостаточность отдыха; *13* – конфликтные ситуации с пассажирами; *14* – график работы; *15* – риск заражения инфекцией; *16* – загрязненность воздуха; *17* – неудобно оборудованное рабочее место; *18* – микроклимат

У обследуемых водителей автобусов были зарегистрированы факторы риска, применяемые для стратификации ССР: курение в 50,0 % случаев; ОХ более 4,9 ммоль/л в 73,6 % случаев; избыточная масса тела (25–29,9 кг/м^2) в 35,7 % и ожирение различной степени выраженности (ИМТ ≥ 30 кг/м^2) в 30,4 %, абдоминальное ожирение (увеличение окружности талии более 94 см) в 67,9 %, гипергликемия натощак (увеличение концентрации в крови более 6,1 ммоль/л) в 26,4 % случаев. Зарегистрирован сахарный диабет 2-го типа у 4 человек, у одного – нарушение толерантности к глюкозе.

Более трети (34 %) лиц относятся к старшей возрастной группе (возраст 55 лет и более). У 32,1 % работников диагностирована артериальная гипертония 1–2-й степени. При обследовании повышенное «офисное» АД (САД ≥ 140 мм рт. ст., ДАД ≥ 90 мм рт. ст.) было зафиксировано у 33 водителей (58,9 %). Средние групповые значения превышали норму и составили: САД – 141,5 ± 15,8 мм рт. ст., ДАД – 93,5 ± 10,8 мм рт. ст.

Таким образом, сочетание модифицируемых и немодифицируемых факторов риска ССЗ регистрируется у значительной части водителей автобусов.

Результаты оценки суммарного ССР по шкале SCORE показали, что из 53 водителей низкий ССР (риск SCORE < 1 %) установлен всего у 3 человек (5,7 %); средний риск определен у 30 (56,6 %); высокий – у 16 (30,2 %), очень высокий – у 4 (7,5 %) водителей. С увеличением возраста и стажа ССР достоверно повышается ($r = 0{,}81$; $p = 0{,}00000$; $r = 0{,}56$; $p = 0{,}00001$). Результаты однофакторного дисперсионного анализа ANOVA указывают на значимые межгрупповые различия ($F = 9{,}5035$; $p = 0{,}00033$) по средним величинам ССР в трех стажевых группах. Работники с высоким ССР были зарегистрированы во всех стажевых группах, процентное соотношение лиц по категориям ССР представлены на рис. 2.

При выполнении корреляционного анализа выявлены достоверные взаимосвязи между ССР и адаптационным риском (АР), а также основными показателями ВСР (таблица). Характер зависимостей указывает на увеличение ССР при снижении адаптационных возможностей организма, на что указывает снижение функциональных резервов, увеличение индекса напряжения регуляторных систем.

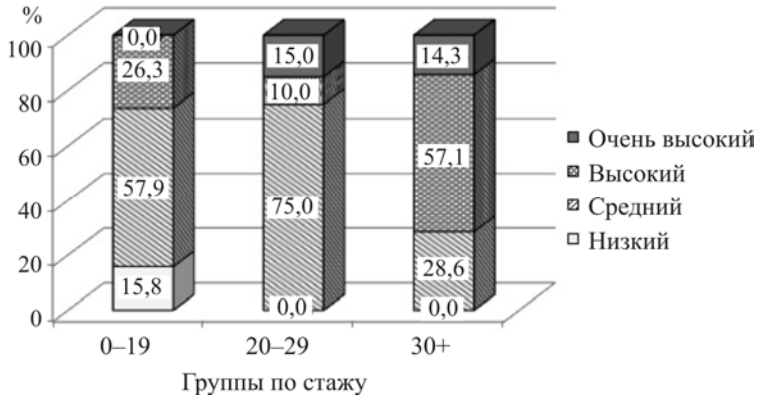


Рис. 2. Распределение работников по категориям ССР в группах по стажу

Значимые корреляции между сердечно-сосудистым риском (ССР по шкале SCORE) и адаптационным риском (АР), показателями ВСР

Показатели оценки ФС, с которыми установлена взаимосвязь ССР	Значение коэффициента корреляции Спирмена	*p*
Величины адаптационного риска (АР) по методике Р.М. Баевского		
Адаптационный риск	0,3064	0,0287
Индекс напряжения регуляторных систем (ИН)	0,3277	0,0189
Функциональные резервы	-0,2843	0,0432
Параметры ВСР		
SDNN, мс	-0,4414	0,0011
RMSSD, мс	-0,4353	0,0013
pNN50, %	-0,4399	0,0011
CV, %	-0,4280	0,0016
TP, мс^2	-0,4157	0,0024
VLF, мс^2	-0,3269	0,0192
LF, мс^2	-0,3847	0,0053
HF, мс^2	-0,4689	0,0005
LF norm, n.u.	0,2910	0,0383
HF norm, n.u.	-0,2910	0,0383
HF %	-0,2924	0,0374
LF/HF	0,2921	0,0376

С увеличением стажа установлено статистически значимое возрастание индекса вегетативного баланса (LF/HF, $r = 0,27$; $p = 0,04$), что связано с достоверным угнетением парасимпатической регуляции ВСР (по показателям HF %, $r = –0,34$; $p = 0,03$).

Возрастание доли медленных гуморально-метаболических влияний (по показателю VLF %, $r = 0,3$; $p = 0,026$), снижение парасимпатических влияний (по показателям – RMSSD, pNN50 %, HF %, HF мс^2, $r = –0,43$; $p = 0,001$), повышение индекса вегетативного баланса (LF/HF, $r = 0,3$; $p = 0,028$; $r = 0,45$; $p = 0,0006$) статистически значимо связано с увеличением значений ИМТ, ОТ, что свидетельствует о патологическом характере изменений в структуре нейрогуморальной регуляции сердечного ритма и ассоциируется с развитием дисметаболических процессов.

Высокие уровни адаптационного риска (более 3 баллов) были определены у 36 % водителей. Возможность применения персонифицированного подхода позволяет сформировать группы повышенного риска для разработки соответствующих профилактических мероприятий.

С целью выявления патогенетических механизмов были установлены значимые корреляции при сопоставлении значений показателей артериального давления с уровнями содержания меди, цинка, формальдегида в сыворотке крови и супероксиддисмутазы в эритроцитах (рис. 3). Установленные закономерности указывают на характер вовлечения в механизмы адаптации изученных факторов, которые могут быть предложены в качестве маркеров степени нарушения компенсаторных реакций, связанных с риском развития ССЗ.

Выявленные зависимости уровня ДАД от стажа, повышения индексов стресса и монотонии по ДОРС указывают на профессионально обусловленный характер регистрируемых неблагоприятных сдвигов в состоянии здоровья водителей, что также является обоснованием для разработки профилактических мероприятий по улучшению условий труда и снижению производственного стресса. Обращает на

себя внимание значительное количество установленных корреляционных зависимостей уровня ДАД от параметров, характеризующих нейрогуморальную регуляцию сердечного ритма и являющихся маркерами дезадаптации. В соответствии с данными закономерностями есть основание предполагать, что изменение структуры ВСР с помощью лекарственных препаратов, немедикаментозных средств и мероприятий, направленных на повышение функциональных резервов сердечно-сосудистой системы, включая лечебную физическую культуру, отказ от вредных привычек, повышение стрессоустойчивости, может являться одним из способов коррекция предпатологических состояний [7, 17].

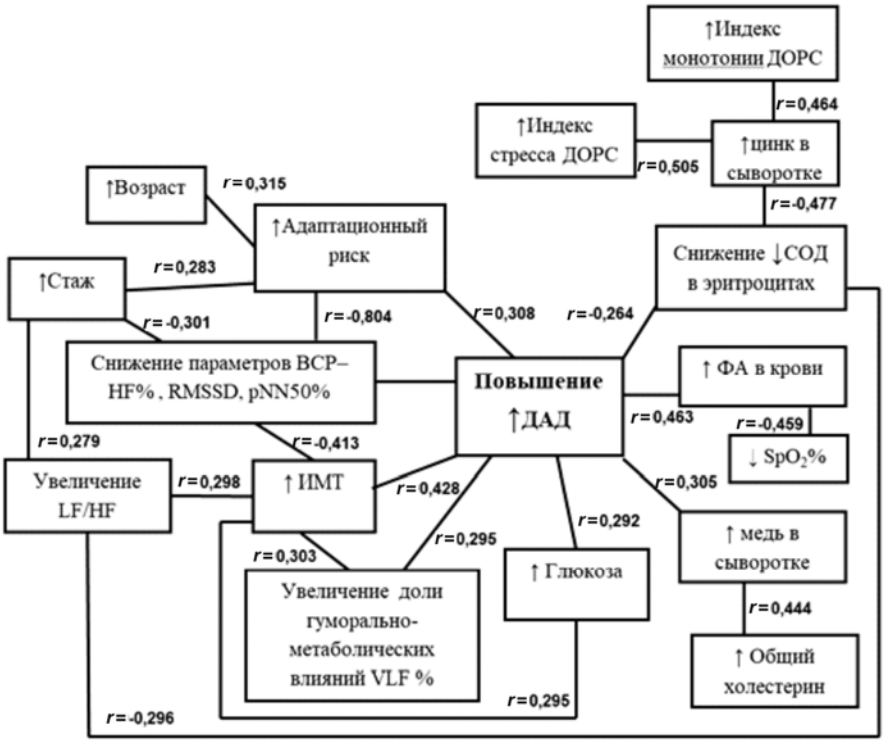


Рис. 3. Схема значимых корреляционных взаимосвязей (по коэффициенту Спирмена – *r*) функциональных, клинико-лабораторных, психофизиологических показателей при повышении уровня диастолического артериального давления (ДАД): ФА – формальдегид; СОД – супероксиддисмутаза; LF/HF, HF %, RMSSD, pNN50 %, VLF % – параметры вариабельности сердечного ритма (ВРС); ИМТ – индекс массы тела; SaO_2 % – уровень насыщения артериальной крови кислородом; ДОРС – дифференцированная оценка состояний сниженной работоспособности

При анализе факторов, связанных с повышением уровня систолического давления, отмечено наличие достоверных взаимосвязей с признаками нарушения слуха (рис. 4). Полученные данные согласуются с результатами исследований других авторов по изучению влияния САД и показателей гемодинамики на развитие нейросенсорной тугоухости [21].

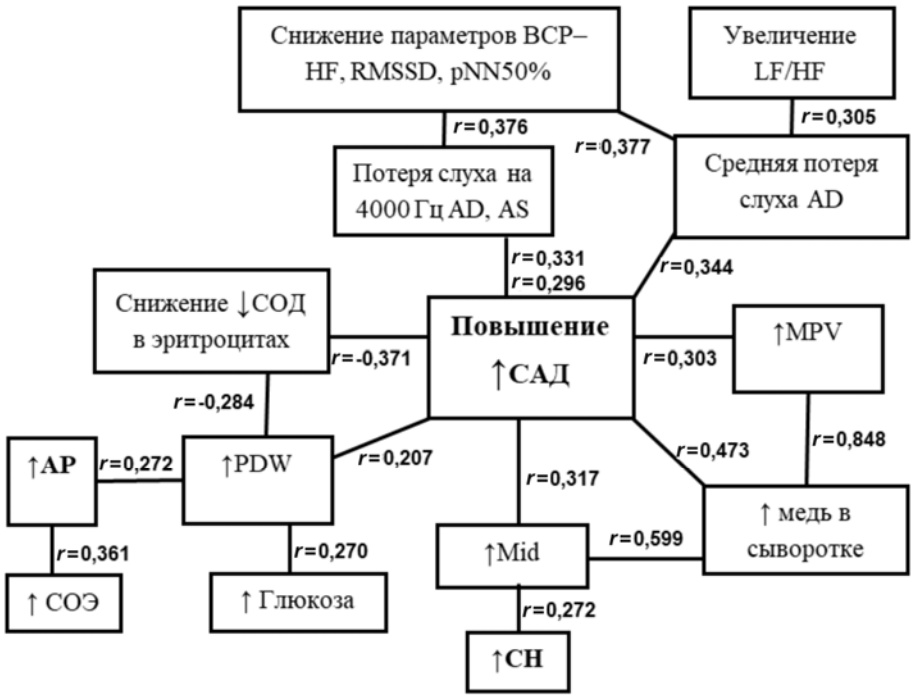


Рис. 4. Патофизиологические взаимосвязи между функциональными, клинико-лабораторными показателями при повышении уровня систолического артериального давления (САД): ФА – формальдегид; СОД – супероксиддисмутаза; LF/HF, HF, RMSSD, pNN50 % – параметры вариабельности сердечного ритма (ВРС); PDW – относительная ширина распределения тромбоцитов по объему; MPV – средний объем эритроцита; Mid – содержание смеси моноцитов, эозинофилов, базофилов и незрелых клеток; СОЭ – скорость оседания эритроцитов; АР – адаптационный риск; СН – степень напряжения регуляторных систем

В настоящее время специалистами принято рассматривать окислительный стресс как один из потенциальных общих патологических механизмов, индуцирующих развитие сердечно-сосудистых заболеваний [22, 23]. По результатам нашего исследования подтверждением того, что активизации процессов окислительного стресса способствует развитию АГ, являются установленные обратная зависимость между зарегистрированными значениями АД и активностью антиоксидантного фермента – эритроцитарной СОД, а также достоверные зависимости от концентрации цинка и меди – элементов, входящих, в том числе, в состав [Cu-Zn]-СОД (медь/цинк зависимой супероксиддисмутазы). По мнению ряда авторов, цинк и медь как важные составляющие элементы ферментативных систем организма могут быть вовлечены в патогенез гипертонии, поэтому необходимо проведение исследований по поиску ассоциаций содержания данных элементов с факторами риска ССЗ [24].

Были также определены взаимосвязи, которые указывают на изменение функциональной активности форменных элементов крови при синдроме артериальной гипертензии, этот факт подтверждается и данными литературы [19]. Полу-

ченные результаты, в частности, свидетельствуют об увеличении фракции незрелых клеток крови, смеси моноцитов, эозинофилов, базофилов при росте степени напряжения регуляторных систем, что сопровождается повышением САД. Данная проблема представляет интерес с точки зрения определения ранних маркеров ССЗ и требует дальнейшего изучения.

Выводы. При проведении углубленного обследования стажированных водителей автобусов выявлены неблагоприятные изменения состояния здоровья, которые указывают на напряжение механизмов адаптации организма в условиях хронического производственного стресса. Более чем у трети работников регистрируются высокий адаптационный и сердечно-сосудистый риск. Были определены значимые биомаркеры, которые целесообразно контролировать при медицинских осмотрах у работников, профессиональная деятельность которых характеризуется значительными уровнями стресс-факторов. Обнаруженные закономерности позволят повысить эффективность мониторинга индивидуальных реакций организма на производственный стресс и будут являться дополнительной характеристикой для оценки риска. Также полученные сведения о взаимосвязях параметров ВСР, адаптационного риска и уровня ССР могут быть полезны при проведении перспективных исследований по изучению факторов, изменяющих структуру ВСР, с помощью технологии биологической обратной связи с целью улучшения параметров регуляторных систем и состояния организма в целом.

Список литературы

1. Адаптивные возможности медицинского персонала акушерско-гинекологического профиля / Е.П. Котелевец, В.А. Кирюшин, Н.И. Прохоров [и др.] // Гигиена и санитария. – 2020. – Т. 99, № 1. – С. 56–62.

2. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем: метод. рекомендации / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов, Л.В. Чирейкин [и др.] // Вестник аритмологии. – 2001. – № 24. – С. 65–87.

3. Баевский Р.М., Орлов О.И. Методы и приборы космической кардиологии на борту Международной космической станции: монография // Гос. науч. центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН. – М.: Техносфера, 2016. – 368 с.

4. Беляева В.А. Предэкзаменационный стресс как фактор риска нарушений функций сердечно-сосудистой системы у студентов с разным метаболическим статусом // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 4. – С. 147–155.

5. Информативные изменения показателей гомеостаза для оценки индивидуального риска адаптационных нарушений у работников химической промышленности / Г.В. Тимашева, Л.М. Масягутова, Э.Т. Валеева [и др.] // Клиническая лабораторная диагностика. – 2019. – Т. 64, № 1. – С. 29–31.

6. Использование принципов донозологической диагностики для оценки функционального состояния организма при стрессорных воздействиях (на примере водителей автобусов) / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева, Е.Ю. Берсенев [и др.] // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 1. – С. 41–51.

7. Мелентьев А.В. Подходы к профилактике кардиоваскулярного риска у рабочих промышленных предприятий // Здоровье населения и среда обитания. – 2012. – № 9. – С. 12–14.

8. Мелентьев А.В., Серебряков П.В., Жеглова А.В. Влияние шума и вибрации на нервную регуляцию сердца // Медицина труда и промышленная экология. – 2018. – № 9. – С. 19–23.

9. Мешков Н.А., Рахманин Ю.А. Методологические аспекты гигиенической оценки адаптивной реакции организма на влияние факторов профессиональной деятельности в системе оценки риска // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100, № 4. – С. 387–395.

10. Особенности нейрогенных механизмов развития артериальной гипертензии у работников шахт по добыче хромовой руды / О.Ю. Устинова, А.Е. Носов, А.С. Байдина [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59. – С. 956–959.

11. Особенности стажевой динамики вариабельности ритма сердца у работников предприятия по переработке калийной руды / А.Е. Носов, Н.В. Зайцева, В.Г. Костарев [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2021. – Т. 61, № 7. – С. 442–450.

12. Прокопенко Л.В., Кравченко О.К., Курьеров Н.Н. Проблемы регламентации воздействия шумовибрационных факторов на водителей автотранспортных средств и меры профилактики // Медицина труда и промышленная экология. – 2017. – № 9. – С. 158–159.

13. Распространенность факторов риска у людей с артериальной гипертензией, подверженных профессиональной стрессогенной нагрузке / А.И. Телегина, Р.А. Лиферов, А.Я. Фисун [и др.] // Клиническая медицина. – 2017. – Т. 95, № 6. – С. 535–544.

14. Риски развития сердечно-сосудистых заболеваний и профессиональный стресс / З.Ф. Гимаева, Л.К. Каримова, А.Б. Бакиров [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 1. – С. 106–115.

15. Риск развития синдрома артериальной гипертензии у работников подземного труда при трансформации психовегетативного статуса / Н.Н. Малютина, С.В. Парамонова, Н.С. Сединина [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 4. – С. 100–108.

16. Смирнов А.С., Красноперова Т.В., Котелевская Н.Б. Влияние занятий адаптивной физической культурой на динамику параметров вариабельности сердечного ритма у лиц после инсульта // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2020. – № 7. – С. 354–360.

17. Федотова И.В., Бобоха М.А., Некрасова М.М. Профессиональная обусловленность хронической патологии у водителей автобусов // Российская гигиена – развивая традиции, устремляемся в будущее: мат. XII Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей / под ред. А.Ю. Поповой, В.Н. Ракитского, Н.В. Шестопалова. – М.: Изд.-торговая корпорация «Дашков и К», 2017. – С. 660–663.

18. Физиологические критерии в совершенствовании классификации напряженности труда для задач оценки профессионального риска / И.В. Бухтияров, О.И. Юшкова, М. Ходжиев [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 1. – С. 90–99.

19. Форменные элементы крови и их влияние на состояние липидного спектра у женщин с эссенциальной гипертонией / Б.И. Кузник, Е.С. Гусева, С.О. Давыдов [и др.] // Российский кардиологический журнал. – 2020. – Т. 25, № 3. – С. 63–67.

20. Формирование метаболического синдрома как фактора риска патологии системы кровообращения у водителей / А.А. Воробьева, Е.М. Власова, В.В. Шевчук [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2016. – № 12. – С. 5–10.

21. Экстраауральные эффекты при профессиональной тугоухости / И.Н. Федина, Е.А. Преображенская, П.В. Серебряков [и др.] // Гигиена и санитария. – 2018. – Т. 97, № 6. – С. 531–536.

22. Impact of Oxidative Stress on the Heart and Vasculature: Part 2 of a 3-Part Series / T. Münzel, G.G. Camici, C. Maack, N.R. Bonetti [et al.] // J. Am. Coll. Cardiol. – 2017. – Vol. 70, № 2. – P. 212–229.

23. Senoner T., Dichtl W. Oxidative Stress in Cardiovascular Diseases: Still a Therapeutic Target? // Nutrients. – 2019. – Vol. 11, № 9. – P. 2090. DOI: 10.3390/nu11092090

24. Zinc, copper, and blood pressure: Human population studies / W.E. Carpenter, D. Lam, G.M. Toney [et al.] // Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research. – 2013. – № 19. – P. 1–8. DOI: 10.12659/msm.883708

Состояние и перспективы анализа атрибутивного риска потери слуха от шума на рабочем месте

Л.В. Прокопенко, Н.Н. Курьеров, А.В. Лагутина, Е.С. Почтарева

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова»,
г. Москва, Россия

Объектом исследования являлся риск потери слуха от воздействия производственного шума. Исследование выполнено с целью анализа атрибутивного риска потерь слуха при воздействии различных уровней шума с учетом пола, возраста, стажа для разработки адекватных мер профилактики. Выполнено экспертно-аналитическое исследование и проведены расчеты атрибутивного риска потерь слуха.

Использовалась разработанная авторами технология расчетного метода определения порогов слуха, основанная на модели третьей редакции стандарта ISO 1999 с учетом пола, возраста, стажа и стажевой экспозиции шума, реализованная в виде связанных таблиц MS Excel, которые включают расчетные коэффициенты, формулы расчета изменений порогов слуха с возрастом и при действии шума у различных процентилей популяции мужчин и женщин, критериальные величины и результаты расчетов в числовом и графическом видах. В результате выполненных исследований научно обосновано приоритетное применение атрибутивного риска (по сравнению с относительным риском и др.) как наиболее адекватного показателя вероятности развития потери слуха, учитывающего не только возрастные изменения слуховой функции, но и воздействие шума. Апробирована математическая модель на основе стандартов ISO 7029 и ISO 1990, позволяющая рассчитать групповой атрибутивный риск потери слуха в популяции.

Разработанная технология расчета позволяет производить вычисления группового атрибутивного риска потери слуха практически в реальном времени. Научно обоснован оптимальный критерий состояния слуховой функции для оценки атрибутивного риска потери

слуха при действии шума – среднее значение порога слуха на аудиометрических частотах 0,5; 1,0; 2,0 и 3,0 кГц, равное 30 дБ. Атрибутивный риск использован для обоснования гигиенических критериев и классификации условий труда по шуму.

Предложены перспективные направления исследований по управлению риском.

Ключевые слова: атрибутивный риск, аудиометрические частоты, пороги слуха, критерии потери слуха, математическая модель, технология расчета.

В медицине труда из многообразия существующих мер риска чаще всего используют следующие его показатели: относительный риск (*RR*), отношение шансов (*OR*), этиологическую долю (*EF*).

Учитывая специфику прогнозирования изменений порогов слуха (ПС), обусловленных как возрастом, так и воздействием шума, были разработаны соответствующие математические модели и расчетные методы, отраженные в серии международных стандартов ISO 7029 и ISO 1999, изданных в разные годы [11, 13, 23, 25–30].

Положения этих стандартов действуют в нашей стране с принятием ГОСТ Р ИСО 7029-2011 и ГОСТ Р ИСО 1999-2017[1].

Модель стандарта ISO 1999: 201[2] позволяет рассчитать вероятность потери слуха для определенных квантилей популяции в зависимости от пола, возраста, стажа работы и стажевой экспозиции шума. При этом для разных аудиометрических частот и их комбинаций пороги слуха и, соответственно, расчетные значения квантиля (процентиля) популяции могут быть различны.

Возможно также решение и обратной задачи – определение порогов слуха для различных квантилей (процентилей) популяции в зависимости от пола, возраста, стажа и стажевой экспозиции шума.

По модели стандартов ISO 7029[3] (ГОСТ Р ИСО 7029-2011) возможен расчет потери слуха в зависимости от возраста для неэкспонированных шумом групп популяции.

С учетом международного опыта и результатов проведенных исследований в нашей стране разработан и утвержден ряд методических документов, в которых изложены общие принципы анализа риска, показатели и критерии оценки профессионального риска (ПР), категории доказанности риска, гигиенические критерии с категорированием профессионального риска по классам условий труда, одночисловые индексы условий труда и нарушений здоровья, индексы профзаболеваний и болезней, связанных с работой, и др. [2, 5, 7].

Например, в методических рекомендациях [5] описан метод расчета вероятности порогов слуха (среднее арифметическое значение порога слуха на частотах 0,5; 1,0 и 2,0 кГц), связанных с возрастом и шумом, для популяции, подверженной

[1] ГОСТ Р ИСО 7029-2011. Акустика. Статистическое распределение порогов слышимости в зависимости от возраста человека / утв. и введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 16 ноября 2011 г. № 552-ст. – М.: Стандартинформ, 2012. – 10 с.; ГОСТ Р ИСО 1999-2017. Акустика. Оценка потери слуха вследствие воздействия шума / утв. и введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 октября 2017 г. № 1435-ст. – М.: Стандартинформ, 2017. – 20 с.

[2] ISO 1999:2013. Acoustics – Estimation of noise-induced hearing loss // International Organization for Standardization. – 23 p.

[3] ISO 7029:2000. Acoustics – Statistical distribution of hearing thresholds related to age and gender (revised by ISO 7029:2017) // International Organization for Standardization. – 9 p.

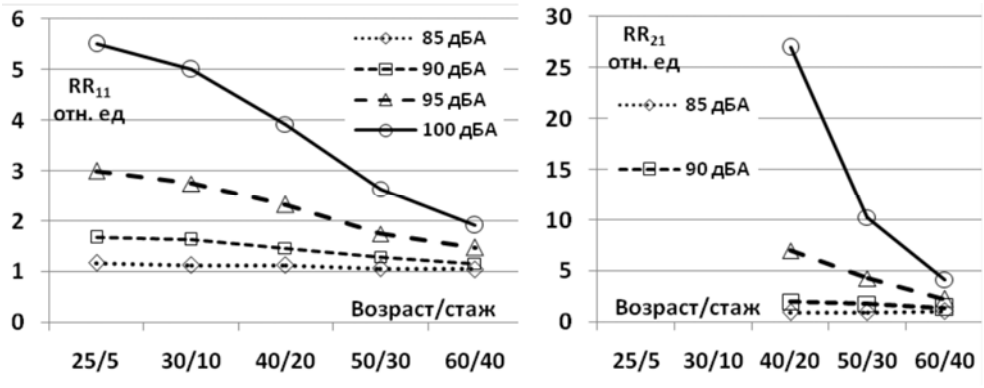
шуму, по модели второй редакции стандарта ISO 1999:1990[4], и порядок оценки потери слуха по результатам аудиометрического исследования по критериям ГОСТ 12.4.062-78[5].

Фактически в этих рекомендациях термин «вероятность» соответствует понятию «абсолютный риск», который определяет частоту возникновения заболевания в данной популяции, т.е. вероятность заболевания, в нашем случае – риск потери слуха соответствующей степени от любых причин.

Вероятность потери слуха именно от шума определяет атрибутивный (избыточный) риск ($AR_{ПС}$) [9], который численно равен разности абсолютных рисков в однородных популяционных группах лиц, подверженных и неподверженных действию шума.

В англоязычной литературе используется термин Excess risk [10, 12, 15, 20]. Величина атрибутивного (избыточного) риска потери слуха более выражена на аудиометрических частотах 3,0 и 4,0 кГц, что связано с более ранней потерей слуха на этих частотах по сравнению с частотами 0,5; 1,0 и 2,0 кГц [10, 12].

Атрибутивный (избыточный) риск оценки потери слуха от шума имеет определенные преимущества перед другими показателями риска, такими как относительный риск (*RR*) и этиологическая доля (*EF*). С возрастом, несмотря на растущие абсолютные потери слуха, доля возрастных изменений порогов слуха в общей картине увеличивается, соответственно величина относительного риска падает на фоне прогрессирующей потери слуха (рис. 1).



а *б*

Рис. 1. Изменение величины атрибутивного риска потери слуха с возрастом от воздействия шума различных уровней для средних значений порогов слуха на частотах 0,5, 1,0 и 2,0 кГц, равных 11 дБ (*а*) и 21 дБ (*б*)

[4] ISO 1999:1990. Acoustics – Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment (revised by ISO 1999:2013) // International Organization for Standardization. – 17 p. (аналог в США – ANSI S3.44-1996).

[5] ГОСТ 12.4.062-78. ССБТ. Шум. Методы определения потерь слуха человека. – М.: Издательство стандартов, 1979. – 5 с. (отменен в 1985 г., однако критерии потерь слуха в сравнительном аспекте используются в научно-исследовательских разработках).

По шкале оценки степени причинно-следственной связи заболевания с работой по показателю относительного риска [7] установить профессиональное заболевание – сенсоневральную тугоухость (СНТ) у работника в возрасте 60 лет, проработавшего 40 лет в шуме 100 дБА, не представляется возможным, так как величина RR будет меньше 5 (см. рис. 1). Для подтверждения наличия связи заболевания с профессией величина относительного риска *RR* должна быть более 5.

Следовательно, относительный риск не всегда адекватно отражает степень причинно-следственной связи с работой в случае действия шума, возможно, из-за того, что потеря слуха имеет двухфакторную природу – от возраста и шума, а зависимость роста потерь слуха от каждого фактора разная [4].

Цель исследования – анализ атрибутивного риска потерь слуха при воздействии различных уровней шума с учетом пола, возраста, стажа для разработки адекватных мер профилактики.

Материалы и методы. Расчетный метод определения порогов слуха с учетом пола, возраста, стажа и стажевой экспозиции шума основан на модели третьей редакции стандарта ISO 1999. Метод реализован в виде связанных таблиц MS Excel, которые включают расчетные коэффициенты, формулы расчета изменений порогов слуха с возрастом и при действии шума у различных процентилей популяции мужчин и женщин, критериальные величины и результаты расчетов в числовом и графическом видах.

Для расчетов использован расширенный диапазон множителя, соответствующий нормальному распределению в диапазоне процентилей 1,0–99,0 % популяции при различном возрасте / стаже и при действии шума различных уровней с шагом в 1,0 %. Далее определялись процентили популяции, подверженных ($Q_П$) и не подверженных ($Q_{НП}$) действию шума, для различных критериев потерь слуха, например, соответствующих диагностике сенсоневральной тугоухости 1-й и 2-й степеней по [8] и др. (рис. 2).

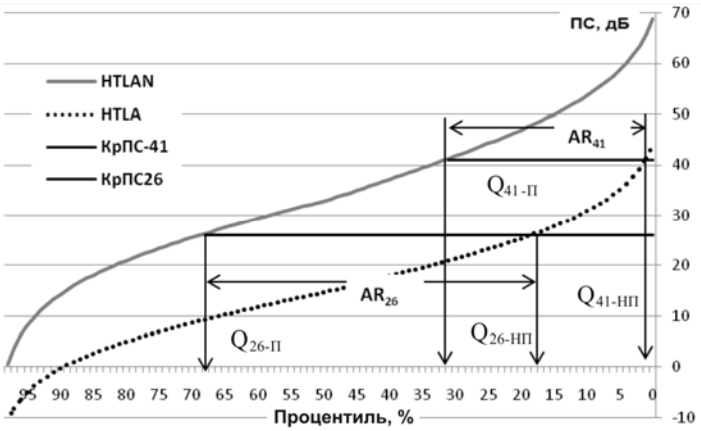


Рис. 2. Определение процентилей популяции *Q* мужчин в возрасте 60 лет со стажем работы 40 лет, не подверженных (HNLA) и подверженных (HTLAN) действию шума 100 дБА, для критериев тугоухости – порогов слуха на частотах 0,5; 1,0; 2,0 и 4,0 кГц, равных 26 дБ (КрПС-26 дБ) и 41 дБ (КрПС-41 дБ), и группового атрибутивного риска потери слуха (AR_{HL})

Результаты. Учитывая, что величина атрибутивного риска зависит от используемого критерия потери слуха и принятой для расчета математической модели, большое значение имеет определение оптимального критерия потери слуха.

Как известно, в качестве критерия потери слуха обычно применяют средние значения порогов слуха для определенного набора аудиометрических частот (табл. 1).

Таблица 1

Критерии оценки ранних признаков нарушения слуховой функции, потери слуха от шума и оценки атрибутивного риска (по данным зарубежных авторов)

Перечень профзаболеваний, Франция, 2003 г. [24]	NIOSH, 1972 г. [10]	NIOSH, 1972 г. [10]	NIOSH, 1997 г. (пересмотр) [10]	ACGIH, 1997 г. [14]	ILO – 2013 г. Руководство по профотбору [18]
Критерий для оценки профессиональной тугоухости	Критерий для оценки атрибутивного (избыточного) риска			Критерий для оценки состояния слуха	
Средние значения порогов слуха на аудиометрических частотах					
На 0,5; 1,0; 2,0 и 4,0 кГц не менее 35 дБ	На 0,5; 1,0 и 2,0 кГц 25 дБ	На 1,0; 2,0 и 3,0 кГц 25 дБ	На 1,0; 2,0; 3,0 и 4,0 кГц 25 дБ	На 0,5; 1,0; 2,0 и 3,0 кГц более 25 дБ	На 0,5; 1,0; 2,0 и 3,0 кГц более 25 дБ

В исследованиях зарубежных авторов приводятся результаты расчетов атрибутивного (избыточного) риска потери слуха для разных критериев – средних значений порогов слуха на аудиометрических частотах 0,5–2,0; 1,0–3,0 и 1,0–4,0 кГц, равного 25 дБ [10]; на аудиометрических частотах 1,0–4,0; 1,0–3,0; 0,5; 1,0 и 2,0; 3,0; 4,0 и 6,0 кГц [17], и 3,0; 4,0 и 6,0 кГц [16], равные 25 дБ.

Целевая группа ASHA[6] рекомендовала для расчета атрибутивного риска потери слуха использовать в качестве критерия тугоухости средние значения порогов слуха на частотах 1,0; 2,0; 3,0 и 4,0 кГц, составляющие 25 дБ (нижняя граница) и 75 дБ (верхняя граница), что соответствует нулевой и стопроцентной вероятности нарушения слуха [10].

В Российской Федерации за последнее десятилетие критерии определения состояния слуховой функции неоднократно изменялись. До 2012 г. действовали МР МЗ СССР № 10-11/46[7], которые фактически повторяли критерии тугоухости по ГОСТ 12.4.062-78. С введением в действие в 2012 г. методических рекомендаций по диагностике, экспертизе трудоспособности и профилактике профессиональной сенсоневральной тугоухости[8] были увеличены числовые значения крите-

[6] ASHA – American Speech-Language-Hearing Association – профессиональная ассоциация логопедов, аудиологов, а также специалистов по речи, языку и слуху в Соединенных Штатах и за рубежом.

[7] МР 10-11/46. Профилактика профессиональной тугоухости у лиц «шумовых» профессий: методические рекомендации / утв. начальником Главного Управления лечебно-профилактической помощи Министерства здравоохранения СССР В.И. Калининым 1988 г. № 10-11/46 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200096208 (дата обращения: 02.03.2022).

[8] Диагностика, экспертиза трудоспособности и профилактика профессиональной сенсоневральной тугоухости: методические рекомендации / утв. письмом Минздрава РФ от 6 ноября 2012 г. № 14-1/10/2-3508 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/902382564 (дата обращения: 02.03.2022).

риев в классификации степени тугоухости для работников, подвергающихся воздействию шума.

Согласно «Федеральным клиническим рекомендациям по диагностике, лечению и профилактике потери слуха, вызванной шумом» (2015) [8], в качестве критериев степени потери слуха приняты средние значения порогов слуха на частотах 0,5, 1,0, 2,0, 4,0 Гц – 26–40 дБ для 1-й степени тугоухости, 41–55 дБ – для 2-й степени.

В проекте пересмотра клинических рекомендаций «Потеря слуха, вызванная шумом» (2018) использованы критерии, указанные в предыдущем документе (проект находится на утверждении).

С помощью разработанной технологии были рассчитаны величины атрибутивного риска потери слуха мужчин с возрастом / стажем от 25 / 5 до 65 / 45 лет, работавших в шуме от 80 до 100 дБА, по следующим критериальным значениям порогов слуха, равным от 10 до 45, дБ с шагом 5 дБ, на частотах:

– 0,5; 1,0 и 2,0 кГц (ГОСТ 12.4.062-78, МР № 14-1/10/2-3508, NIOSH, 1972);
– 0,5; 1,0; 2,0 и 4,0 кГц (ФКР-2015, КР-2018);
– 1,0; 2,0 и 3,0 кГц (NIOSH, 1972);
– 1,0; 2,0; 3,0 и 4,0 кГц (NIOSH, 1997);
– 0,5; 1,0; 2,0 и 3,0 кГц (ACIGN, 1997, ILO, 2013);
– 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 и 4,0 кГц;
– 4,0 и 6,0 кГц;
– 3,0; 4,0 и 6,0 кГц.

Установлено, что для определения атрибутивного риска потери слуха (профессиональной тугоухости), вызванной шумом, целесообразно использовать критерий в виде среднего значения порога слуха на аудиометрических частотах 0,5; 1,0; 2,0 и 3,0 кГц, равного 30 дБ, а для определения атрибутивного риска ранних признаков воздействия шума на орган слуха – критерий в виде среднего значения порога слуха на аудиометрических частотах 4,0 и 6,0 кГц, равного 20 дБ [6].

Определяемая величина группового атрибутивного риска потери слуха будет справедлива для части популяции с одинаковыми полом, возрастом, стажем работы и стажевой экспозицией шума. Определение категорий риска по величинам атрибутивного риска потери слуха требует разработки оценочных шкал.

Следующим этапом исследований стало обоснование риск-ориентированных гигиенических критериев и классификации условий труда по шуму с учетом группового атрибутивного (добавочного) риска потери слуха.

Совершенствование классификации условий труда по шуму – наиболее распространенному вредному фактору на рабочих местах в различных видах экономической деятельности и ведущему фактору риска развития профессиональной патологии – сенсоневральной тугоухости – является основополагающим в системе управления профессиональными рисками.

Выполненное экспертно-аналитическое исследование и расчеты атрибутивного риска потери слуха при действии шума показали, что действующие в настоящее время критерии и гигиеническая классификация условий труда по шуму не соответствуют «правилу равной энергии», которое определяет величину изменения уровня шума, соответствующую двукратному уменьшению времени его действия. Это правило широко используется в мировой практике, в том числе и в России. Правило равной энергии определяет величину коэффициента пропорциональности действия шума, обозначаемого символом q, равную 3 дБ, как наиболее обоснован-

ную и применяемую для оценки нарушений слуха в зависимости от уровня, продолжительности шумового воздействия.

Поскольку гигиенические критерии классов условий труда должны отражать удвоение величины воздействия на каждый класс, можно сделать вывод, что гигиенические критерии классов условий труда для шума, принятые в Р 2.2.2006-05[9], фактически соответствуют выбору q = 5 дБ для класса 3.1 и q = 10 дБ для остальных классов, что противоречит принятой концепции, для которой q = 3 дБ.

Была проведена оценка величины атрибутивного риска потери слуха для двух предложенных вариантов риск-ориентированных гигиенических критериев и классификации условий труда по шуму (табл. 2).

Таблица 2

Риск-ориентированные гигиенические критерии и классификация условий труда по шуму

Вариант	Класс условий труда по шуму				
	Допустимый	Вредный			
	2	3.1	3.2	3.3	3.4
	Превышение ПДУ шума до …, дБ* / ПДУ по эквивалентному уровню звука, дБА**				
1	80	3* / ≤ 83**	6 / ≤ 86	9 / ≤ 89	12 / ≤ 92
2	80	5 / ≤ 85	8 / ≤ 88	11 / ≤ 91	14 / ≤ 94

Примечание: в классификации условий труда по шуму отсутствует 4-й класс, так как работа в опасных (экстремальных) условиях труда не допускается, за исключением ликвидации аварий, проведения экстремальных работ для предупреждения аварийных ситуаций, при которых уровень профессионального риска неприемлем.

Риск потери слуха для мужчин возраста / стажа до 65 / 45 лет рассчитывался для критерия в виде среднего значения порога слуха на аудиометрических частотах 0,5–3,0 Гц, равного 30 дБ, обоснованного как оптимального.

Показано, что величина прироста атрибутивного риска потери слуха при действии шума для первого варианта (см. табл. 2) составляет порядка 1,0 % на класс условий труда, что сопоставимо с погрешностью (точностью) метода, для второго варианта (см. табл. 2) – 2,0–3,0 %, что может считаться вполне приемлемым.

Также были определены расчетные величины атрибутивного риска потери слуха для работников – мужчин и женщин со стажем работы 40 и 45 лет, подвергающихся воздействию шума с нормативными уровнями по Директиве 2003/10/ЕС [1], гигиеническим критериям классов условий труда по Р 2.2.2006-05 и по предложенным риск-ориентированным критериям для пересмотра руководства (см. табл. 2).

Сравнение положений Директивы 2003/10/ЕС [1] и Р 2.2.2006-05 показывает, что диапазон уровней звука, ограничивающий величины воздействия шума по Директиве (80–85 дБА), соответствует классу 3.1 по классификации Р 2.2.2006-05. Групповой атрибутивный риск потери слуха для этих условий труда при стаже 40–45 лет, как для мужчин, так и для женщин, равен 2,0–3,0 %.

[9] Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005. – 142 с.

Атрибутивный риск потери слуха у работников при стаже работы 45 лет в классе условий труда 3.2 составляет 4,0 %, которому согласно риск-ориентированным гигиеническим критериям соответствует эквивалентный уровень звука, равный 88 дБА, что близко к предельной величине экспозиции шума 87 дБ для номинального восьмичасового рабочего дня по Директиве 2003/10/ЕС. Атрибутивный риск потери слуха для 88 дБА выше на 1,0 %, чем для 87 дБА [3].

Значения уровней группового атрибутивного риска, рассчитанные для гигиенических критериев и классификации условий труда по Р 2.2.2006-05, начиная с класса условий труда 3.2, значительно превышают аналогичные величины, рассчитанные по предложенным риск-ориентированным критериям (для пересмотра руководства).

Предложенные гигиенические критерии и классификация условий труда по шуму, основанные на риск-ориентированном подходе с учетом модели оценки атрибутивного риска и «правила равной энергии» (q = 3 дБ), приближают систему гигиенической оценки производственного шума к международной практике [3].

Выводы. Подводя итоги проведенных исследований, можно сделать вывод, что в настоящее время по проблеме анализа атрибутивного риска потери слуха от шума выполнено следующее:

– обосновано применение атрибутивного риска в качестве адекватного показателя вероятности развития потери слуха, учитывающего как возрастные изменения слуховой функции, так и воздействие шума;

– апробирована математическая модель на основе стандартов ISO 7029 и ISO 1990, позволяющая рассчитать групповой атрибутивный риск потери слуха в популяции в зависимости от пола, возраста, стажа и стажевой экспозиции шума;

– разработана технология расчета на основе связанных таблиц MS Excel, включающих справочные разделы, содержащие начальные условия, расчетные коэффициенты, формулы расчета изменений порогов слуха, что позволяет производить вычисления группового атрибутивного риска потери слуха практически в реальном времени, вносить дополнения в справочные разделы при разработке соответствующих изменений в основополагающих стандартах;

– научно обоснован оптимальный критерий состояния слуховой функции для оценки атрибутивного риска потери слуха при действии шума – среднее значение порога слуха на аудиометрических частотах 0,5; 1,0; 2,0 и 3,0 кГц, равное 30 дБ;

– расчеты атрибутивного риска потери слуха для работников – мужчин и женщин со стажем работы 40 и 45 лет, подвергающихся воздействию шума с нормативными значениями, – по Директиве 2003/10/ЕС [1], гигиеническим критериям классов условий труда по Р 2.2.2006-05 и по предложенным риск-ориентированным критериям (для пересмотра руководства) показали, что самые высокие значения группового атрибутивного риска определены для гигиенических критериев классификации условий труда Р 2.2.2006-05.

Перспективными направлениями исследований являются:

– разработка шкалы оценки атрибутивного риска, определяющей его приемлемые и неприемлемые величины с позиций сохранения здоровья человека, с учетом экономических и социальных аспектов;

– доработка проекта «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Принципы, методы и критерии» – включение раздела по анализу группового атрибутивного риска потери слуха от шума на рабочем месте;

– продолжение исследований по разработке метода определения индивидуального атрибутивного риска потери слуха;

– разработка программ управления атрибутивным риском с учетом пола, возраста, стажа, стажевой экспозиции шума для сохранения слуха работников.

Список литературы

1. Директива Европейского парламента и Совета Европейского союза 2003/10/ЕС от 6 февраля 2003 г. о минимальных требованиях к здоровью и безопасности работников в отношении рисков, связанных с физическим воздействием (шум) (Семнадцатая отдельная Директива в значении Статьи 16 (1) Директивы 89/391/ЕЭС) [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовое обеспечение. – URL: https: //base.garant.ru/70205142/ (дата обращения: 17.02.2022).

2. Методические рекомендации по оценке профессионального риска по данным периодических медицинских осмотров / утв. Научным советом Минздравсоцразвития России и РАМН «Медико-экологические проблемы здоровья работающих». – М., 2006. – 23 с.

3. Обоснование риск-ориентированных гигиенических критериев и классификации условий труда по шуму с учетом группового атрибутивного (избыточного) риска потери слуха / Л.В. Прокопенко, Н.Н. Курьеров, А.В. Лагутина, Л.С. Почтарева // Медицина труда и промышленная экология. – 2022. – Т. 62, № 3. – С. 21–29.

4. Определение и оценка группового избыточного (атрибутивного) риска потерь слуха от шума / Л.В. Прокопенко, Н.Н. Курьеров, А.В. Лагутина, Е.С. Почтарева // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59, № 4. – С. 212–218. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-4-212-218

5. Прогнозирование воздействия вредных факторов условий труда и оценка профессионального риска для здоровья работников: методические рекомендации / утв. председателем Научного совета акад. РАМН Н.Ф. Измеровым. – М.: НИИ МТ РАМН, 2010. – 55 с.

6. Прокопенко Л.В., Курьеров Н.Н, Лагутина А.В. Избыточный риск потерь слуха от шума: проблема выбора показателей и критериев // Вестник оториноларингологии. – 2020. – Т. 85, № 6. – С. 27–33. DOI: 10.17116/otorino20208506127

7. Р 2.2.1766-03. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки / утв. Главным государственным санитарным врачом, Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации Г.Г. Онищенко 24 июня 2003 г. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2004. – 24 с.

8. Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике потери слуха, вызванной шумом / Е.Е. Аденинская, И.В. Бухтияров, А.Ю. Бушманов [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2016. – № 3. – С. 37–48.

9. Шкарин В.В., Благонравова А.С. Термины и определения в эпидемиологии: словарь. – Н. Новгород: Изд-во НГМА, 2010. – 300 с.

10. A re-examination of risk estimates from the NIOSH Occupational Noise and Hearing Survey (ONHS) / M.M. Prince, L.T. Stayner, R.J. Smith, S.J. Gilbert // J. Acoust. Soc. Am. – 1997. – Vol. 101, № 2. – P. 950–963. DOI: 10.1121/1.418053

11. Burns W., Robinson D.W. Hearing and Noise in Industry. – London: Her Majesty's Stationery Office, 1970. – 241 p.

12. Criteria for a recommended standard. Occupational noise exposure. Revised criteria 1998 // U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention. – 1998. – 126 p.

13. Do the models assess noise-induced hearing loss correctly? / J. Starck, I. Pyykkö, E. Toppila, J. Pekkarinen // ACES. – 1996. – Vol. 7, № 3–4. – P. 21–26.

14. Dobie R.A. Otologic referral criteria for occupational hearing conservation programs // CAOHC Update. – 1997. – Vol. 8, № 3. – P. 5–6.

15. Encyclopedia of Occupational Health and Safety. – Geneva: International Labor Organization, 2011.

16. Evaluation of individual susceptibility to noise-induced hearing loss in textile workers in China / J. Lü, X. Cheng, Y. Li [et al.] // Arch. Environ. Occup. Health. – 2005. – Vol. 60, № 6. – P. 287–294. DOI: 10.3200/AEOH.60.6.287-294

17. Evaluation of the risk of noise-induced hearing loss among unscreened male industrial workers / M.M. Prince, S.J. Gilbert, R.J. Smith, L.T. Stayner // J. Acoust. Soc. Am. – 2003. – Vol. 113, № 2. – P. 871–880. DOI: 10.1121/1.1536635

18. Guidelines on the medical examinations of seafarers. – Geneva: ILO, 2013. – 70 p.

19. ISO 1999: 1975. Acoustics – Assessment of occupational noise exposure for hearing conservation purposes // International Organization for Standardization. – 6 p.

20. Johnson P.T. Noise exposure: Explanation of OSHA and NIOSH safe-exposure limits and the importance of noise dosimetry [Электронный ресурс] // Etymotic Research Inc. – URL: https://thedoctorsearplugs.com/wp-content/uploads/2018/03/White-Paper-PTJ.pdf (дата обращения: 11.03.2022).

21. Neitzel R., Fligor B. Determination of risk of noise-induced hearing loss due to recreational sound: review and recommendations // J. Acoust. Soc. Am. – 2019. – Vol. 146, № 5. – P. 3911. DOI: 10.1121/1.5132287

22. On the definition of hearing handicap // ASHA. – 1981. – Vol. 23, № 4. – P. 293–297.

23. Presbycusis study of a relatively noise-free population in the Sudan / S. Rosen, M. Bergman, D. Plester [et al.] // Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. – 1962. – Vol. 71. – P. 727–743. DOI: 10.1177/000348946207100313

24. Régime général tableau 42. Atteinte auditive provoquée par les bruits lésionnels [Электронный ресурс] // Bossons Futé. – URL: http://www.bossons-fute.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=109:rg042&catid=18&Itemid=7 (дата обращения: 13.03.2022).

25. Robinson D.W. Estimating the risk of hearing loss due to continuous noise // Occupational hearing loss. – London: Academic Press, 1971.

26. Robinson D.W. Noise exposure and hearing: a new look at the experimental data. – Great Britain: Health and Safety Executive, 1987. – 144 p.

27. Robinson D.W. The relationships between hearing loss and noise exposure. – Great Britain: National Physical laboratory, 1968.

28. Robinson D.W. Threshold of hearing as a function of age and sex for the typical unscreened population // Br. J. Audiol. – 1988. – Vol. 22, № 1. – P. 5–20. DOI: 10.3109/03005368809077793

29. Robinson D.W., Shipton M.S. Tables for the estimation of noise-induced hearing loss (NPL acoustics report). – Great Britain: National Physical laboratory, Dept. of Trade and Industry Publ., 1977. – 2nd ed. – 170 p.

30. Robinson D.W., Sutton G.J. Age effect in hearing – a comparative analysis of published threshold data // Audiology. – 1979. – Vol. 18, № 4. – P. 320–334.

31. Toppila E., Pyykkö I., Starck J. Age and noise-induced hearing loss // Scand. Audiol. – 2001. – Vol. 30, № 4. – P. 236–244. DOI: 10.1080/01050390152704751

Риск когнитивной дисфункции работников нефтедобывающего предприятия в зависимости от стажа производственной деятельности

М.А. Савинков[1], О.Ю. Устинова[1,2], А.Е. Носов[1], Ю.А. Ивашова[1], В.Г. Костарев[3]

[1]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2]ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
[3]Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Пермскому краю,
г. Пермь, Россия

Изучена динамика показателей состояния когнитивных функций у работников нефтедобывающего предприятия в зависимости от стажа работы с вредными производственными факторами.

Проведена оценка состояния когнитивных функций у 292 операторов добычи нефти и газа, подверженных воздействию вредных факторов производственной среды (производственный шум, тяжесть труда, ароматические углеводороды, сероводород, неблагоприятный микроклимат). Выполнено психологическое обследование с использованием компьютерного комплекса «НС-Психотест» (тесты «Исключение понятий», «Память на образы», «Числовой квадрат»). Для анализа характера зависимости когнитивных нарушений от длительности производственного стажа в группах наблюдения и сравнения проводился расчет относительного риска и его 95%-ного доверительного интервала (результаты представлены в виде – *RR* (95 % *CI*)), а также выполнялся однофакторный линейный регрессионный анализ зависимости от производственного стажа отдельно для каждого показателя исследуемых когнитивных функций.

У операторов добычи нефти и газа (ДНГ) показатели когнитивной гибкости, образной памяти, внимания в 1,3–1,6 раза ниже, чем у лиц, работающих в допустимых условиях труда. При увеличении стажа до 10 лет и более риск развития когнитивных нарушений у работников

возрастает более чем в 5 раз, а частота регистрации низких значений показателей памяти, внимания, аналитической деятельности повышается в 2–3 раза. На основании расчета относительного риска установлена связь развития когнитивных нарушений со стажем трудовой деятельности. Использование при периодических медицинских осмотрах операторов ДНГ комплекса психологических тестов, характеризующих состояние памяти, внимания, когнитивной гибкости, позволяет диагностировать когнитивную дисфункцию на раннем этапе, выявить лиц с ее минимальными проявлениями для последующего углубленного обследования, проведения профилактических мероприятий и решения вопросов экспертизы.

Ключевые слова: когнитивные функции, числовая и образная память, внимание, когнитивная гибкость, когнитивный дефицит, психологическое тестирование, нефтедобывающая промышленность, производственно обусловленная патология, вредные производственные факторы, производственный стаж.

Одной из актуальных проблем современной медицины являются когнитивные нарушения у работающего населения. Субклинические (додементные) когнитивные нарушения, возникающие у людей в трудоспособном возрасте, проявляются, как правило, нарушением памяти, снижением концентрации внимания, более выраженным утомлением после рабочей смены [6, 9]. Выраженные расстройства когнитивных функций нарушают бытовую и профессиональную деятельность, приводят к снижению качества жизни. Показано, что по мере старения, частота встречаемости когнитивных нарушений прогрессивно увеличивается и достигает 20 % у людей в возрасте 60–69 лет [4, 11].

По данным Г.В. Тимашевой и соавт. [8], работа во вредных условиях труда является фактором риска развития когнитивных нарушений.

Установлено, что достаточно широкий спектр химических веществ при определенных условиях может оказывать токсическое воздействие на организм. К этим условиям относятся: доза вещества, длительность его воздействия, а также путь поступления в организм [7]. В настоящее время к вредным химическим веществам, оказывающим негативное действие на работников нефтедобывающих предприятий, относят диоксид серы, оксид углерода, ароматические углеводороды [7]. Хроническое низкодозовое воздействие химических факторов нефтедобычи является причиной развития нарушений со стороны нервной системы [1, 5, 9]. Данное воздействие может усиливаться влиянием дополнительных факторов производственного процесса (производственный шум, тяжесть и напряженность труда) [1, 10].

Работники нефтедобывающего предприятия в процессе производственной деятельности подвергаются воздействию ряда вредных производственных факторов (химические факторы, шум), которые могут рассматриваться как факторы риска для развития когнитивных нарушений. В то же время стажевая динамика показателей когнитивных функций у работников нефтедобывающих предприятий в настоящее время изучена недостаточно. Это приобретает особое значение, так как увеличение скорости и сложности технологических процессов выдвигает повышенные требования к точности действий работников, быстроте принятия ими решений при выполнении производственных операций, поскольку допущенная ошибка может привести к возникновению аварийной ситуации, в том числе с угрозой для жизни людей [12].

Цель исследования – изучение особенностей динамики показателей состояния когнитивных функций у работников нефтедобывающего предприятия в зависимости от длительности работы в контакте с вредными факторами производствен-

ной среды с целью разработки ранних критериев диагностики функциональных нарушений головного мозга.

Материалы и методы. Группу наблюдения составили 357 работников нефтедобывающего предприятия: 292 оператора добычи нефти и газа (ДНГ) (группа наблюдения) и 65 представителей административного аппарата (группа сравнения). Группы представлены работниками мужского пола в возрасте 20–65 лет, работающими на предприятии более года. Обе группы по стажевой характеристике были разделены на подгруппы: I – стаж менее 10 лет; II – стаж 10–20 лет; III – стаж более 20 лет. Все подгруппы сопоставимы по среднему возрасту и стажу ($p > 0,05$). По результатам специальной оценки условий труда (далее – СОУТ) установлено, что на всех рабочих местах представителей группы наблюдения условия труда оценены как «вредные» со степенью вредности 3.1–3.2. Выполнение технологических операций сопровождается выделением в воздух рабочей зоны химических веществ, среди которых преобладающее значение имеют углеводороды алифатические предельные C_1–C_{10} (в пересчете на С), уровни которых не превышают гигиенические нормативы, и дигидросульфид в смеси с углеводородами C_1–C_5 (сероводород), содержание которого в воздухе рабочей зоны превышает ПДК (10 мг/м^3) до 1,2 раза. Уровень шума на рабочих местах группы наблюдения превышал ПДУ в 1,1 раза (достигает 87–88 дБА). В группе сравнения условия труда соответствовали классу 2.

Программа исследования включала анализ условий труда по результатам СОУТ, оценку состояния когнитивных функций работников по результатам психологического тестирования, выполненного с использованием компьютерного комплекса «НС-Психотест» («Нейрософт», Россия, зав. номер 0384UX). Исследование включало оценку умственных операций классификации и анализа при помощи теста «Исключение слов», образной памяти – теста «Память на образы», внимания – тест «Числовой квадрат»[1].

Накопление, корректировку, обработку и анализ накопленной информации проводили с использованием пакета статистического анализа IBM SPSS Statistics 22. Анализ осуществляли с применением непараметрических методов статистики. Данные групп в таблицах представлены в виде медианы (*Me*) и 25–75-го перцентиля. Сравнение количественных показателей проводили по критерию Манна – Уитни. Различия считались достоверными при $p < 0,05$[2]. Качественные признаки оценивались с помощью *z*-критерия Фишера.

Для анализа характера зависимости когнитивных нарушений от длительности производственного стажа в группах наблюдения и сравнения проводился расчет относительного риска и его 95%-ного доверительного интервала (результаты представлены в виде – RR (95 % CI).

Результаты. Оценка способностей к классификации и анализу у всех возрастных категорий работников выявила достоверные межгрупповые различия в части меньшего количества правильных ответов в группе наблюдения по сравнению с группой сравнения (13 (10; 15) против 14 (13; 15), $p = 0,003$). Доля лиц, продемонстрировавших низкий уровень когнитивной гибкости, в группе наблюдения была в 5 раз выше, чем в группе сравнения (25,2 и 4,5 %, $p = 0,003$) (табл. 1).

[1] Шапарь В.Б., Тимченко А.В., Швыдченко В.Н. Практическая психология. Инструментарий. – Ростов н/Д: Феникс, 2002. – 688 с.

[2] Гланц С. Медико-биологическая статистика. – М.: Практика, 1998.

Таблица 1

Сравнительный анализ данных теста «Исключение понятий» у всех обследованных работников

Данные теста «Исключение понятий»	Группа наблюдения, $n = 210$	Группа сравнения, $n = 44$	Достоверность межгрупповых различий, $p < 0,05$
Количество правильных ответов, шт.	13 (10; 15)	14 (13; 15)	0,003
Частота встречаемости уровней когнитивной гибкости, %			
Низкий уровень когнитивной гибкости (1–3 балла)	25,2	4,5	0,002
Средний уровень когнитивной гибкости (4–7 баллов)	61,0	75,0	0,08
Высокий уровень когнитивной гибкости (8–9 баллов)	13,8	20,5	0,26

Относительный риск формирования низкой когнитивной гибкости в группе наблюдения был в 5,6 раза выше, чем в группе сравнения (*RR* = 5,55; 95 % *CI* = 1,4–21,9) (табл. 2).

Таблица 2

Относительный риск развития когнитивных нарушений у работников нефтедобывающего предприятия по данным нейропсихологического тестирования

Тест	Группа наблюдения ($n = 209$), %	Группа сравнения ($n = 44$), %	*RR* (*CI* 95 %)
Тест «Исключение понятий»	25,2	4,5	*RR* = 5,55; 95 % *CI* = 1,4–21,9
Тест «Память на числа»	52,9	34,1	*RR* = 1,6; 95 % *CI* = 1,0–2,4
Тест «Числовой квадрат»	19,3	12,1	*RR* = 1,59; 95 % *CI*= 0,60–4,20

У работников группы наблюдения I доля лиц, продемонстрировавших низкий уровень когнитивной гибкости, составила 19 % при отсутствии таковых в группе сравнения I ($p = 0,03$). Анализ данных теста «Исключение понятий» у работников группы наблюдения II выявил достоверно меньшее количество правильных ответов по сравнению с группой сравнения II (13 (15; 12) против 15 (14; 16), $p = 0,03$). Низкий уровень когнитивной гибкости имели 21,3 % представителей группы наблюдения II, что в 3,2 раза больше, чем в группе сравнения, в которой он составил 6,6 % (*RR* = 3,2; 95 % *CI* = 0,45–22,55), а высокий уровень – в 1,5 раза меньше (18,8 % – в группе наблюдения II против 26,6 % в группе сравнения II, $p = 0,45$). У работников группы наблюдения III тест «Исключение понятий» выявил достоверно меньшее количество правильных ответов по сравнению с группой сравнения III (11 (7; 14) против 14 (12; 15), $p = 0,04$), а низкий уровень когнитивной гибкости продемонстрировали 42,9 % представителей группы наблюдения III и только 11,1 % группы сравнения III (*RR* = 3,9; 95 % *CI* = 0,59–25,18). При оценке стажевой динамики обращало на себя внимание достоверное ухудшение в 1,3 раза показателя «Количество правильных ответов» в группе наблюдения III по сравнению с данными группы I (11 (7; 14) против 14 (12; 15), $p = 0,001$), в то время как в группе сравнения показатели были близки между собой (14 (13; 15,5) против 14 (12; 15), $p = 0,64$) (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительный анализ данных теста «Исключение понятий» у работников с различным стажем работы

Данные теста «Исключение понятий»	Группа наблюдения I, $n = 100$	Группа наблюдения II, $n = 61$	Группа наблюдения III, $n = 49$	Группа сравнения I, $n = 20$	Группа сравнения II, $n = 15$	Группа сравнения III, $n = 20$	p^1	p^2	p^3
Количество правильных ответов, абс.	14 (12; 15)	13 (12; 15)	11 (7; 14)	14 (13; 15,5)	15 (14; 16)	14 (12; 15)	0,32	0,03	0,04
Частота встречаемости уровней когнитивной гибкости, %									
Низкий уровень (1–3 балла)	19	21,3	42,9	0	6.6	11,1	0,03	0,19	0,07
Средний уровень (4–7 балла)	64	60,7	55,1	75	66,7	88,9	0,34	0,67	0,06
Высокий уровень (8–9 баллов)	17	18,0	2,0	25	26,6	0,0	0,39	0,45	0,67

Примечание: p^1 – достоверность различий группы наблюдения I и группы сравнения I; p^2 – достоверность различий группы наблюдения II и группы сравнения II; p^3 – достоверность различий группы наблюдения III и группы сравнения III.

Оценка образной памяти в тесте «Память на образы» выявила в группе наблюдения меньшее количество правильных ответов, чем в группе сравнения (8 (6; 10) против 10 (7; 12), $p = 0,01$), а объем образной памяти в группе наблюдения оказался на 13 % ниже (43,8 против 56,3 %, $p = 0,01$) (табл. 4).

Таблица 4

Сравнительный анализ данных теста «Память на образы» у всех обследованных работников

Данные теста «Память на образы»	Группа наблюдения, $n = 209$	Группа сравнения, $n = 44$	Достоверность межгрупповых различий, $p < 0,05$
Количество правильных ответов, абс.	8 (6; 10)	10 (7; 12)	0,009
Количество ошибок, абс.	1 (0; 2)	1 (0; 1)	0,21
Объем памяти, %	43,8 (25; 62,5)	56,3 (34,4; 71,9)	0,007
Частота встречаемости точности воспроизведения образов, %			
Низкая точность воспроизведения образов (от 0 до 5)	21,5	15,9	0,40
Нормальная точность воспроизведения образов (более 5)	86,9	84,1	0,40

Сравнение данных теста в исследуемых стажевых группах II также выявило меньшее количество правильных ответов в группе наблюдения (9 (7; 10) против 11 (9; 13), $p = 0,02$); кроме того, в группе наблюдения II медиана объема образной памяти оказалась достоверно в 1,4 раза меньше, чем в группе сравнения II (43,8 % против 62,5 %, $p = 0,03$). В сравниваемых стажевых группах I и III достоверных различий по объему образной памяти не установлено, однако обращало на себя внимание достоверное ухудшение в 1,2 раза показателя «Количество правильных

ответов» в группе наблюдения III по сравнению группой наблюдения I (7 (4; 9) против 9 (7; 11), $p = 0{,}001$), при этом низкая точность воспроизведения образов в группе наблюдения III встречалась достоверно в 3 раза чаще (36,4 и 13,1 %, $p = 0{,}001$). У работников группы сравнения достоверные отличия отсутствовали (табл. 5).

Таблица 5

Сравнительный анализ данных теста «Память на образы» у работников с различным стажем работы

Данные теста «Память на образы»	Группа наблюдения I, $n = 99$	Группа наблюдения II, $n = 61$	Группа наблюдения III, $n = 66$	Группа сравнения I, $n = 20$	Группа сравнения II, $n = 15$	Группа сравнения III, $n = 9$	p^1	p^2	p^3
Количество правильных ответов, абс.	9 (7; 11)	9 (7; 10)	7 (4; 9)	10,5 (9; 11,5)	11 (9; 13)	6 (5; 10)	0,27	0,02	0,57
Количество ошибок, абс.	1 (0; 2)	1 (0; 2)	1 (0; 3)	1 (0; 2)	1 (0; 3)	1 (0; 1)	0,86	0,32	0,13
Объем памяти, %	50 (31,3; 62,5)	43,8 (25; 62,5)	31,3 (18,8; 50)	56,3 (40,7; 68,8)	62,5 (43,8; 81,3)	31,3 (25; 62,5)	0,31	0,03	0,21
Частота встречаемости точности воспроизведения образов, %									
Низкая точность (от 0 до 5)	13,1	13,1	36,4	10	13,3	33,3	0,7	0,98	0,86
Нормальная точность (более 5)	86,9	86,9	63,6	90	86,7	66,7	0,7	0,98	0,86

Примечание: p^1 – достоверность различий группы наблюдения I и группы сравнения I; p^2 – достоверность различий группы наблюдения II и группы сравнения II; p^3 – достоверность различий группы наблюдения III и группы сравнения III.

Оценка внимания в тесте «Числовой квадрат» во всех возрастных категориях работников выявила меньшее количество правильных ответов в группе наблюдения (11 (7; 13) и 13 (10; 14) соответственно; $RR = 1{,}59$, 95 % $CI = 0{,}60–4{,}20$) (табл. 2 и 6).

Таблица 6

Сравнительный анализ данных теста «Числовой квадрат» у всех обследованных работников

Данные теста «Числовой квадрат»	Группа наблюдения, $n = 166$	Группа сравнения, $n = 33$	Достоверность межгрупповых различий, $p < 0{,}05$
Количество правильных ответов, абс.	11 (7; 13)	13 (10; 14)	0,02
Количество ошибок, абс.	7 (5; 11)	7 (4; 9)	0,11
Частота встречаемости различных уровней внимания, %			
Низкий уровень внимания (от 0 до 5 правильных ответов)	19,3	12,1	0,33

Сравнительный анализ данных теста в стажевых группах показал у работников группы наблюдения II достоверно меньшее количество правильных ответов (11 (8; 12) и 13,5 (10,5; 14,5), $p = 0{,}02$), чем в группе сравнения II, при этом испы-

туемые в группе наблюдения II совершали большее количество ошибок (7 (5; 11) и 5 (2,5; 7), $p = 0,03$). В группе исследования I и III статистически значимых межгрупповых различий не было установлено ($p = 0,28–0,91$). Однако при оценке стажевой динамики уровня внимания отмечалось достоверное ухудшение показателя «Количество правильных ответов» в группе наблюдения III по сравнению с группой наблюдения I (9 (6; 11) против 12 (9; 14), $p = 0,002$). В группе сравнения данные показатели не имели достоверных различий (табл. 7).

Таблица 7

Сравнительный анализ данных теста «Числовой квадрат» у работников с различным стажем работы

Данные теста «Числовой квадрат»	Группа наблюдения I, $n = 77$	Группа наблюдения II, $n = 53$	Группа наблюдения III, $n = 46$	Группа сравнения I, $n = 15$	Группа сравнения II, $n = 12$	Группа сравнения III, $n = 20$	p^1	p^2	p^3
Количество правильных ответов, абс.	12 (9; 14)	11 (8; 12)	9 (6; 11)	13 (11; 13)	13,5 (10,5; 14,5)	10,5 (7; 14)	0,78	0,02	0,29
Количество ошибок, абс.	7 (5; 10)	7 (5; 11)	8,5 (6; 12)	8 (4; 10)	5 (2,5; 7)	8 (7; 10)	0,91	0,029	0,95
Частота встречаемости различных уровней внимания, %									
Низкая точность воспроизведения чисел (от 0 до 5)	16,9	18,9	23,9	13,3	8,3	16,7	0,73	0,38	0,69
Нормальная точность воспроизведения чисел (более 5)	83,1	81,1	76,1	86,7	91,7	83,3	0,73	0,38	0,69

Примечание: p^1 – достоверность различий группы наблюдения I и группы сравнения I; p^2 – достоверность различий группы наблюдения II и группы сравнения II; p^3 – достоверность различий группы наблюдения III и группы сравнения III.

Результаты линейного регрессионного анализа вероятности снижения показателей когнитивных функций операторов ДНГ от стажа работы представлены в табл. 8. У операторов ДНГ выявлена статистически значимая зависимость производственного стажа в условиях воздействия комплекса вредных факторов производственной среды и вероятности понижения показателей тестов «Исключение понятий» ($b_0 = 13,46$; $b_1 = –0,97$; $F = 15,85$; $R^2 = 0,071$; $p = 0,0001$), «Память на образы» ($b_0 = 9,96$; $b_1 = –0,13$; $F = 36,78$; $R^2 = 0,151$; $p = 0,0001$), «Память на числа» ($b_0 = 7,75$; $b_1 = –0,04$; $F = 9,91$; $R^2 = 0,045$; $p = 0,002$), «Числовой квадрат» ($b_0 = 11,03$; $b_1 = –0,11$; $F = 9,95$; $R^2 = 0,057$; $p = 0,002$). В группе сравнения подобная статистически значимая взаимосвязь отсутствовала.

Когнитивные нарушения могут развиваться как в процессе естественного старения организма, так и при воздействии различных производственных факторов (шума, вибрации и т.д). Воздействие на нервную систему веществ-нейротоксикантов проявляется в виде диффузного поражения головного мозга, сопровождающегося развитием стволово-гипоталамического синдрома, синдромов корковых,

психоневрологических нарушений [9]. Различными авторами изучалось влияние вредных производственных факторов на когнитивные функции (химические факторы, шум, вибрация, напряженность труда) [4, 7]. По данным Marcella Reale et al. [18], у 80 обследованных работников нефтедобывающей промышленности были выявлены повышенные уровни восприятия тревоги и признаки профессионального стресса. Однако исследование С.В. Цыремпилова с соавт. [12] при обследовании 56 рабочих, подвергавшихся профессиональному воздействию нейротоксических веществ (ароматические углеводороды, толуол, бензин), не выявило достоверных отклонений когнитивных функций, что может быть связано с недостаточной специфичностью подобранных диагностических тестов. Для достижения необходимой точности исследования О.И. Шевченко с соавт. [5, 13] рекомендуют применение одновременно нескольких наиболее информативных диагностических психологических тестов, специфичных для поражения определенных структур головного мозга тем или иным нейротоксикантом.

Таблица 8

Параметры линейной регрессии «стаж – показатели когнитивных функций»

Маркер экспозиции	Маркер эффекта	Направление изменения показателя	b_0	b_1	F	R^2	p
Группа наблюдения							
Стаж работы во вредных условиях труда	«Исключение понятий»	Понижение	13,46	–0,97	15,85	0,071	0,0001
	«Память на образы»	Понижение	9,96	–0,13	36,78	0,151	0,0001
	«Память на числа»	Понижение	7,75	–0,04	9,91	0,045	0,002
	«Числовой квадрат»	Понижение	11,03	–0,11	9,95	0,057	0,002
Группа сравнения							
Стаж работы без воздействия вредных условий труда	«Исключение понятий»	Понижение	14,07	–0,16	0,209	0,005	0,65
	«Память на образы»	Понижение	10,32	–0,041	0,592	0,014	0,45
	«Память на числа»	Понижение	8,53	–0,16	0,38	0,009	0,54
	«Числовой квадрат»	Понижение	11,93	–0,06	0,45	0,014	0,51

Результаты проведенного исследования показали, что у операторов ДНГ, осуществляющих трудовую деятельность в условиях воздействия комплекса негативных производственных факторов (химический, шумовой), показатели когнитивной гибкости, образной / числовой памяти и внимания в 1,3–1,6 раза ниже, частота регистрации низких значений памяти, внимания, аналитической деятельности в 2–3 раза выше, а риск снижения синтетической и аналитической деятельности более чем в 5 раз выше (RR = 5,55; 95 % CI = 1,4–21,9), чем группе лиц, работающих в допустимых условиях труда. Результаты линейного регрессионного анализа продемонстрировали связь развития когнитивных нарушений у операторов ДНГ со стажем их трудовой деятельности во вредных условиях труда при отсутствии таковой в группе сравнения. Использованная для оценки состояния когнитивных функций батарея психологических тестов («Исключение слов», «Память на образы», и «Числовой квадрат») показала их доступность, воспроизводимость и объективность результатов даже на ранних этапах развития когнитивной дисфункции (додементной), что позволяет их использовать при проведении периодических медицинских осмотров для выявления лиц с минимальными когнитивными дисфункциями с це-

лью последующего углубленного обследования, проведения профилактических мероприятий и решения вопросов экспертизы.

Выводы:

1. У операторов ДНГ, осуществляющих трудовую деятельность в условиях воздействия комплекса негативных производственных факторов (химический фактор, производственный шум) установлена достоверная зависимость нарушений когнитивных функций от продолжительности производственного стажа во вредных условиях труда. Показатели когнитивной гибкости (синтетической и аналитической деятельности), объем образной, образной памяти и внимания у операторов ДНГ в 1,3–1,6 раза ниже, чем у лиц, работающих в допустимых условиях труда.

2. Относительный риск развития когнитивных нарушений у операторов более чем в 5 раз, а частота регистрации низких значений показателей памяти, внимания, аналитической деятельности в 2–3 раза выше по сравнению с работниками, осуществляющими деятельность в допустимых условиях труда.

3. Использование при проведении периодических медицинских осмотров операторов ДНГ батареи психологических тестов «Исключение понятий», «Память на образы», «Числовой квадрат» позволяет диагностировать когнитивную дисфункцию уже на раннем (додементном) этапе ее развития (при производственном стаже от 10 лет), выявить лиц с ее минимальными проявлениями для последующего проведения профилактических мероприятий и решения вопросов экспертизы.

Список литературы

1. Благинин А.А. Надежность профессиональной деятельности операторов сложных эргатических систем. – СПб.: Ленингр. гос. ун-т им. А.С. Пушкина, 2006. – 144 с.

2. Вредные химические вещества. Углеводороды, галогенпроизводные углеводородов: справ. изд. / А.Л. Бандман, Г.А. Войтенко, Н.В. Волкова [и др.]; под ред. В.А. Филова. – Л.: Химия, 1990.

3. Гимранова Г.Г. Факторы и показатели профессионального риска при добыче нефти // Вестник Российского государственного университета. – 2014. – № 1. – С. 72–75.

4. Методы психологического тестирования в диагностике ранних проявлений профессиональной нейроинтоксикации / О.И. Шевченко, О.Л. Лахман, Е.В. Катаманова, В.А. Мешерягин // Сибирский медицинский журнал. – 2012. – № 6. – С. 79–83.

5. Некоторые аспекты формирования психоневрологических расстройств при воздействии ртути / О.И. Шевченко, Т.Н. Константинова, Е.В. Катаманова, И.А. Брежнева // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2008. – № 5 (63). – С. 34–38.

6. Оруджев Р.А., Джафарова Р.Э. Особенности токсического действия углеводородов нефти на организм человека. Азербайджанский медицинский университет, г. Баку, Азербайджан. – М.: Вестник ВГМУ, 2017. – Т. 16, № 4. – С. 8–15.

7. Оценка сочетанного влияния факторов малой интенсивности производственной среды и трудового процесса на работоспособность и ошибочность действий операторов высокотехнологичных энергетических комплексов / Н.Л. Вишневская, Л.В. Плахова, П. Поледняк, А. Бернатик // Вестник Пермского национального ис-

следовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2017. – Т. 16, № 2. – С. 183–190. DOI: 10.15593/2224-9923/2017.2.9

8. Оценка биологического возраста у работников, занятых во вредных условиях труда / Г.В. Тимашева, В.Т. Ахметшина, Э.Ф. Репина, А.С. Хафизова // Медицина труда и экология человека. – 2017. – № 4. – С. 52–58.

9. Прокопчук Н.Н., Скребцова Н.В., Попов В.В. Особенности состояния когнитивных функций у мужчин трудоспособного возраста, работающих на автотранспорте // Экология человека. – 2013. – № 10. – С. 9–13.

10. Профессиональная патология: национальное руководство / под ред. Н.Ф. Измерова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011.

11. Синявский Ю.А., Бердыгалиев А.Б. Характеристика скрининга когнитивных нарушений работников предприятия по переработке свинца // Наука о жизни и здоровье. – 2018. – № 4. – С. 41–46.

12. Цыремпилов С.В., Будаева С.Ц., Партилхаева А.Л. Показатели функционального состояния центральной нервной системы в условиях хронической профессиональной полинейроинтоксикации // Acta Biomedica Scientifica. – 2010. – № 2. – С. 121–123.

13. Шевченко О.И., Катаманова Е.В., Лахман О.Л. Темпы биологического старения и их взаимосвязь с нейропсихологическими особенностями у пациентов с профессиональными нейротоксикациями // Экология человека. – 2017. – № 2. – С. 10–14.

14. Cognitive reserve and its relevance for the prevention and diagnostic of dementia / R. Perneczky, P. Alexopoulos, G. Schmid [et al.] // Nervenarzt. – 2011. – Vol. 82 (3). – P. 325–335.

15. Diagnostic and statistical manual of mental diseases. 5th ed. (DSM-5, DSM–V). – Washington, DC. – London: American Psychiatric Association, 2013. – 970 p.

16. Incidence and outcome of mild cognitive impairment in a population-based prospective cohort / S. Larrieu, L. Letenneur, J.M. Orgogozo [et al.] // Neurology. – 2002. – Vol. 59 (10). – P. 594–599.

17. Moderators of noise-induced cognitive change in healthy adults / B.A. Wright, E.R. Peters, U. Ettinger, E. Kuipers, V. Kumari // Noise Health. – 2016. – Vol. 18 (82). – P. 117–132.

18. Network between Cytokines, Cortisol and Occupational Stress in Gas and Oilfield Workers / M. Reale [et al.] // International journal of molecular sciences. – 2020. – Vol. 21. – P. 1118.

19. Prevalence of cognitive impairment in individuals aged over 65 in an urban area: DERIVA study / E. Rodríguez-Sánchez, S. Mora-Simón, M.C. Patino-Alonso [et al.] // BMC Neurology. – 2011. – Vol. 11. – P. 147.

Риск-ориентированная оценка социальных, экономических и поведенческих характеристик образа жизни работающего населения

Г.А. Сорокин

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора,
г. Санкт-Петербург, Россия

В общей схеме риски здоровью человека предложено делить на четыре группы: образ жизни (профессия, вредные привычки, социально-экономические показатели); экологические факторы; наследственные факторы; качество здравоохранения. В гигиене труда риски здоровью, связанные с профессией, отделяют от рисков, связанных с характеристиками образа жизни – экономическими, социальными и поведенческими.

В ходе исследования обследовались 344 человека, проходивших обязательный периодический медицинский осмотр. Для того чтобы оценить социальные, экономические и поведенческие характеристики образа жизни работающего населения, используя критерий риска нарушения здоровья, изучались характеристики образа жизни: экономическое положением, психическое напряжение, сон, свободное время, физическая активность, курение. Использовались критерии оценки рисков хронической усталости; ухудшения здоровья и длительные болезни в течение года; гипертонии; заболевания органов дыхания. Оценка влияния характеристик образа жизни на риск нарушения здоровья проводилась по величине коэффициента регрессии, характеризующего их связь с рисками нарушения здоровья.

Установлены риски (частота) нарушений здоровья работников при различных критериях его оценки. Наибольшие риски возникновения синдрома хронической усталости, ухудшения здоровья за год и длительные болезни связаны с психическим напряжением работников и их экономическим положением. Психическое напряжение и недостаток свободного времени увеличиваю риск гипертонии соответственно на 5 и на 7 %.

Характеристики образа жизни – «ежедневное психическое напряжение» и «неудовлетворенность экономическим положением» – в наибольшей степени влияют на показатели риска здоровью (синдром хронической усталости, ухудшение здоровья и длительные болезни в течение года). Психическое напряжение увеличивает риски гипертонической болезни и хронических респираторных заболеваний. Недостаток свободного времени существенно увеличивает риск хронической усталости и риск гипертонии. Интенсивное курение существенно повышает риски гипертонической болезни и респираторных заболеваний. Недостаток сна повышает вероятность ухудшения здоровья в течение года.

Ключевые слова: риски здоровью, образ жизни, психическое напряжение, экономическое положение, свободное время, сон, физическая активность.

Для обоснования решений по организации здравоохранения необходимы данные об источниках рисков общественному здоровью. В давнем руководстве «Руководство по социальной гигиене и организации здравоохранения» [4] предложена наиболее общая схема деления рисков общественного здоровья: 50 % рисков приходится на образ жизни (профессия, вредные привычки, социально-экономические показатели); 20 % на экологические факторы; 20 % на наследственные факторы; 10 % на качество здравоохранения. В гигиене труда источники риска здоровью, связанные с профессией, отделяют от непрофессиональных рисков, которые

часто определяют как характеристики образа жизни – экономические, социальные и поведенческие. Такой подход необходим при изучении профессионально обусловленных заболеваний, которые доминируют в показателях состояния здоровья работающего населения [2].

В ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» проведены исследования влияния образа жизни работников на состояние их здоровья [1, 3, 6]. В этих исследованиях образ жизни определялся одночисловым значением, обобщающим балльные оценки отдельных характеристик образа жизни.

Цель исследования – оценить, используя критерий риска нарушения здоровья, социальные, экономические и поведенческие характеристики образа жизни работающего населения.

Материалы и методы. Обследовалась 344 человека, проходивших обязательный периодический медицинский осмотр (Приказ Минздрава РФ от 28.01.2021 № 29н) в ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья». В табл. 1 показаны шкалы, использованные для оценки характеристик образа жизни.

Таблица 1

Четырехбалльные шкалы оценки характеристик образа жизни

Характеристика образа жизни	Шкалы оценки работниками характеристик образа жизни			
Интенсивность курения	1. Нет	2. Менее чем полпачки в день	3. Полпачки – пачка в день	4. Более пачки в день
Психическое напряжение (заботы, неприятности, тревоги, конфликты)	1. Редко, отсутствует	2. Несколько раз в неделю	3. Регулярно ежедневно	4. Постоянно, ежедневно
Продолжительность ежедневного сна: - в рабочие дни	1. 8 ч и более	2. Около 7 ч	3. Около 6 ч за день	4. 5 ч и менее
- в выходные дни	1. 8 ч и более	1. Около 7 ч	2. Около 6 ч за день	3. 5 ч и менее
Количество свободного времени для отдыха и развлечения – в рабочие дни	1. Более 2 ч	2. 1–2 ч	3. 0,5–1 ч	4. Менее 0,5 ч
Количество свободного времени: – в выходные дни	1. Более 4 ч	2. 2–4 ч	3. 1–2 ч	4. Менее 2 ч
Объем физической работы (спорт, зарядка, ходьба, активный отдых)	1. Более 1 ч	2. Около 1 ч в день	3. Около получаса	4. 15 мин и менее
Удовлетворенность экономическим положением (доход, питание, жилая площадь)	1. Удовлетворен	2. Не вполне удовлетворен	3. Не удовлетворен	4. Очень не удовлетворен
Интенсивное курения	1.Менее полпачки в день	2. Полпачки в день	3. Пачка в день	4. Более пачки в день

Использовались пять критериев оценки риска нарушения здоровья работников:

1 – риск синдрома профессионального выгорания (превышения граничного значения индекса неспецифических симптомов (ИНС), обобщающего частоту и

степень выраженности наиболее распространенных симптомов утомления и переутомления человека [5]).

2 – риск ухудшения здоровья работника в течение года.

3 – риск длительно, более двух недель, болеть в течение года.

4 – риск гипертонии, диагностированной при медосмотре.

5 – риск хронических заболеваний органов дыхания, выявленных при медосмотре.

Риск гипертонии изучался, так как эта болезнь является самой распространенной среди работающего населения, что важно для изучения статистических закономерностей. Риск заболеваний респираторной системы взят для анализа влияния распространенной среди работающего населения характеристики образа жизни – курения [7].

Оценка влияния характеристик образа жизни на риск нарушения здоровья проводилась по величине коэффициента регрессии (K_{ij}), характеризующего связь характеристик (см. табл. 1) с рисками нарушения здоровья, установленных по пяти вышеуказанным критериям (1):

$$\text{РНЗ}_{ij}\ (\%) = \text{const} + K_{ij} \cdot \Pi_{ij}\ (\text{балл}), \qquad (1)$$

где i (балл) – i-й критерий популяционного риска нарушения здоровья, i÷1-5; j – j-я характеристика образа жизни работника (см. табл. 1);

РНЗ_{ij} (%) – возрастание популяционного риска нарушения здоровья, установленного по i-му критерию, обусловленного увеличением j-й характеристикой образа жизни на 1 балл (см. табл. 1);

Π_{ij} (балл) – балльная оценка j-й характеристики образа жизни работника по j-му критерию;

K_{ij} (%) – коэффициент, характеризующий увеличение РНЗ_{ij} (%) при увеличении j-й характеристики образа жизни на 1 балл.

Обобщенные оценки характеристик образа жизни определялись по сумме их баллов, полученных по четырехбалльной шкале таблицы. Сумма баллов преобразовалась в четырехбалльную процентильную шкалу (квартили). Обобщенная оценка вставлялась вместо показателя Π_{ij} в регрессии (1).

Результаты. В табл. 2 показаны средние значения и статистические ошибки частоты нарушения здоровья женщин и мужчин при использовании различных критериев риска.

Таблица 2

Частота нарушений здоровья при различных критериях его оценки

Критерий риска	Женщины (n = 216)		Мужчины (n = 126)	
	среднее значение	ошибка среднего	среднее значение	ошибка среднего
Болезни за год более двух недель, %	19,43	2,73	15,70	3,32
Синдром хронической усталости, %	29,17	3,10	16,67	3,33
Ухудшение здоровья за год, %	22,64	2,88	12,50	3,03
Болезни органов дыхания, %	9,3	2,0	11,2	2,8
Гипертоническая болезнь, %	40,0	3,3	45,6	4,5

Наиболее часто среди обследованных работников наблюдается гипертоническая болезнь 40,0–45,6 % и синдром хронической усталости – 16,7–29,1 %; наименее часто распространены хронические болезни органов дыхания – 9,3–11,2 %.

В табл. 3 представлены данных оценки характеристик образа жизни обследованных работников. Величины в таблице показывают возрастание риска различных нарушений здоровья при увеличении оценки характеристик образа жизни на 1 балл по шкале табл. 1. Видно, что наибольшие риски возникновения синдрома хронической усталости, ухудшения здоровья за год и длительные болезни связаны с ежедневным психическим напряжением работников и их неудовлетворенностью экономическим положением. Увеличение на 1 балл характеристик «недостаток свободного времени» и «недостаток сна» существенно, на 5,8–8,5 %, увеличивает риск синдром хронической усталости. Недостаток свободного времени в рабочие дни увеличивает риск длительных заболеваний на 5 %. Ежедневное психической напряжение и недостаток свободного времени в выходные дни увеличивает риск гипертонии соответственно на 5 и на 7 %.

Таблица 3

Оценка влияния характеристик образа жизни на показатели риска здоровью работников

Характеристика образа жизни	Показатель риска здоровью				
	синдром хронической усталости, %	ухудшение здоровья за год, %	болезни за год более двух недель, %	гипертоническая болезнь, %	болезни органов дыхания, %
	Возрастание риска при увеличении на 1 балл				
1.Ежедневное психическое напряжение	11,2	9,5	7,0	5,0	4,7
2..Неудовлетворенность экономическим положением	9,7	10,1	7,1	0	1,1
3.Недостаток свободного времени: – в рабочие дни – в выходные	 5,8 6,3	 2,4 0	 5,1 0	 0 7,0	 0,9 1,5
4. Недостаток сна: – в рабочие дни – в выходные	 7,9 8,5	 1,5 2,5	 2,8 0	 1,6 0	 0 0
5. Недостаток физических нагрузок	2,1	2,1	1,4	1,8	1,7
6. Интенсивность курения	1,8[ж] 3,0[м]	3,6[ж] 4,2[м]	1,8[ж] 3,0[м]	2,7[ж] 3,7[м]	2,6[ж] 6,7[м]
Квартили суммы баллов характеристик образа жизни	12,7	6,3	4,1	2,3	0,6

Примечание: [ж] – женщины; [м] – мужчины.

В нижней строке табл. 3 показаны результаты анализ влияния на показатели риска здоровью обобщенной оценки характеристик образа жизни. Из данных таблицы можно заключить, что совместное влияние характеристик образа жизни не является аддитивным.

Выводы. Характеристики образа жизни – «ежедневное психическое напряжение» (заботы, неприятности, тревоги, конфликты) и «неудовлетворенность экономическим положением» – в наибольшей степени влияют на показатели риска здоровью – синдром хронической усталости, ухудшение здоровья и длительные болезни в течение года. Ежедневное психическое напряжение также значительно увеличивает риски гипертонической болезни и хронических респираторных заболеваний. Недостаток свободного времени существенно увеличивает риск синдрома хронической усталости и риск гипертонии, если этот недостаток наблюдается в выходные дни. Интенсивное курение существенно повышает риски гипертонической болезни и хронически респираторных заболеваний. Недостаток сна, особенно в выходные дни, существенно повышают вероятность ухудшения здоровья в течение рабочего года. Их изученных характеристик образа жизни «недостаток физических нагрузок» в меньшей степени влияет на риски синдрома хронической усталости, ухудшения здоровья и длительные болезни. Однако курение существенно повышает риски гипертонии и респираторных заболеваний. Полученные данные можно использовать при анализе рисков профессионально обусловленных заболеваний.

Список литературы

1. Воронин В.А. Сорокин Г.А., Плеханов В.П. Анамнестический метод изучения причинно следственных связей между состоянием общественного здоровья производственными, экологическими и социальными факторами // Мед. труда. – 1995. – № 11. – С. 40–43.

2. Измеров Н.Ф. Проблемы оценки и управления профессиональными рисками: доклад на всероссийском совещании по охране труда. 28 апреля 2010 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.myshared.ru/slide/207923/ (дата обращения: 12.12.2021).

3. Оценка профессионально-обусловленного и непрофессионального рисков нарушения здоровья водителей грузовых автомобилей / Г.А. Сорокин, С.В. Гребеньков, Я.М. Сухова [и др.] // Мед. труда. – 2016. – № 6. – С. 1–5.

4. Руководство по социальной гигиене и организации здравоохранения. – М., 1988. – С. 11.

5. Сорокин Г.А. Интегральная оценка психосоматических симптомов профессионального выгорания и его профилактика // Вестник Росздравнадзора. – 2018. – № 1. – С. 40–45.

6. Сорокин Г.А. Значение хронических нарушений сна для здоровья работающих и их связь с профессиональным и непрофессиональным нервно-психическим напряжением // Мед. труда. – 2018.– № 5. – С. 8–13.

7. Сорокин Г.А., Сюрин С.А. Оценка влияния вредных условий труда и курения на здоровье работников промышленных предприятий // Гигиена и санитария. – 2019. – № 6. – С. 646–651.

Количественные показатели сердечно-сосудистой системы, ассоциированные с риском профессиональной нейросенсорной тугоухости

А.В. Сухова, Е.А. Преображенская

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, г. Мытищи, Россия

С целью установления количественных показателей сердечно-сосудистой системы, ассоциированных с риском профессиональной нейросенсорной тугоухости (ПНСТ), проведено обследование 250 работников горнорудных предприятий, подвергающихся воздействию шума, превышающего ПДУ. Обследованные были разделены на две группы. Первую группу составили 100 работников с установленным диагнозом ПНСТ, вторую группу – 150 работников без нарушения слуховой функции. Оценивали показатели сердечно-сосудистой системы по данным суточного мониторирования артериального давления (СМАД) с оценкой показателей ригидности артерий и дуплексного сканирования экстра- и интракраниальных сосудов головного мозга.

Установлено, что риск развития ПНСТ сопряжен с достоверно более высокими показателями среднесуточного систолического и диастолического давления (ССАД, СДАД), показателями жесткости сосудистой стенки (скорость пульсовой волны, индекс ригидности, индекс аугментации). Ультразвуковое дуплексное сканирование экстра- и интракраниальных сосудов головного мозга выявило снижение пиковой систолической скорости кровотока (до 30–35 см/с) на фоне повышения индекса резистентности (до 0,95), свидетельствующее о гипоперфузионном состоянии церебрального кровотока у 35 % работников первой группы. Гиперкинетический тип гемодинамики с выраженным ангиоспазмом выявлялся достоверно чаще в первой группе (30 % случаев против 12 % наблюдений во второй группе ($p < 0,05$)).

Установлена умеренная степень корреляционной зависимости между риском развития ПНСТ и показателями сердечно-сосудистой системы: показатели ригидности артерий (скорости пульсовой волны, индекс ригидности и индекс аугментации) (r = 0,40–0,47), пиковая систолическая скорость кровотока (r = -0,41), толщина комплекса интима-медиа (r = 0,48). Степень влияния показателей СМАД (ССАД и СДАД, гипертонические индексы времени систолического и диастолического АД) была меньше (r = 0,31–0,33).

Количественные клинико-функциональные показатели состояния сердечно-сосудистой системы имеют особое значение и могут быть использованы в алгоритме оценки комплексного воздействия производственных и индивидуальных экстрааауральных факторов, определяющих риск развития ПНСТ.

Ключевые слова: профессиональная нейросенсорная тугоухость, экстрааауральные факторы риска, суточное мониторирование артериального давления, пиковая систолическая скорость кровотока, толщина комплекса интима-медиа, ригидность сосудистой стенки.

Профессиональная нейросенсорная тугоухость (ПНСТ) является одной из ведущих проблем в медицине труда. Шум является приоритетным физическим фактором по числу объектов, не отвечающих санитарно-гигиеническим требованиям. Доля рабочих мест на промышленных предприятиях, не соответствующих гигиеническим нормативам по шуму, в настоящее время составляет 25,3 %, оставаясь стабильной в течение 5 лет.

ПНСТ является полиэтиологическим заболеванием, на развитие которого оказывают влияние профессиональные и популяционные факторы риска.

Исследования последних лет показывают, что вероятность развития ПНСТ увеличивается на фоне сердечно-сосудистой патологии [1, 2]. Воздействие шума в сочетании с наличием гипертонии и дислипидемии у работника может оказывать патогенетически значимое синергическое действие на развитие ПНСТ, следовательно, в контексте оценки профессиональных рисков и прогнозирования нарушений здоровья работников артериальную гипертензию и дислипидемию можно рассматривать как факторы риска ПНСТ [3].

Цель исследования – установить количественные показатели сердечно-сосудистой системы, ассоциированные с риском ПНСТ.

Материалы и методы. Проведено обследование 250 работников горнорудных предприятий, чья профессиональная деятельность связана с воздействием шума – проходчики, бурильщики шпуров, машинисты экскаваторов, машинисты буровых установок. Средний возраст обследованных рабочих составил 44,5 ± 4,3 г., средний стаж работы – 16,8 ± 3,4 г. Обследованных разделили на две группы. Первую группу составили 100 работников с установленным диагнозом ПНСТ легкой и умеренной степени выраженности. Во вторую группу вошли 150 работников без нарушения слуховой функции. Группы были сопоставимы по возрасту и стажу работы.

Суточное мониторирование артериального давления (СМАД) проводили с помощью монитора МДП-НС-02с «ДМС Передовые Технологии» (Россия) с определением профиля и параметров артериального давления (АД) и оценкой показателей ригидности артерий (скорости пульсовой волны (СПВ), индекс ригидности (ASI) и индекс аугментации (AIx)). Цветовое дуплексное сканирование экстра- и интракраниальных сосудов головного мозга выполняли на ультразвуковом аппарате Philips HD 15 (США).

При статистической обработке достоверность сравниваемых величин оценивалась по критерию Стьюдента и χ^2, для установления прочности связей использовались методы корреляционного анализа (коэффициент парной корреляции r).

Результаты. Анализ результатов СМАД показал, что среднесуточное систолическое артериальное давление (ССАД), среднесуточное диастолическое артериальное давление (СДАД) и другие параметры СМАД были достоверно выше в первой группе (ССАД – 137,6 ± 2,4 мм рт. ст., СДАД – 87,8 ± 2,6 мм рт. ст.) по сравнению со второй группой (ССАД – 130,1 ± 1,8 мм рт. ст., $p < 0,05$; СДАД – 81,2 ± 1,8 мм рт. ст., $p < 0,05$). По суточному профилю АД (СПАД) в первой группе лица с недостаточным снижением АД в ночные часы (non-dippers) выявлялись достоверно чаще, чем во второй группе (30 и 16 % соответственно, $p < 0,05$).

По уровню артериального давления в первой группе выделено три подгруппы больных: подгруппа I – нормальное АД (40,5 % случаев), подгруппа II – высокое нормальное АД (30,8 %), подгруппа III – артериальная гипертензия (АГ) I степени (28,7 %). По сравнению со второй группой в первой группе выявлено преобладание лиц подгрупп II–III ($p < 0,05$).

По показателям ригидности артерий наблюдался более выраженный прирост скорости пульсовой волны (СПВ) в первой группе (8,9 ± 1,0 м/с) по отношению ко второй группе (6,2 ± 1,1 м/с, $p < 0,05$). По показателям индекса ригидности (ASI) и индекса аугментации (AIx) артерий наблюдалось повышение в первой группе по

сравнению со второй группой: ASI (146,8 ± 3,1 и 139,3 ± 1,9 % соответственно, $p < 0,05$), AIx (-21,1 ± 0,8 и -25,2 ± 0,7 % соответственно, $p < 0,05$).

Результаты ультразвукового дуплексного сканирования экстра- и интракраниальных сосудов головного мозга (позвоночных и заднемозговых артерий) свидетельствовали о нарушении кровотока у значительной части обследованных первой группы. У 35 % рабочих отмечалось понижение пиковой систолической скорости кровотока (до 30–35 см/с) на фоне повышения индекса резистентности (до 0,95), что свидетельствовало о гипоперфузионном состоянии церебрального кровотока вследствие увеличения сосудистого тонуса. Аналогичные изменения у лиц второй группы отмечались реже (20 %, $p < 0,05$).

Значительное увеличение пиковой систолической скорости (до 60 см/с) в сочетании с повышением пульсационного индекса, указывающее на гиперкинетический тип гемодинамики и выраженный ангиоспазм, характерный для гипертонической болезни, выявлено в 30 % случаев в первой группе, по сравнению с 12 % наблюдений во второй группе ($p < 0,05$).

По данным ультразвукового дуплексного сканирования брахиоцефальных артерий у работников первой группы в 42 % случаев выявлено утолщение комплекса интима-медиа (до 1,1 ± 0,02 мм) и наличие признаков гипертонической макроангиопатии, тогда как подобные изменения у лиц второй группы встречались достоверно реже (26,6 % случаев, $p < 0,05$). Выявлено преобладание признаков гипертонической макроангиопатии у работников первой группы по сравнению со второй группой (42 и 20 %; $p < 0,05$). Атеросклеротическое поражение экстракраниальных отделов брахиоцефальных артерий со стенозированием сосудов обнаружено у 24 % обследованных первой группы и 18 % лиц второй группы без достоверных различий между группами.

Установлены взаимосвязи между показателями сосудистой жесткости (СПВ, ASI, AIx) и толщины КИМ с показателями АД (r = 0,52–0,57), подтверждающие значение структурно-функциональных изменений сосудистой стенки в развитии гипертонической ангиопатии.

Оценка степени влияния различных факторов (стаж, возраст, интенсивность шума, количественные показатели состояния сердечно-сосудистой системы) на формирование профессиональной патологии слуха у обследованных рабочих показала, что наиболее значимое влияние на развитие тугоухости оказывают интенсивность и длительность воздействующего шума (r = 0,71–0,75). К факторам, оказывающим негативное влияние на развитие патологии органа слуха, относится также возраст обследованных лиц (r = 0,46–0,5).

Установлена умеренная степень корреляционной зависимости между риском развития ПНСТ и показателями сердечно-сосудистой системы: показатели ригидности артерий (скорости пульсовой волны (СПВ), индекс ригидности (ASI) и индекс аугментации (AIx)) (r = 0,40–0,47), пиковая систолическая скорость кровотока (r = –0,41), толщина комплекса интима-медиа (r = 0,48). Степень влияния показателей СМАД (ССАД и СДАД, гипертонические индексы времени систолического и диастолического АД) была меньше (r = 0,31–0,33).

Выводы. Таким образом, количественные клинико-функциональные показатели состояния сердечно-сосудистой системы имеют особое значение и могут быть использованы в алгоритме оценки комплексного воздействия производственных и индивидуальных экстрааауральных факторов, определяющих риск развития ПНСТ.

Список литературы

1. Илькаева Е.Н. Медико-социальные аспекты потери слуха в трудоспособном возрасте // Медицина труда и промышленная экология. – 2009. – № 12. – С. 32–38.

2. Профессиональная тугоухость у работников локомотивных бригад и ее ассоциация с факторами риска / В.Ф. Пфаф, С.Г. Горохова, К.Э. Лузина [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2016. – № 2. – С. 33–37.

3. Экстрааауральные эффекты при профессиональной тугоухости / И.Н. Федина, Е.А. Преображенская, П.В. Серебряков, В.Б. Панкова // Гигиена и санитария. – 2018. – Т. 97, № 6. – С. 531–536. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-6-531-536

Профессиональная патология в металлургической промышленности Мурманской области (2000–2020 гг.)

С.А. Сюрин, А.Н. Кизеев

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора,
г. Санкт-Петербург, Россия

Работники металлургических предприятий Арктики составляют группу повышенного риска развития профессиональных заболеваний. Изучены изменения структуры и распространенности профессиональной патологии у работников металлургической промышленности Мурманской области в 2000–2020 гг. Проанализированы данные Мурманского областного регистра профессиональных заболеваний за 2000–2020 гг.

В 2000–2020 гг. было впервые диагностировано 1216 профессиональных заболеваний у 626 работников металлургических предприятий, что составило 24,4 и 24,6 % всех случаев, зарегистрированных в Мурманской области. Почти все профессиональные заболевания (1174 случаев, или 96,5 %) были выявлены у работников медно-никелевой промышленности (606 человек, или 96,8 %). На долю алюминиевой промышленности приходилось только 42 (3,5 %) заболевания у 20 (3,2 %) работников. Особенностями профессиональной патологии в металлургическом производстве за последний 21 год было увеличение числа нозологических форм заболеваний, выявляемых у одного работника, возрастание продолжительности трудового стажа на момент выявления профессионального заболевания; увеличение в структуре профессиональной патологии доли болезней костно-мышечной системы и снижение доли злокачественных новообразований. Ежегодная доля профессиональных заболеваний работников металлургических предприятий в структуре региональной профессиональной патологии значительно варьировалась, однако имела долгосрочный тренд к повышению.

Полученные данные могут быть использованы для совершенствования методов профилактики профессиональной патологии у работников металлургических предприятий Мурманской области.

Ключевые слова: профессиональная патология, металлургическая промышленность, Мурманская область.

Металлургическое производство, наряду с добычей полезных ископаемых, составляет основу экономики Мурманской области. На металлургических предприятиях региона, на которых занято до 10 тыс. работников, производятся никель, медь, кобальт, алюминий, концентрат металлов платиновой группы.

Известно, что работники металлургических предприятий Арктики составляют группу повышенного риска развития профессиональных заболеваний [6, 9, 10]. Несмотря на совершенствование технологических процессов и индивидуальных средств защиты от воздействия вредных производственных факторов, большинство металлургов подвергается воздействию химических веществ всех классов вредности, пыли, шума, повышенной тяжести труда, неблагоприятных параметров микроклимата рабочих мест [7, 11, 13]. Для работников медно-никелевой промышленности основным вредным производственным фактором являются соединения никеля, а при производстве алюминия – фтор и его соединения, а также смолистые вещества [1, 2, 14, 15]. Дополнительный риск развития профессиональной патологии у работников предприятий в Арктике возникает при сочетанном действии вредных климатических и производственных факторов, создающих повышенную нагрузку на функциональные системы организма [4, 8].

В течение многих лет Мурманская область входит в число субъектов Российской Федерации с показателями профессиональной заболеваемости выше среднего российского уровня[1]. Сохранение здоровья работающего населения Мурманской области имеет особое медико-социальное значение из-за его уменьшения в постсоветские годы с 1170 тыс. до 757 тыс. человек[2].

Цель исследования – изучение изменений структуры и распространенности профессиональной патологии у работников металлургической промышленности Мурманской области в 2000–2020 гг.

Материалы и методы. Изучены данные Мурманского областного регистра профессиональных заболеваний (Кольский филиал ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», г. Кировск, Мурманская область).

Статистическая обработка результатов исследования была проведена с применением программного обеспечения Microsoft Excel 2016. Числовые данные представлены в виде абсолютных значений, процентной доли, среднего арифметического и стандартной ошибки среднего арифметического ($M \pm m$). Критический уровень значимости нулевой гипотезы составлял 0,05.

Результаты. В 2000–2020 гг. на предприятиях всех видов экономической деятельности в Мурманской области было впервые выявлено 4986 профессиональных заболеваний. Их ежегодное число значительно колебалось от 99 до 428 случаев, или в 4,32 раза, при этом периоды роста показателей чередовались с периодами их снижения. Только в 2006–2013 гг. отмечался длительный период стойкого повышения числа впервые диагностированных заболеваний. В целом за 21 год наблюдалась тенденция к увеличению их числа (восходящая линия тренда, рис. 1).

---

[1] О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. – 268 с.

[2] Статистический ежегодник – 2016 / Федеральная служба государственной статистики, Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Мурманской области. – Мурманск: Мурманскстат, 2017. – 223 с.

Рис. 1. Ежегодное число первичных профессиональных заболеваний и работников с профессиональной патологией в Мурманской области

В Мурманской области в 2000–2020 гг. профессиональные заболевания были впервые диагностированы у 2540 работников. Изменения их числа также имели волнообразный характер, но были менее выраженными: от 67 до 204 человек ежегодно, или в 3,04 раза. Стабильный период наибольшего числа профессиональных больных (2006–2010 гг.) частично совпадал с периодом наибольшего количества профессиональных заболеваний (2006–2013 гг.). В отличие от числа заболеваний, в течение 21 года количество профессиональных больных имело тенденцию к снижению (нисходящая линия тренда, см. рис. 1).

В 2000–2020 гг. было впервые диагностировано 1216 профессиональных заболеваний у 626 работников металлургических предприятий, что составило 24,4 и 24,6 % всех случаев, зарегистрированных в Мурманской области. Почти все профессиональные заболевания (1174 случаев, или 96,5 %) были выявлены у работников медно-никелевой промышленности (606 человек, или 96,8 %). На долю алюминиевой промышленности приходилось только 42 (3,5 %) заболевания у 20 (3,2 %) работников.

В целом динамика профессиональной патологии на предприятиях металлургической промышленности в течение исследуемого периода напоминала изменения у работников всех видов экономической деятельности в Мурманской области: низкий уровень показателей в первые годы, их подъем в середине наблюдаемого периода времени и последующее снижение в его конце. Отличия заключались в том, что рост показателей отмечался не с 2006 г., а с 2007 г. Также можно заметить более выраженное снижение показателей во второй половине и, особенно, в последние годы анализируемого периода времени по сравнению с региональными показателями (рис. 2).

В течение 2000–2020 гг. доля профессиональных заболеваний работников металлургических предприятий в структуре профессиональной патологии всех работников области, а также доля металлургов среди всех работников с впервые установленной профессиональной патологией значительно варьировались. Хотя эти труднообъяснимые изменения носили волнообразный характер с чередующимися

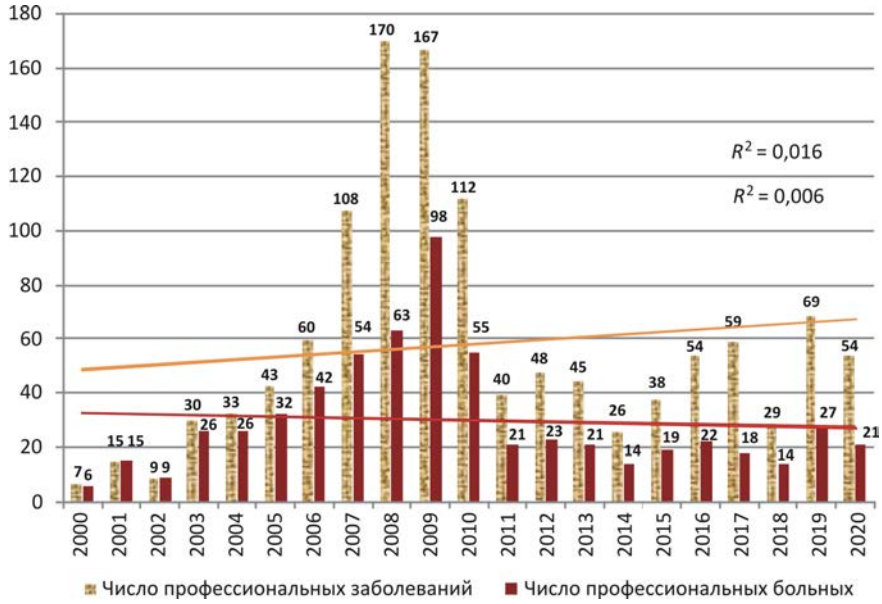


Рис. 2. Ежегодное число первичных профессиональных заболеваний и больных с профессиональной патологией среди работников металлургических предприятий Мурманской области

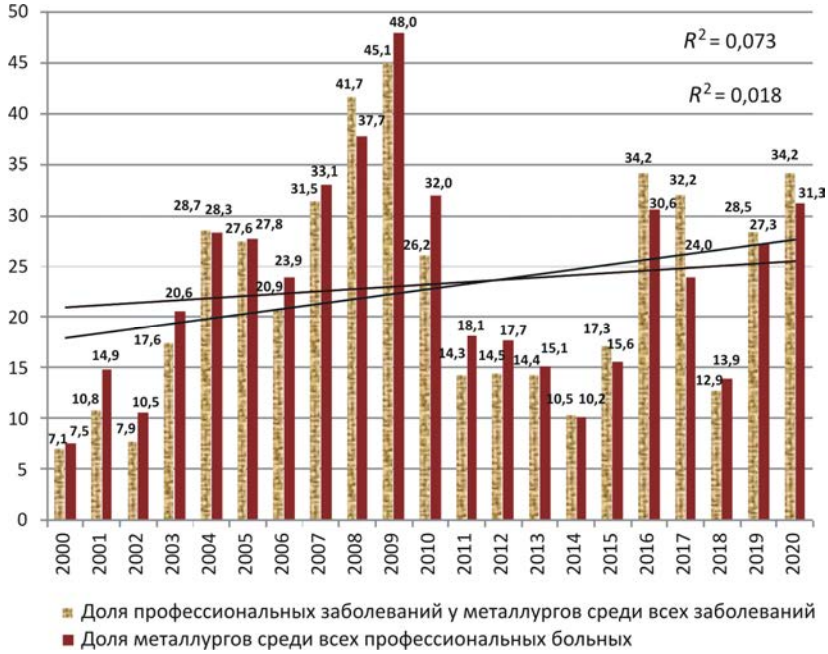


Рис. 3. Доля профессиональных заболеваний (%) в структуре первичной профессиональной патологии и доля металлургов (%) среди всех работников с профессиональной патологией

подъемами и снижениями, оба показателя имели долгосрочный тренд к повышению. Наименьшие показатели (7,1–14,9 %) отмечались в 2000–2002 гг. с последующим в 2003–2009 гг. их подъемом до максимальных значений (45,1–48,0 %). Во второй половине периода наблюдения имели место два отрезка снижения (2010–2014 и 2017–2018 гг.) и два отрезка повышения (2015–2016 и 2019–2020 гг.) долей профессиональных заболеваний металлургов в общей структуре профессиональной патологии и доли металлургов среди работников с первичными профессиональными заболеваниями (рис. 3). В целом на протяжении всего периода доли работников-металлургов по обоим показателям уступали только работникам горнодобывающих предприятий.

Важное клиническое значение имеет количество различных нозологических форм профессиональных заболеваний, диагностируемых у одного работника. В течение периода наблюдения минимальный уровень профессиональной полиморбидности отмечался в 2000–2002 гг. В последующем имел место устойчивый рост показателя с пиковым значением в 2017 г., что демонстрирует восходящая линия тренда (рис. 4).

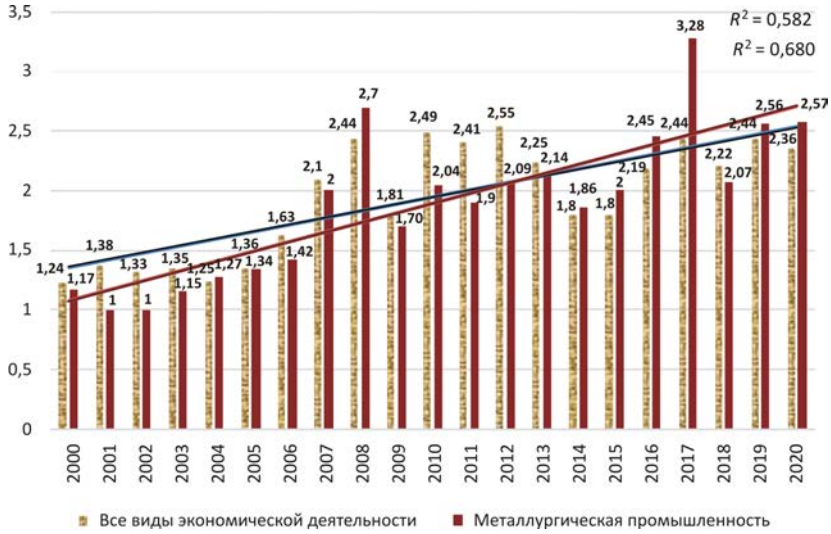


Рис. 4. Число профессиональных заболеваний у одного работника-металлурга (случаи)

Помимо анализа ежегодных показателей профессиональной заболеваемости горняков, были изучены их демографические и стажевые характеристики за семь последовательных трехлетних периодов (табл. 1).

В течение 21 года среди заболевших работников металлургических предприятий подавляющее большинство составляли мужчины (67,9–90,0 %), при этом отмечалась тенденция к увеличению доли женщин, которая не имела статистической значимости ($p = 0,333$). Показатели возраста, при котором были впервые диагностированы профессиональные заболевания, также изменялись несущественно ($p = 0,080$). Статистически значимым было только увеличение продолжительности стажа между первым и последним трехлетними периодами ($p = 0,038$).

Таблица 1

Демографические и стажевые характеристики металлургов с установленной профессиональной патологией, абс. (%)

Показатель	Год						
	2000–2002	2003–2005	2006–2008	2009–2011	2012–2014	2015–2017	2018–2020
Мужчины, абс. (%)	27 (90,0)	57 (67,9)	121 (76,1)	147 (84,5)	46 (79,3)	41 (69,5)	51 (82,3)
Женщины, абс. (%)	3 (10,0)	27 (32,1)	38 (23,9)	27 (15,5)	12 (20,7)	18 (30,5)	11 (17,7)
Возраст, лет	52,1 ± 1,3	50,6 ± 0,7	52,0 ± 0,5	53,5 ± 0,4	51,9 ± 0,9	55,4 ± 0,7	54,8 ± 0,8
Стаж, лет	24,2 ± 1,5	21,9 ± 0,8	23,9 ± 0,7	26,3 ± 0,6	25,9 ± 1,0	30,2 ± 0,8*	28,0 ± 1,0*

Примечание: * – статистически значимые различия ($p < 0,05$) по сравнению с исходным уровнем.

В 2000–2020 гг. в структуре профессиональной патологии работников металлургических предприятий было зарегистрировано семь классов болезней: 1) костно-мышечной системы и соединительной ткани; 2) травмы, отравления и другие последствия воздействия внешних причин (вибрационная болезнь и флюороз); 3) уха и сосцевидного отростка (одна нозологическая форма – нейросенсорная тугоухость); 4) нервной системы; 5) органов дыхания; 6) кожи и подкожной клетчатки; 7) новообразования. Наибольшую долю (45,1–74,2 %) занимали болезни органов дыхания костно-мышечной системы. На втором и третьем местах находились болезни костно-мышечной системы и нейросенсорная тугоухость. Значительно реже диагностировались травмы, отравления и другие последствия воздействия внешних причин, злокачественные новообразования, болезни нервной системы и кожи (табл. 2).

Таблица 2

Структура профессиональной патологии работников-металлургов, абс. (%)

Профессиональная патология	Год							Всего
	2000–2002	2003–2005	2006–2008	2009–2011	2012–2014	2015–2017	2018–2020	
Болезни органов дыхания	23 (74,2)	73 (68,9)	185 (54,7)	144 (45,1)	54 (45,4)	92 (60,9)	84 (55,3)	655 (53,9)
Болезни костно-мышечной системы	1 (3,2)	13 (12,3)	104 (30,8)	89 (27,9)	25 (21,0)	36 (23,8)	42 (27,6)	310 (25,5)
Нейросенсорная тугоухость	0	8 (7,5)	31 (9,2)	52 (16,3)	19 (16,0)	15 (9,9)	15 (9,9)	140 (11,5)
Травмы, отравления и последствия воздействия внешних причин, в том числе:	0	3 (2,8)	11 (3,3)	29 (9,1)	16 (13,5)	5 (3,3)	2 (1,3)	66 (5,4)
вибрационная болезнь	0	2 (1,9)	9 (2,7)	29 (9,1)	2 (1,7)	4 (2,6)	2 (1,3)	48 (3,9)
флюороз	0	1 (0,9)	2 (0,6)	0	0	0	0	3 (0,2)
интоксикация соединениями никеля	0	0	0	0	14 (11,8)	1 (0,7)	0	15 (1,2)
Новообразования злокачественные	7 (22,6)	6 (5,7)	3 (0,9)	4 (1,3)	1 (0,8)	0	7 (4,6)	28 (2,3)
Болезни нервной системы	0	1 (0,9)	0	1 (0,3)	2 (1,7)	3 (2,0)	2 (1,3)	9 (0,7)
Болезни кожи и подкожной клетчатки	0	2 (1,9)	4 (1,2)	0	2 (1,7)	0	0	8 (0,7)

В 2000–2020 гг. в структуре патологической патологии металлургов произошли существенные изменения. Так, в 2018–2020 гг. по сравнению с 2000–2002 гг., снизились доля новообразований ($p < 0{,}001$) и увеличилась доля болезней костно-мышечной системы ($p = 0{,}004$). Близким к статистически значимому было снижение доли болезней органов дыхания ($p = 0{,}052$). Вышеуказанная динамика подтверждалась также соответствующими линиями трендов (рис. 5).

Рис. 5. Динамика структуры профессиональной патологии металлургов, %

Следует отметить необычную динамику числа впервые выявляемых профессиональных заболеваний у работников алюминиевого производства. В 2000–2013 гг. ежегодно отмечалось 1–3 таких случаев, тогда как в 2014–2019 гг. не было зарегистрировано ни одного. Однако в 2020 г. было установлено впервые 11 профессиональных заболеваний.

Проведенное исследование дало ряд результатов, заслуживающих внимания и обсуждения. Так, по числу первичных профессиональных заболеваний и работников, у которых они были выявлены, металлургическая промышленность уступает только добыче полезных ископаемых. В структуре профессиональной патологии металлургов преобладают болезни органов дыхания. В два раза реже выявляются болезни костно-мышечной системы и в 4 раза – нейросенсорная тугоухость. Болезни других классов (новообразования, кожи, нервной системы, травмы и отравления) возникают у металлургов значительно реже.

В течение 2000–2020 гг. характерными чертами профессиональной патологии у работников металлургических предприятий были: 1) увеличение числа нозологических форм заболеваний, выявляемых у одного работника; 2) тенденция к повышению общего числа заболеваний при снижении числа работников, у которых они выявляются; 3) увеличение продолжительности трудового стажа на момент выявления профессионального заболевания; 4) увеличение в структуре профессиональной патологии доли болезней костно-мышечной системы и снижение доли злокачественных новообразований. Пункты один и три могут свидетельствовать о поздней диагностике профессиональной патологии у работников металлургической промышленности.

Необходимо установить причины волнообразного изменения показателей профессиональной заболеваемости у работников металлургических предприятий в 2000–2020 гг., особенно их резкого повышения в 2007–2010 гг. Такая динамика показателей может быть обусловлена недостаточным качеством организации и проведения медицинских осмотров, неполным выявлением патологии или ее диагностикой на поздних стадиях развития, различными подходами врачей к трактовке выявленных нарушений здоровья [8].

Не ясна причина отсутствия случаев профессиональных заболеваний в течение 6 лет (2014–2019 гг.) у работников алюминиевого завода, несмотря на сохраняющуюся высокую экспозицию к вредным производственным факторам. В данной ситуации вполне обоснованно возникает предположение об использовании административных рычагов влияния на диагностику профессиональных нарушений здоровья [3, 5, 12].

Выводы. В 2000–2020 гг. в Мурманской области по числу профессиональных заболеваний металлургическое производство уступало только добыче полезных ископаемых. Особенностями профессиональной патологии в металлургическом производстве было увеличение числа нозологических форм заболеваний, выявляемых у одного работника, возрастание продолжительности трудового стажа на момент выявления профессионального заболевания; увеличение в структуре профессиональной патологии доли болезней костно-мышечной системы и снижение доли злокачественных новообразований. Полученные данные могут быть использованы для совершенствования методов профилактики профессиональной патологии у работников металлургических предприятий Мурманской области.

Список литературы

1. Гигиенические аспекты условий труда в современном производстве алюминия / С.Ф. Шаяхметов [и др.] // Гигиена и санитария. – 2018. – № 97 (10). – С. 899–904.

2. Липатов Г.Я., Адриановский В.И., Гоголева О.И. Химические факторы профессионального риска у рабочих основных профессий в металлургии меди и никеля // Гигиена и санитария. – 2015. – Т. 94, № 2. – С. 64–67.

3. Мигунова Ю.В. Динамика профессиональной заболеваемости в России: сущность, признаки, особенности проявления на региональном уровне // Теория и практика общественного развития. – 2021. – № 6. – С. 37–40.

4. Мышинская Ж.М. Влияние климатических и экологических факторов на здоровье человека в условиях Крайнего Севера // Ямальский вестник. – 2016. – Т. 2, № 7. – С. 79–80.

5. Ретнев В.М. Профессиональные заболевания: современное состояние, проблемы и совершенствование диагностики // Безопасность в техносфере. – 2014. – № 4. – С. 40–44.

6. Серебряков П.В., Карташев О.И., Федина И.Н. Клинико-гигиеническая оценка состояния здоровья работников производства меди в условиях Крайнего Севера // Медицина труда и промышленная экология. – 2016. – № 1. – С. 25–28.

7. Серебряков П.В., Федина И.Н., Рушкевич О.П. Особенности формирования злокачественных новообразований органов дыхания у работников предприятий по добыче и переработке медно-никелевых руд // Медицина труда и промышленная экология. – 2018. – № 9. – С. 9–15.

8. Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р. Медико-физиологические аспекты жизнедеятельности в Арктике // Арктика: экология и экономика. – 2015. – Т. 17, № 1. – С. 70–75.

9. Сюрин С.А., Чащин В.П., Фролова Н.М. Риск развития и особенности профессиональной патологии у работников цветной металлургии Кольского Заполярья // Медицина труда и промышленная экология. – 2015. – № 2. – С. 21–26.

10. Сюрин С.А., Никанов А.Н. Профессиональные риски и заболевания при производстве никеля и меди в Кольском Заполярье // Санитарный врач. – 2019. – № 8. – С. 31–36.

11. Сюрин С.А., Ковшов А.А. Условия труда и профессиональная заболеваемость на предприятиях горнодобывающей и металлургической промышленности Мурманской области // Здоровье населения и среда обитания. – 2020. – Т. 332, № 1. – С. 30–33.

12. Чеботарев А.Г. Состояние условий труда и профессиональной заболеваемости работников горнодобывающих предприятий // Горная промышленность. – 2018. – № 1 (137). – С. 92–95.

13. Черкай З.Н., Шилов В.В. К вопросу о профессиональной заболеваемости работников в горно-металлургической промышленности // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № 2. – С. 641–649.

14. Respiratory cancer mortality and incidence in an updated cohort of Canadian nickel production workers / S.K. Seilkop, N.E. Lightfoot, C.J. Berriault, B.R. Conard // Arch Environ Occup Health. – 2017. – № 72 (4). – P. 204–219.

15. Sanjari A., Saeedi R., Khaloo S.S. Semi-quantitative health risk assessment of exposure to chemicals in an aluminum rolling mill // Int J Occup Saf Ergon. – 2021. – № 27 (2). – P. 597–604.

Несчастные случаи со смертельным исходом на рабочем месте водителя

А.З. Фагамова[1], И.В. Шаповал[1], Л.К. Каримова[1], Н.А. Мулдашева[1], Э.А. Ларионова[2]

[1]ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»,
[2]ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»,
г. Уфа, Россия

Проблема сохранения здоровья водителей автотранспортных средств является актуальной, поскольку данная профессия занимает лидирующие позиции по количеству несчастных случаев на рабочем месте как вследствие травм, так и от общих заболеваний. Тяжелые увечья, полученные водителями в результате травматизации на рабочем месте, ведут к временной утрате трудоспособности, инвалидизации и высокой смертности. К тому же авторы отмечают, что профессиональные водители значительно подвержены риску развития сердечно-сосудистых заболеваний и, как следствие, внезапной смерти.

С целью изучения обстоятельств и причин несчастных случаев со смертельным исходом, произошедших на рабочем месте водителя, и разработки мероприятия по их предупреждению, проведен анализ материалов расследования несчастных случаев со смертельным исходом на рабочем месте водителей с 2016 по 2020 г. на предприятиях и в организациях Республики Башкортостан, признанных при расследовании как связанные с производством (получение травм), так и не связанные (вследствие общего заболевания).

На предприятиях и в организациях Республики Башкортостан с профессиональными водителями за 2016–2020 гг. всего произошло 77 несчастных случаев. Большинство водителей скончались в возрастном диапазоне 50–59 лет. Нарушения правил дорожного движения явились причиной несчастных случаев в 48,5 %. Естественная смерть профессиональных водителей в 98 % случаев наступила от болезней системы кровообращения. По данным специальной оценки условий труда условия труда водителей в 81,0 % случаев соответствовали допустимому 2-му классу.

Предложены мероприятия, реализация которых позволит снизить риск возникновения несчастных случаев со смертельным исходом на рабочем месте водителя.

Ключевые слова: несчастный случай, профессиональные водители, внезапная смерть, производственная травма.

Проблема сохранения здоровья водителей автотранспортных средств является актуальной, поскольку данная профессия занимает лидирующие позиции по количеству несчастных случаев на рабочем месте как вследствие травм, так и от общих заболеваний [2, 3, 5]. Транспортное средство (ТС) – это источник повышенной опасности, несущий угрозу жизни и здоровью как во время непосредственного движения за рулем, так и при нахождении вблизи него при проведении ремонтных работ. Тяжелые увечья, полученные водителями в результате травматизации на рабочем месте, ведут к временной утрате трудоспособности, инвалидизации и высокой смертности [1]. К тому же авторы отмечают, что профессиональные водители значительно подвержены риску развития сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) и, как следствие, внезапной смерти [4].

Цель исследования – изучить обстоятельства и причины несчастных случаев со смертельным исходом, произошедшие на рабочем месте водителя, и разработать мероприятия по их предупреждению.

Материалы и методы. Проведен анализ материалов расследования несчастных случаев со смертельным исходом на рабочем месте водителей с 2016 по 2020 г. на предприятиях и в организациях Республики Башкортостан, признанных при расследовании как связанные с производством (получение травм), так и не связанные (вследствие общего заболевания). В ходе исследований был проанализирован каждый произошедший случай по профессии «водитель» с подробным изучением конкретных обстоятельств и причин. Данные обобщались по следующим показателям: возрасту, дате и времени несчастного случая, классам условий труда в соответствии со специальной оценкой условий труда (СОУТ), режиму труда и отдыха. Статистическая обработка полученных данных проведена с применением общепринятых методов[1].

Результаты. На предприятиях и в организациях Республики Башкортостан с профессиональными водителями за 2016–2020 гг. всего произошло 77 несчастных случаев со смертельным исходом, из которых 33 квалифицировались при расследо-

[1] Медик В.А. [и др.]. Статистика в медицине и биологии: в 2 т. Т. 1: Теоретическая статистика. Т. 2: Прикладная статистика здоровья / В.А. Медик, М.С. Токмачев, Б.Б. Фишман. – М.: Медицина. Т.1 – 2000. – 412 с., ил.; Т.2 – 2001. – 352 с.

вании, согласно трудовому законодательству Российской Федерации, как связанные с производством (травмы), и 44 несчастных случая, не связанных с производством (от общего заболевания) (рис. 1).

Рис. 1. Количество несчастных случаев со смертельным исходом, связанных и не связанных с производством, на рабочем месте водителя в Республике Башкортостан за 2016–2020 гг., абс. число

При анализе возрастного состава установлено, что 54,5 % водителей погибли от травм на рабочем месте в возрастном диапазоне 50–59 лет, что, по-видимому, связано с возрастными изменениями в состоянии здоровья, которые могли привести к снижению концентрации внимания, скорости реакции, нарушению функций органа зрения и слуха. В то же время каждый четвертый водитель (24,2 %) погиб в результате травмы в возрасте 20–39 лет, при этом основными причинами дорожно-транспортных происшествий (ДТП) могли быть неопытность, излишняя самоуверенность и несоблюдение скоростного режима (рис. 2).

Рис. 2. Удельный вес несчастных случаев, связанных и не связанных с производством на рабочем месте водителя в возрастных группах в Республике Башкортостан за 2016–2020 гг., %

Из общего количества произошедших с водителями несчастных случаев, связанных с производством, дорожно-транспортные происшествия составили 74,5 %, при проведении ремонтных работ, осмотре и погрузочно-разгрузочных работах – 25,5 %.

Анализ типов транспортных средств показал, что ДТП произошли при участии легковых ТС в 14,3 %, с участием грузовых автомобилей – в 85,7 % случаев – ввиду того, что водители этих ТС, в отличие от водителей легковых автомобилей, чаще отправляются в длительные поездки и проводят больше времени за рулем.

Нарушения правил дорожного движения явились причиной несчастных случаев в 48,5 %, неудовлетворительная организация производства работ – в 11,7 %; причины, квалифицированные по материалам расследования несчастных случаев как «прочие» – в 14,6 %; недостатки в организации и проведении подготовки работников по охране труда и нарушение требований безопасности при эксплуатации транспортных средств встречались в 10,7 %.

Распределение погибших от несчастных случаев, связанных с производством, по стажу показало, что более половины (62,5 %) водителей имели стаж вождения до десяти лет. По-видимому, существенное значение в возникновении дорожно-транспортных происшествий при этом имел дефицит навыков вождения.

Установлено, что несчастные случаи, связанные с производством, равномерно распределены в разрезе сезонности и времени суток. Однако при анализе влияния комбинации факторов на возникновение аварии нами отмечено, что неблагоприятные погодные условия осенне-зимнего периода и темное время суток способствовали получению травм в 24,8 %. Дорожно-транспортные происшествия в 90,2 % случаев произошли на асфальтированном покрытии на трассе за чертой города, где гораздо выше вероятность развития высокой скорости участниками дорожного движения. Монотонное движение по загородной трассе даже при разрешенной скорости может быстро привести к наступлению утомления у водителей и, как следствие, к возникновению ДТП.

Из материалов СОУТ следует, что условия труда водителей в 81,0 % случаев соответствовали допустимому классу (2-й класс); около 12,9 % работало во вредных условиях труда (подкласс 3.1–3.3), у 6,1 % работников данные об условиях труда отсутствовали.

К сожалению, напряженность труда, наличие психоэмоциональных нагрузок, переработок, ответственности, которые в последующем могут являться факторами риска развития сердечно-сосудистых заболеваний и привести к внезапной смерти, не учитываются при установлении класса условий труда.

По материалам расследования установлено, что причинами естественной смерти профессиональных водителей были болезни системы кровообращения в 98 % случаев. Стоит отметить, что с возрастом частота внезапной смерти водителей на рабочем месте растет, причем после 40 лет значительно (см. рис. 2), а средний возраст всех работников, умерших от общих заболеваний, составил 54 года.

Выводы. Поскольку специфика труда профессиональных водителей обусловливает риск травмирования на рабочем месте и высокий уровень распространенности заболеваний, в том числе сердечно-сосудистой системы, необходимо принятие мероприятий по снижению риска смерти на рабочем месте.

Мероприятия, направленные на предупреждение несчастных случаев, должны включать соблюдение требований к технической эксплуатации автомобилей, их обслуживанию; своевременное проведение ремонтных и профилактических работ квалифицированными специалистами; техническое обслуживание автомобиля перед выездом на линию; использование методов специальной подготовки на тренажерах с вождением на реальных дорогах под контролем инструктора.

Особую роль играет проведение предварительных (при поступлении на работу) и периодических, а также предрейсовых, послерейсовых медицинских осмотров водителей; мониторирование состояния здоровья водителей в течение рабочего дня.

Необходимо проведение психофизиологического отбора при приеме на работу; проведение производственного контроля за соблюдением требований гигиенических нормативов, организация оптимальных режимов труда и отдыха; информирование работников о производственных факторах риска и условиях труда на рабочем месте; при организации междугородных перевозок, продолжительностью более 12 ч, в рейс должны направляться два водителя, а автомобиль должен быть оборудован специальным местом для отдыха.

Реализация мероприятий позволит снизить риск возникновения несчастных случаев со смертельным исходом на рабочем месте водителя.

Список литературы

1. Евтюков С.С., Голов Е.В., Коломеец А.А. Роль человеческого фактора при возникновении дорожно-транспортного происшествия // Транспортное дело России. – 2019. – № 2. – С. 196–199.

2. Оценка профессионально обусловленного и непрофессионального рисков нарушения здоровья водителей грузовых автомобилей / Г.А. Сорокин, В.В. Шилов, С.В. Гребеньков, Я.М. Сухова // Медицина труда и промышленная экология. – 2016. – № 6. – С. 1–5.

3. Сувидова Т.А., Олещенко А.М., Кислицына В.В. Гигиеническая оценка условий труда и профессиональной заболеваемости работников автотранспортных предприятий // Медицина труда и промышленная экология. – 2018. – № 6. – С. 4–6. DOI: 10.31089/1026-9428-2018-6-4-7

4. Сердечно-сосудистые заболевания у водителей и безопасность дорожного движения / В.В. Трошин, И.В. Федотова, Т.В. Блинова, П.Н. Морозова // Медицина труда и промышленная экология. – 2018. – № 3. – С. 27–29.

5. Шпорт С.В., Летов К.Р., Белякова М.Ю. Психогигиена труда профессиональных водителей как фактор безопасности дорожного движения // Психическое здоровье. – 2019. – № 10. – С. 68–74. DOI: 10.25557/2074-014X.2019.10.68-74

Применение вероятностных методов при категорировании профессионального риска

В.А. Фокин

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

При сохранении ведущей роли физических факторов в формировании профессиональной патологии возрастает актуальность разработки мероприятий, направленных на сохранение здоровья работников, в частности занятых в добывающей промышленности. Представлен расчет уровней персонального профессионального риска, обусловленного развитием нейросенсорной тугоухости, для работников нефтедобывающей промышленности. Определенные категории риска были уточнены с использованием теории нечетких множеств с целью выделения работников, для которых характерна наибольшая вероятность увеличения категории риска в случае продолжения трудовой деятельности.

Ключевые слова: профессиональный риск, шум, профессиональные заболевания, вероятностная оценка.

Трудовая деятельность предъявляет определенные требования к работникам, обеспечивающие профессиональную пригодность, характеризуемую в том числе соответствием возможностей организма условиям сохранения здоровья на протяжении периода трудовой активности [3]. В настоящее время сохраняется проблема предотвращения негативного воздействия производственных факторов, способных приводить к развитию как профессиональных заболеваний, так и болезней, связанных с условиями труда, различной степени тяжести [2]. Нефтехимическое и нефтедобывающее производства вместе с горнорудной промышленностью занимают одно из ведущих мест в экономике страны. Данные виды промышленности характеризуются комплексом неблагоприятных факторов, воздействующих на работников (в частности производственного шума) [1, 4]. При сохранении ведущей роли физических факторов в формировании профессиональной патологии возрастает актуальность разработки мероприятий, направленных на сохранение здоровья работников, в частности занятых в добывающей промышленности, в том числе разработанных с учетом результатов оценки профессионального риска. Применяемые подходы к оценке профессионального риска позволяют дать детерминированную оценку профессионального риска, в то время как использование вероятностных методов оценки (теории нечетких множеств) позволит уточнить результаты категорирования профессионального риска путем расчета вероятности отнесения полученных уровней риска к той или иной категории.

В качестве исходной информации были использованы результаты оценки персонального профессионального риска, рассчитанные для операторов по добыче нефти и газа. Вероятность развития негативного ответа (нейросенсорной тугоухости) была рассчитана с использованием параметров логистической регрессионной модели, учитывающей величины возраста, стажа и уровня производственного шума (формула 1). Определение параметров математической модели производилось ме-

тодом наименьших квадратов с применением пакетов программ статистического анализа данных (Statistica 6.0).

Индивидуальный риск здоровью работников рассчитывался путем произведения вероятности возникновения ответа на его тяжесть.

$$p_1 = \frac{1}{1 + e^{-(b_0 + b_1 \cdot x_1 \cdot x_2 + b_2 \cdot x_3)}} \quad (1)$$

где p_1 – вероятность развития заболевания;
x_1 – уровень экспозиции фактора;
x_2 – стаж;
x_3 – возраст;
$b_0 = -7{,}35$; $b_1 = 0{,}00014$; $b_2 = 0{,}074$ – параметры математической модели.

Для задач уточнения принадлежности детерминированных величин профессионального риска, обусловленного профессиональными заболеваниями и болезнями, связанными с работой ($R_{\text{ПЗ/БСУТ}}$), к его категориям используется шкала трапециевидных нечетких чисел, построенная на основе детерминированной шкалы оценки уровней профессионального риска (табл. 1).

Таблица 1

Шкала трапециевидных нечетких чисел для оценки уровней профессионального риска

Трапециевидные нечеткие числа (четверка чисел, задающая трапециевидное число)	Категория профессионального риска
0; 0; 0,00005; 0,00033	Пренебрежимо малый риск
0,00005; 0,00033; 0,00078; 0,00325	Малый риск
0,00078; 0,00325; 0,00775; 0,015	Умеренный риск
0,00775; 0,015; 0,025; 0,0475	Средний риск
0,025; 0,0475; 0,0825; 0,15	Высокий риск
0,0825; 0,15; 0,25; 0,53	Очень высокий риск
0,25; 0,53; 1; 1	Экстремально высокий риск

Использование трапециевидных нечетких чисел позволяет уточнять принадлежность величины к категориям риска, причем если значение величины принадлежит меньшему основанию трапециевидного числа, то ее степень принадлежности к соответствующему классу равна единице, в других случаях степень принадлежности определяется функцией принадлежности.

Данный подход позволяет определить вероятность отнесения уровней риска к той или иной категории. И выделить контингент работников с наибольшей вероятностью перехода риска в следующую категорию при продолжении трудовой деятельности в неизменных условиях.

С использованием параметров регрессионной модели (описывающей зависимость вероятности развития нейросенсорной тугоухости в зависимости от уровня шума, стажа и возраста работников), а также с учетом тяжести заболевания были рассчитаны значения индивидуального риска. Риск, обусловленный развитием НСТ, составил от $1{,}01 \cdot 10^{-3}$ до $1{,}47 \cdot 10^{-2}$.

Результаты оценки степени принадлежности персонального профессионального риска к различным категориям представлены в табл. 2.

При категорировании профессионального риска по его величине риск развития у 124 работников был отнесен к категории умеренного риска, у 15 – к категории среднего риска. После категорирования риска с использованием функции принадлежности количество лиц с умеренным уровнем риска сократилось до 121 человека, а количество лиц со средним уровнем риска увеличилось до 18. При этом для 58 человек, 45 из которых отнесены в категорию с умеренным уровнем риска, а 13 – в категорию со средним уровнем риска, значения функции принадлежности μ (*SR*) составили < 1. Это означает, что данные работники относятся к группе лиц с наибольшей вероятностью увеличения категории риска в случае продолжения трудовой деятельности в неизменных условиях.

Таблица 2

Степень принадлежности значений персонального риска к определенной категории с использованием значений функции принадлежности

Категория риска	Степень принадлежности работников к категории риска, абс.		
	50–70 %	70–99 %	100 %
Малый:	11	0	19
– из них на границе с умеренным риском	11	0	0
Умеренный:	11	34	76
– из них на границе со средним риском	4	15	0
Средний	7	6	5

Уточнение категории индивидуального риска здоровью с использованием теории нечетких множеств позволило выделить группу работников (30 человек) в отношении которой применение комплекса профилактических мероприятий, направленных на снижение временной утраты трудоспособности и предотвращение стойкой утраты трудоспособности, будет наиболее эффективно.

Список литературы

1. Бакиров А.Б. Закономерности формирования профессиональных рисков в процессе добычи и переработки нефти // Acta Biomedica Scientifica. – 2005. – № 2 (40). – С. 20–24.

2. Берхеева З.М. Многолетняя динамика и структура профессиональной заболеваемости в Республике Татарстан // Вестник современной клинической медицины. – 2015. – № 8 (1). – С. 10–17.

3. Современные аспекты профессионального риска у лиц умственного труда (обзор литературы) / С.А. Ибраев, Ж.Ж. Жарылкасын, Е.Ж. Отаров, Ч.У. Исмаилов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 3–1. – С. 62–65.

4. Чеботарёв А.Г. Прогнозирование условий труда и профессиональной заболеваемости у работников горнорудных предприятий // Горная Промышленность. – 2016. – № 3 (127). – С. 54–57.

Особенности иммунной регуляции у работников горнодобывающего предприятия в условиях избыточной контаминации биосред формальдегидом

Ю.А. Челакова[1], О.В. Долгих[1,2,3], М.Н. Вершинин[2]

[1] ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2] ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
[3] ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
г. Пермь, Россия

Проведено изучение особенностей иммунной регуляции, как ее клеточного, так и гуморального звена, для задач диагностики ранних нарушений здоровья работников, ассоциированных с избыточной контаминацией биосред формальдегидом. В группу наблюдения вошли 157 человек в возрасте 43,2 ± 1,3 г., работающих во вредных условиях труда на горнодобывающем предприятии. В группу сравнения вошли 78 пациентов в возрасте 44,5 ± 1,2 г., работающих в административной части предприятия. По результатам химико-аналитических исследований наблюдается превышение допустимого уровня формальдегида в крови как в группе наблюдения, так и в группе сравнения. Наблюдаются достоверные отклонения в системе гуморального и клеточного иммунитета в виде снижения фагоцитарной активности, роста содержания сывороточных иммуноглобулинов, уровня общей и специфической сенсибилизации, повышенной экспрессии киллерных CD16+CD56+ и активационных CD25+ и CD95+ лимфоцитов. Наблюдался дисбаланс цитокинового профиля в виде гиперпродукции IL-1β и угнетения ФНО. Установлена нарушенная регуляция адаптационного потенциала: дефицит уровня сывороточного серотонина и избыточная экспрессия кортизола. Комплекс индикаторных показателей (IgE специфический к формальдегиду, уровень экспрессии киллерных и апоптотических мембранных рецепторов, показатели цитокинового профиля IL-1β и ФНО альфа, дисбаланс серотонина и кортизола) может быть рекомендован как маркерный для задач ранней диагностики нарушений иммунорегуляции в формирования производственно обусловленной патологии у работников горнодобывающего производства, в условиях избыточной контаминации биосред формальдегидом.

Ключевые слова: горнодобывающее производство, контаминация крови формальдегидом, сенсибилизация, иммунная регуляция.

Работа на предприятии по добыче и переработке калийных солей сопряжена с вредными условиями труда, что определяется не только особенностью микроклиматических условий рабочей зоны (шум, вибрация, высокая влажность и температура), но и присутствием вредных химических веществ, используемых в технологическом процессе, а также фактора психоэмоционального напряжения. Сочетанное действие факторов условий труда способствует формированию производственно обусловленных заболеваний, влияющих на качество жизни и трудоспособность работников предприятия [6, 10, 12].

Физико-химические свойства формальдегида таковы, что в одних случаях он проявляет общетоксическое действие (раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей, горла, глаз, вызывает тошноту и головную боль), а в других – вызывает аллергию и оказывает канцерогенное действие, обусловливая развитие онкопатологии различной локализации и предраковых состояний [1, 5]. В своих исследованиях В.Б. Смулевич отмечает, что у работников, экспонированных формальдегидом, повышен риск развития рака кожи (дезинфекторы, бальзамировщики), опухолей верхних дыхательных путей (носовой полости, околоносовых пазух и носоглотки (мебельное производство)), полости рта, глотки, желудка, толстого кишечника, предстательной железы, легких, лейкозов (производство формальдегида) [8, 9].

Иммунная система обладает высокой чувствительностью к воздействию вредных факторов [6]. В силу этой особенности количественные изменения показателей иммунной системы могут служить индикатором воздействия на организм вредных факторов. В реальных условиях производственные факторы действуют не изолированно и при их различных сочетаниях и комбинациях не всегда представляется возможным установить ведущий фактор, влияние которого преобладает в том или ином случае. Хроническая экспозиция химических соединений, как правило, приводит к развитию вторичных иммунодефицитов, поэтому оценка иммунного статуса позволяет адекватно отразить негативное воздействие производственной среды на организм человека [2, 3, 11, 15].

Сохранение профессионального здоровья и долголетия трудящихся граждан – главная задача, стоящая перед государством. В связи с этим оценка состояния иммунной системы, в том числе ее клеточного и гуморального профиля, необходима для диагностики ранних нарушений здоровья работников добывающей промышленности с целью предотвращения сокращения периода трудоспособности, инвалидизации, развития аллергии и онкопролиферативных процессов [4, 13].

Цель исследования – изучение особенностей индикаторных показателей иммунной регуляции у работников горнодобывающего предприятия в условиях избыточной контаминации биосред формальдегидом.

Материалы и методы. Проведено углубленное обследование состояния здоровья 235 мужчин и женщин в возрасте от 23 до 63 лет, работающих на калийном предприятии горнодобывающей промышленности. Формальдегид является ведущим вредным химическим фактором для работников калийного горнодобывающего производства (класс вредности 3.1).

Выборка пациентов была поделена по принципу работы непосредственно на производстве минеральных удобрений (основное производство) и работы в административной части. В группу наблюдения вошли 157 человек (125 женщин, 32 мужчины) в возрасте 43,2 ± 1,3 г., работающих во вредных условиях труда. В группу контроля вошли 78 человек (61 женщина, 17 мужчин) в возрасте 44,5 ± 1,2 г., работающих в административной части компании.

Исследование крови на содержание формальдегида выполнялось методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на жидкостном хроматографе Agilent с диодно-матричным детектором в соответствии методическими указаниями с МУК 4.1.2111-06 «Измерение массовой концентрации формальдегида в пробах крови методом высокоэффективной жидкостной хроматографии» [6].

Оценка фагоцитарной активности клеток осуществлялась с использованием формалинизированных эритроцитов барана.

Определение сывороточных иммуноглобулинов классов A, M, G осуществляли методом радиальной иммунодиффузии по Манчини.

Содержание специфического к поллютанту (формальдегид) иммуноглобулина класса E (Ig E) определяли в аллергосорбентном тесте с ферментной меткой.

Определение в сыворотке крови общего иммуноглобулина класса E, цитокинов (интерлейкин-1β (IL-1β) и фактор некроза опухолей (ФНО)) проводили при помощи иммуноферментного анализа (тест-системы фирмы «Вектор-Бест», г. Новосибирск) на анализаторе Elx808IU.

Фенотипирование CD-лимфоцитов проводили на проточном цитометре FACSCalibur фирмы Becton Dickinson с использованием универсальной программы CellQuest.Pro. Определение популяций и субпопуляций лимфоцитов (CD16+, CD19+, CD25+, CD95+) осуществляли методом мембранной иммунофлюоресценции с использованием панели меченых моноклональных антител к мембранным CD-рецепторам (Becton Dickinson, USA), при этом регистрировали суммарно не менее 10 тыс. событий.

Для качественного осуществления статистического анализа данных обработка материала проводилась с использованием программы Microsoft ® Office Excel 2003 и пакета прикладных программ Statistica 6.0. Данные обрабатывали методом вариационной статистики с расчетом среднего арифметического, его стандартной ошибки. Достоверность различий определяли по *t*-критерию Стьюдента, оценку зависимостей между признаками с помощью корреляционно-регрессионного анализа, критерия Фишера и коэффициента детерминации (R^2). Качественные данные представлены в виде абсолютных или относительных (%) частот, количественные признаки представлены как $M \pm m$ (среднее арифметическое ± ошибка среднего). Достоверность отличий между группами считали значимыми при $p < 0{,}05$.

Результаты. По результатам химико-аналитических исследований установлено превышение допустимого уровня (N = 0,0169–0,0191 мкг/см^3) содержания формальдегида в крови как в группе наблюдения (0,0457 ± 0,0039 мкг/см^3), так и в группе сравнения (0,0374 ± 0,0076 мкг/см^3). При этом в группе наблюдения содержание формальдегида в крови относительно группы сравнения повышено в 1,22 раза ($p \leq 0{,}05$).

Клинико-лабораторные исследования состояния здоровья работников при сопоставлении групп наблюдения и сравнения указывают на наличие нарушений в иммунной регуляции (табл. 1).

Сравнительный анализ с показателями физиологической нормы позволил установить, что в группе наблюдения не выявлено достоверных изменений врожденного клеточного иммунитета по критериям фагоцитоза, однако относительно группы сравнения наблюдается достоверное повышение фагоцитарной активности по критерию абсолютного фагоцитоза (на 8 %) ($p \leq 0{,}05$).

Установлено достоверно повышенное содержание сывороточных иммуноглобулинов классов G, A, M относительно группы сравнения (IgG выше на 5 %, IgA – на 8 % ($p < 0{,}05$)), что отражает нарушения иммунорегуляции.

Анализ отношения шансов позволил установить достоверное ($p < 0{,}05$) повышение содержания IgG при увеличении концентрации формальдегида в крови ($R^2 = 0{,}58$ при $p < 0{,}05$).

Одновременно у 21,8 % работников выявлен повышенный на 5 % относительно группы сравнения уровень общей сенсибилизации (IgE общий) ($p < 0{,}05$).

Таблица 1

Иммунологические показатели работников горнодобывающей промышленности

Показатель	Референтный диапазон	Группа наблюдения (n = 157), $M \pm m$	Группа сравнения (n = 78), $M \pm m$
Абсолютный фагоцитоз, 10^9/дм^3	0,964–2,988	2,340 ± 0,145**	2,174 ± 0,216
IgG, г/дм^3	10–18	14,190 ± 0,681**	13,572 ± 0,505
IgM, г/дм^3	1,1–2,5	1,637 ± 0,079**	1,588 ± 0,119
IgA, г/дм^3	1,1–3	2,649 ± 0,181**	2,445 ± 0,122
CD16+CD56+-лимфоциты, отн., %	5–27	14,840 ± 1,535**	13,308 ± 1,083
CD16+CD56+-лимфоциты, абс., 10^9/дм^3	0,09–0,59	0,322 ± 0,036**	0,286 ± 0,027
CD3+CD25+-лимфоциты, отн., %	10–20	15,636 ± 1,511**	14,987 ± 1,131
CD3+CD25+-лимфоциты, абс., 10^9/дм^3	0,19–0,56	0,339 ± 0,039**	0,324 ± 0,029
CD3+CD95+-лимфоциты, отн., %	31–41	41,510 ± 2,231**	34,267 ± 2,355
CD3+CD95+-лимфоциты, абс., 10^9/дм^3	0,63–0,97	0,904 ± 0,076**	0,774 ± 0,079
IgE общий, МЕ/см^3	0–149,9	62,666 ± 18,956**	59,532 ± 19,553
IgE спец. к формальдегиду, МЕ/мл	0–1,5	0,188 ± 0,033**	0,055 ± 0,031
Интерлейкин-1бета, пг/мл	0–11	1,782 ± 0,171**	1,329 ± 0,195
Фактор некроза опухолей, пг/мл	0–6	2,010 ± 0,284**	3,636 ± 1,108

Примечание: * – разница достоверна относительно референтного уровня ($p < 0,05$); ** – разница достоверна относительно группы сравнения ($p < 0,05$).

Также наблюдается достоверно повышенный (в 3,42 раза) уровень специфической сенсибилизации к формальдегиду по критерию IgE относительно группы сравнения ($p < 0,05$).

Анализ отношения шансов повышения гиперчувствительности при увеличении концентрации контаминантов в биологических средах позволил установить достоверное ($p < 0,05$) повышение содержания IgE общего и IgE к формальдегиду при возрастании концентрации формальдегида в крови (R^2 = 0,14–0,30 при $p < 0,05$).

У работников группы наблюдения были установлены достоверные отклонения показателей CD-иммунограммы по отношению к группе сравнения. Выявлена повышенная экспрессия рецепторов киллерных лимфоцитов CD16+CD56+ (абсолютных значений – на 13 %, относительных – на 12 %) ($p < 0,05$). Наблюдается активация экспрессии рецепторов клеточной гибели CD95+ (абсолютных – в 1,17 раза, относительных – в 1,21 раза) и CD25+ (абсолютных – на 5 %, относительных – на 4 %) ($p < 0,05$).

Анализ отношения шансов изменения показателей клеточного иммунитета при возрастании концентрации контаминантов в биологических средах позволил установить достоверное ($p < 0,05$) повышение экспрессии рецептора клеточной гибели CD95+ при увеличении концентрации формальдегида в крови (R^2 = 0,73 при $p < 0,05$).

Полученные данные свидетельствуют о чрезмерной активации скорости жизненного цикла иммунных клеток и рецепторной активности иммунокомпетентных клеток. Наблюдаемая клеточная перестройка может сопровождаться процессами, ассоциированными с вирусными и онкопролиферативными состояниями.

Анализ цитокиновой регуляции IL-1β и ФНО позволил установить, что данные показатели находятся в пределах референтного уровня, однако наблюдается превышение уровня IL-1β (в 1,34 раза) и снижение показателя ФНО (в 1,81 раза) относительно группы сравнения ($p < 0,05$), что указывает на избыточную актива-

цию воспалительного процесса и снижение противоопухолевой цитокиновой экспрессии (см. табл. 1).

Содержание медиатора катехоламиновой регуляции серотонина и гормона коркового слоя надпочечников кортизола не выходит за референтные пределы. Однако по сравнению с уровнем значений группы сравнения содержание серотонина в группе наблюдения ниже в 1,71 раза, а кортизола выше в 1,15 раза ($p < 0,05$), что указывает на снижение адаптационного потенциала и защитных механизмов стрессоустойчивости (табл. 2).

Таблица 2

Показатели гормонального статуса работников горнодобывающей промышленности

Показатель	Референтный уровень	Группа наблюдения ($n = 157$), $M \pm m$	Группа сравнения ($n = 78$), $M \pm m$
Серотонин, нг/мл	40–400	176,389 ± 18,597**	301,397 ± 37,065
Кортизол, нмоль/см^3	140–600	337,107 ± 49,513**	294,126 ± 18,740

Примечание: * – разница достоверна относительно референтного уровня ($p < 0,05$); ** – разница достоверна относительно группы сравнения ($p < 0,05$).

Иммунная система, являясь защитной для организма, первая реагирует на воздействие вредных химических производственных факторов и, в случае ее неспособности длительное время сохранять стабильность организма, запускает каскад реакций, связанных с нею систем организма, участвуя в процессах дезадаптации, ведущих к формированию производственно обусловленной патологии.

Выводы. Таким образом, по результатам проведенного иммунологического исследования работников горнодобывающей промышленности выявлены ассоциированные с избыточной контаминацией формальдегидом отклонения в системах клеточного и гуморального иммунитета в виде дисбаланса фагоцитарной активности (повышение) и содержания сывороточных иммуноглобулинов классов G, A, M (гиперпродукция) относительно группы сравнения, верифицированные математическими моделями (достоверная зависимость «содержание IgG – формальдегид в крови», $p < 0,05$).

Уровень специфической сенсибилизации к формальдегиду по критерию IgE специфическому достоверно более чем в 3 раза превышал уровень группы сравнения и характеризовался достоверной зависимостью от концентрации формальдегида в крови ($p < 0,05$).

Установлена гиперэкспрессия рецепторов киллерных CD16+CD56+ и активационных CD25+ и CD95+ лимфоцитов, а выполненное моделирование выявило прямую зависимость CD-маркеров от уровня контаминации крови формальдегидом.

Установлен дисбаланс цитокинового профиля с избыточной активацией провоспалительного цитокина IL-1β с одновременным угнетением экспрессии ФНО, что указывает на снижение противоопухолевой защиты.

Снижение уровня экспрессии серотонина и гиперпродукция кортизола свидетельствуют о дисбалансе механизмов стрессоустойчивости в условиях избыточной контаминации формальдегидом.

Полученные с использованием современных методов исследования результаты позволяют обосновать и рекомендовать комплекс индикаторных показателей

(IgE специфический к формальдегиду, уровень экспрессии киллерных и апоптотических мембранных рецепторов, провоспалительных цитокинов IL-1β и ФНО альфа, катехоламиново-глюкокортикоидный дисбаланс) как маркерный – для задач ранней диагностики формирования производственно обусловленной патологии и проведения иммунологического мониторинга работников калийного предприятия горнодобывающей промышленности, подверженных экспозиции техногенными загрязнителями (на примере формальдегида).

Список литературы

1. Дорогова В.Б., Тараненко Н.А., Рычагова О.А. Формальдегид в окружающей среде и его влияние на организм (обзор) // Бюллетень восточно-сибирского научного центра сибирского отделения российской академии медицинских наук. – 2010. – № 1 (71). – С. 32–35.

2. Измеров Н.Ф. Саноцкий И.В., Сидоров К.К. Параметры токсикометрии промышленных ядов при однократном воздействии. – М.: Медицина, 1987. – 240 с.

3. Никоношина Н.А., Зайцева Н.В., Долгих О.В. Анализ особенностей иммунной регуляции, ассоциированных с полиморфизмом кандидатных генов, у мужчин с диагнозом атеросклероз (на примере пермского края) // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2020. – Т. 170, № 11. – С. 608–613.

4. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2020. – 299 с.

5. Оценка воздействия допустимых концентраций формальдегида на функциональное состояние центральной нервной системы подростков / В.С. Рукавишников, Н.В. Ефимова, И.В. Мыльникова, О.М. Журба // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 5. – С. 474–478.

6. Оценка иммунного статуса женщин, работающих в калийном производстве, и их детей / С.В. Ширшев, Б.А. Бахметьев, В.А. Черешнев [и др.] // Экология. – 2003. – № 6. – С. 472–477.

7. Сборник методик по определению химических соединений в биологических средах: МУК 4.1. 2102 – 4.1.2116-06. – М., 2008. – С. 96–124.

8. Смулевич В.Б. Профессия и рак. – М.: Медицина, 2000. – 384 с.

9. Смулевич В.Б. Профилактика профессионального рака. – М.: Профиздат, 2004. – 224 с.

10. Хаитов Р.М., Игнатьева Г.А., Сидорович И.Г. Иммунология. Норма и патология. – М.: Медицина, 2010. – 240 с.

11. Челакова Ю.А., Долгих О.В. Особенности иммунного статуса рабочих нефтехимического производства с патологией сердечно-сосудистой системы // Здоровье населения и среда обитания. – 2020. – № 5 (326). – С. 47–51.

12. Чубирко М.И., Степкин Ю.И., Пичужкина И.М. Факторы риска внутрижилищной среды для здоровья населения // Гигиена и санитария. – 2005. – № 1. – С. 11–13.

13. Disruption of p53 in human cancer cells alters the responses to therapeutic agents / F. Bunz, P.M. Hwang, C. Torrance [et al.] // J. Clin. Invest. – 1999. – Vol. 104, № 3. – P. 263–269.

14. Dogan A.L. Biology and genetics of breast cancer // Breast Disease. – Springer International Publishing. – 2016. – P. 145–160.

15. Husberg V., Rudakov M. Improving working condition as a basis pro prevention of occupational diseases // Barents Newsletter on Occupational Health and Safety. – 2010. – № 2. – P. 50–52.

Анализ несчастных случаев со смертельным исходом на предприятиях и в организациях Республики Башкортостан за 2019–2020 гг.

И.В. Шаповал[1], Л.К. Каримова[1], А.З. Фагамова[1], Н.А. Мулдашева[1], Э.А. Ларионова[1,2]

[1] ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»,
[2]ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»,
г. Уфа, Россия

Во всем мире отмечается рост числа случаев смерти на рабочем месте. По данным разных источников ежегодно погибают от одного до двух миллионов человек. Значимость данной проблемы диктует необходимость проведения анализа случаев смерти на рабочем месте, а также разработки комплекса мероприятий, направленных на их предупреждение.

С целью изучения факторов риска и причин несчастных случаев со смертельным исходом на рабочем месте, признанных при расследовании как связанными, так и не связанными с производством, и разработки научно обоснованной программы по их профилактике были проанализированы материалы расследования несчастных случаев со смертельным исходом на предприятиях и в организациях Республики Башкортостан за период 2019–2020 гг., которые, согласно трудовому законодательству Российской Федерации, квалифицируются как связанные с производством, так и не связанные с производством. Анализ проведен по отдельным видам экономической деятельности с расчетом относительных показателей (на 1000 работников).

Установлено, что за период наблюдения зарегистрировано 219 погибших на рабочем месте, и в структуре смертельных исходов преобладали случаи смерти, не связанные с производством (от общего заболевания), по сравнению со случаями смерти, связанными с производством (от травм). Общее количество несчастных случаев со смертельным исходом за 2019–2020 гг. на предприятиях и в организациях Республики Башкортостан составило: вследствие травм в 2019 г. – 0,030 на 1000 работников, в 2020 г. – 0,023 на 1000 работников; от общих заболеваний в 2019 г. – 0,036 на 1000 работников, в 2020 г. – 0,033 на 1000 работников.

Наибольший удельный вес смертей по причине травм на рабочем месте отмечался в организациях таких видов экономической деятельности, как строительство – 25,9 %, обрабатывающие производства – 20,0 %; по причине внезапной смерти на рабочем месте от общих заболеваний – в обрабатывающих производствах – 22,1 %, транспортировка и хранение – 19,5 %.

Ключевые слова: несчастный случай, смертельный исход, рабочее место, предприятия, организации.

В мире ежегодно по причинам, связанным с производством, на рабочем месте, согласно разным источникам, погибают от одного до двух миллионов человек. По сведениям Всемирной организации здравоохранения, смерть от несчастных случаев на производстве занимает третье место после сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний [3, 6].

По уровню летального производственного травматизма на тысячу человек Россия занимает одно из первых мест в мире, ущерб от производственного травматизма каждый год превышает почти 500 млн рублей [1, 2].

В целом за период 2015–2020 гг. в Российской Федерации достигнуты определенные успехи в вопросах некоторого снижения уровня смертности на рабочем месте от травм. Так, за последние 20 лет количество случаев со смертельным исходом сократилось примерно в четыре раза.

Вместе с тем частота случаев внезапной смерти на рабочем месте от общих заболеваний в Российской Федерации имеет тенденцию к увеличению [7].

По прогнозным оценкам в ближайшие десятилетия ожидается увеличение риска развития смерти на рабочем месте от общих заболеваний вследствие роста распространенности таких факторов риска, как стресс на рабочем месте и в быту [4, 5].

Цель исследования – изучение факторов риска и причин несчастных случаев со смертельным исходом на рабочем месте, признанных при расследовании как связанными, так и не связанными с производством, и разработка научно обоснованной программы по их профилактике.

Материалы и методы. Анализ несчастных случаев на рабочем месте со смертельным исходом, признанных при расследовании как связанными с производством, так и не связанными с производством (от общих заболеваний), произошедших на предприятиях и в организациях Республики Башкортостан за 2019–2020 гг., был проведен в соответствии с общероссийским классификатором видов экономической деятельности (ВЭД) с учетом организационно-правовой формы предприятия, категории должностей, пола, возраста пострадавших, даты и времени несчастного случая, класса условий труда в соответствии со специальной оценкой условий труда (СОУТ), режима труда и отдыха, причины смерти. Всего было проанализировано 219 материалов расследований несчастных случаев на рабочем месте со смертельным исходом. Анализ проведен как в абсолютных, так и в относительных показателях (на 1000 работников).

Результаты. Установлено, что за период наблюдения зарегистрировано 219 погибших на рабочем месте, при этом отмечалось преобладание в структуре смертельных исходов случаев смерти на рабочем месте, не связанных с производством (от общего заболевания), по сравнению со случаями смерти, связанными с производством (от травм) (таблица).

Численность пострадавших со смертельным исходом на рабочих местах Республики Башкортостан в 2019–2020 гг.

Год	Общее число погибших	Количество пострадавших при несчастных случаях			
		признанных при расследовании как связанные с производством		признанных при расследовании как не связанные с производством	
	абс.	абс.	%	абс.	%
2019	112	49	43,8	63	56,2
2020	107	36	33,6	71	66,4
Итого	219	85	38,8	134	61,2

Количество пострадавших при несчастных случаях со смертельным исходом от общего заболевания, признанных при расследовании как не связанные с производством, имело тенденцию к увеличению и в 2020 г. превышало на 11,3 % показатель 2019 г.

Уровень смертности вследствие травм на рабочем месте на предприятиях и в организациях Республики Башкортостан на 1000 работников составил в 2019 г. 0,030, в 2020 г. – 0,023.

Наибольший удельный вес умерших по причине травм на рабочем месте отмечался в организациях таких ВЭД, как строительство – 25,9 %, обрабатывающие производства – 20,0 %, транспортировка и хранение – 15,2 %, сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство – 12,9 %, добыча полезных ископаемых – 9,4 %. На долю указанных отраслей экономики приходилось более 83,4 % всех травм со смертельным исходом на рабочем месте.

На рабочих местах от травм чаще погибали мужчины в возрасте 30–39 лет и 50–59 лет, доля которых составляла 97,6 % от общего количества погибших от травм.

При проведении анализа случаев смерти на рабочем месте от травм по месяцам года установлено, что наибольшее их количество в 2019–2020 гг. отмечалось во втором полугодии и составляло 65,5 %; максимальное число погибших было зарегистрировано с июля по ноябрь – по 52,9 % случаев.

При распределении случаев смерти по времени суток установлено, что наибольшее число случаев смерти происходило в утренние (с 7 до 12 (38,1 %)) и дневные (с 13 до 18 (44,0 %)) часы, несколько меньшее количество случаев зарегистрировано в вечернее и ночное время.

По данным СОУТ, условия труда на рабочем месте умерших от травм чаще (49,4 %) соответствовали допустимому классу (2-й класс); во вредных условиях (подкласс 3.1–3.2) работало 24,7 %.

Установлено, что основными причинами травматизма со смертельным исходом на производстве в 2019–2020 гг. были неудовлетворительная организация производства работ – 34,4 %, нарушение правил дорожного движения – 27,1 %. Работники чаще погибали по причине «неудовлетворительная организация производства работ» в обрабатывающих производствах – 47,1 %, при добыче полезных ископаемых – 37,5 %, в сельском, лесном хозяйстве, на охоте, при рыболовстве и рыбоводстве – 27,3 % случаев.

Из-за нарушения правил дорожного движения больше всего работников погибло в организациях, относящихся к таким ВЭД, как «транспортировка и хранение» (84,6 %); по причине нарушения трудового распорядка и дисциплины труда – в обрабатывающих производствах (11,8 % случаев).

Неудовлетворительное техническое состояние зданий, сооружений, территории послужило причиной гибели работников, занятых добычей полезных ископаемых, в 25,0 % случаев. Нарушения технологического процесса, приведшие к смерти работника, отмечены в организациях строительной отрасли (13,6 % случаев).

Важно отметить, что не прошли инструктажи по технике безопасности и обучение по охране труда 10,6 % погибших.

По данным анализа судебно-медицинских заключений, причинами смерти были множественные травмы различных органов и систем в 72,9 %, воздействие электрического тока – в 10,6 %, термический ожог – 7,1 %, механическая асфиксия

от компрессии органов груди и живота и утопление – по 4,7 %, токсическое действие неуточненного вещества – в 1,2 % случаев. В 12,9 % случаев в организме погибших обнаружен алкоголь. Нарушения режима труда и отдыха в виде переработок имело место в 17,6 % случаев.

При проведении анализа погибших в зависимости от стажа в данной профессии установлено, что погибали в основном работники, имеющие небольшой стаж работы по профессии: так, стаж до 10 лет имели 87,1 % погибших (74 человека), причем 75,0 % из них (64 человека) не проработали и 5 лет.

Удельный вес умерших от общих заболеваний на рабочем месте наблюдался в организациях таких ВЭД, как обрабатывающие производства – 22,1 %, транспортировка и хранение – 19,5 %, обеспечение электрической энергией, газом и паром, водоснабжение, водоотведение – 9,7 %, добыча полезных ископаемых – 8,8 %, строительство и деятельность административная и сопутствующие дополнительные услуги – по 7,1 %. На предприятия, входящие в вышеперечисленные виды экономической деятельности, приходится более 60 % (84 случая) всех смертей на рабочем месте от общих заболеваний.

На рабочих местах от общих заболеваний чаще погибали мужчины, доля которых составляла 93,8 % от общего количества умерших. Наибольшая частота смертей работников обоих полов наблюдалась в возрастном диапазоне 55–59 лет в утренние и дневные часы.

Условия труда умерших работников по данным СОУТ в большинстве случаев (64,6 %) соответствовали допустимому классу (2-й класс); во вредных условиях (подкласс 3.1–3.2) работало 29,2 %.

В результате изучения судебно-медицинских заключений, представленных в материалах расследования несчастных случаев, установлено, что основными причинами внезапной смерти работников в 98,2 % случаев явились болезни системы кровообращения, в 3,0 % случаев внезапная смерть на рабочем месте была спровоцирована употреблением алкоголя.

Структура внезапной смерти на рабочем месте от болезней системы кровообращения включала пять групп заболеваний, доля которых различалась. Наиболее часто в качестве непосредственной причины смерти фигурировали те или иные формы острой ишемической болезни сердца (ИБС) (82,0 %), кардиомиопатии (7,2 %).

На ухудшение самочувствия предъявляли жалобы за несколько дней до летального исхода на рабочем месте лишь 1,0 %, в день смерти – 10,0 % работников.

Основное число работников (89,1 %) умерло внезапно, непосредственно на рабочем месте, лишь 11,0 % были доставлены бригадой скорой медицинской помощи в стационар, но спасти их уже не удалось.

Выводы. За период наблюдения зарегистрировано 219 погибших на рабочем месте. Общее количество несчастных случаев со смертельным исходом за 2019–2020 гг. на предприятиях и в организациях Республики Башкортостан составило: вследствие травм в 2019 г. – 0,030 на 1000 работников, в 2020 г. – 0,023 на 1000 работников; от общих заболеваний в 2019 г. – 0,036 на 1000 работников, в 2020 г. – 0,033 на 1000 работников.

Наибольшее число умерших по причине травм на рабочем месте было зарегистрировано в организациях таких видов экономической деятельности, как строительство – 25,9 %, обрабатывающие производства – 20,0 % транспортировка и хра-

нение – 15,2 %; чаще погибали лица мужского пола (97,6 %), большинство из которых (87,1 %) имели стаж работы по профессии до 10 лет.

Основными видами несчастных случаев со смертельным исходом, связанных с производством, были транспортные происшествия – 29,0 %, падение пострадавших с высоты – 12,9 % и воздействие электрического тока – 10,6 %.

Проведенные исследования свидетельствуют об увеличении количества пострадавших при несчастных случаях, признанных при расследовании не связанными с производством (внезапная смерть от общих заболеваний).

Удельный вес умерших от общих заболеваний на рабочем месте наблюдался в организациях таких ВЭД, как обрабатывающие производства – 22,1 %, транспортировка и хранение – 19,5 %, обеспечение электрической энергией, газом и паром, водоснабжение, водоотведение – 9,7 %; чаще погибали мужчины (93,8 %) в возрастном диапазоне 55–59 лет.

Основными причинами внезапной смерти на рабочих местах являлись болезни системы кровообращения (98,2 %), которые чаще регистрировались у мужчин в возрасте 56–60 лет.

Результаты проведенных исследований обусловили необходимость разработки программы по снижению риска смерти на рабочем месте. В задачи программы входило своевременное выявление и оценка производственных и непроизводственных факторов риска смерти на рабочем месте и проведение комплекса мероприятий, направленных на обеспечение безопасных условий труда; обучение безопасным методам и приемам выполнения работ, повышение квалификации работников путем стажировки и специальной подготовки; обеспечение эффективности оказания медицинской помощи за счет повышения ее качества и доступности; проведение обязательных предварительных медицинских осмотров при приеме на работу и периодических медицинских осмотров работников; продвижение и популяризация здорового образа жизни среди работников предприятия.

Реализация данной программы на производстве позволит снизить риск смерти на рабочем месте и предотвратить трудопотери.

Список литературы

1. Альшиц Е.А., Кулькова И.А. Результативность предупредительных мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний // Управленец. – 2018. – Т. 9, № 2. – С. 18–25.

2. Басанец А.В., Остапенко Т.А., Черкесов В.В. Внезапная смерть на рабочем месте // Украинский журнал по проблемам медицины труда. – 2014. – № 1 (38). – С. 39–45.

3. Колдина Е.В., Минько В.М. Исследование соотношения несчастных случаев со смертельным исходом к общему производственному травматизму в Российской Федерации // Вестник молодежной науки. – 2015. – № 2. – С. 1.

4. Производственный травматизм как критерий профессионального риска / И.В. Бухтияров, Н.Ф. Измеров, Г.И. Тихонова [и др.] // Проблемы прогнозирования. – 2017. – № 5 (164). – С. 140–149.

5. Тихонова Г.И., Чуранова А.Н. Многолетний анализ особенностей учета несчастных случаев на производстве в России // Демографическое обозрение. – 2019. – Т. 6, № 2. – С. 142–164.

6. Шилова М.А. Внезапная сердечная смерть лиц молодого возраста: факторы риска, причины, морфологические эквиваленты // Международный журнал сердца и сосудистых заболеваний. – 2015. – Т. 3, № 6. – С. 25–34.

7. Шматова А.В., Шевченко Л.А. О случаях смерти работников на рабочем месте, не связанных с производством // Охрана труда и техника безопасности на промышленных предприятиях. – 2017. – № 5-6. – С. 24–27.

Количественная оценка профессионального риска, обусловленного напряженностью трудового процесса

П.З. Шур[1], Д.Н. Лир[1,2], В.Б. Алексеев[1], В.А. Фокин[1]

[1]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2]ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера» Минздрава РФ,
г. Пермь, Россия

Представлены методические подходы к оценке профессионального риска здоровью, обусловленного напряженностью трудового процесса, с учетом характеристик по отдельным видам нагрузки. Алгоритм оценки предусматривает реализацию следующих этапов: идентификация опасности, сбор сведений об уровне действующего фактора (оценка экспозиции), оценка состояния здоровья, расчет группового риска, а также определение его допустимости. В ходе апробации, проведенной на группе работников предприятия нефтедобычи, установлен неприемлемый риск развития язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, обусловленный сенсорной нагрузкой, а также риск развития атеросклероза в результате воздействия сенсорной нагрузки и режима работы. Интегральный риск развития атеросклероза, связанного с воздействием двух детализированных видов нагрузок, высокий и равен $14{,}9 \cdot 10^{-2}$. При этом вклад нагрузки, связанной с режимом работы, в развитие атеросклероза более значим (66 %), чем от сенсорной (34 %) нагрузки. Результаты оценки риска являются основой для эффективных профилактических здоровьесберегающих мероприятий.

Ключевые слова: оценка риска, методические подходы, напряженность трудового процесса, количественная оценка.

Напряженность труда (НТ) является одним из факторов производственной среды и трудового процесса, который подлежит контролю при проведении мероприятий по оценке условий труда. Данный фактор отражает нагрузку на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную и интеллектуальную сферы, связанную непосредственно с выполняемой работой. Существующая в отечественной практике оценка НТ ориентирована на определение класса условий труда (КУТ) согласно методике оценки напряженности трудового процесса Руководства

по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда (Р 2.2.2006-05) (далее – Руководство)[1], что необходимо для контроля соответствия действующим санитарным правилам и нормам, гигиеническим нормативам и получения санитарно-эпидемиологического заключения. В научной литературе дополнительно рекомендуется использовать интегральный показатель, который позволит обобщить оценки и в зависимости от результата определить одну из шести категорий НТ [3].

Вместе с тем имеющиеся подходы не позволяют количественно оценить риск возникновения вероятных негативных последствий со стороны здоровья, в том числе по отдельным характеристикам НТ.

Цель исследования – предложить алгоритм количественной оценки риска здоровью, обусловленного напряженностью трудового процесса, с учетом характеристик по отдельным видам нагрузки.

Материалы и методы. Разработка алгоритма оценки риска здоровью, обусловленного напряженностью трудового процесса, основывалась на данных релевантной литературы. Использованы аналитический метод и метод системного анализа.

Апробация предлагаемых методических подходов к количественной оценке риска развития заболеваний, связанных с НТ, проведена на работниках предприятия нефтедобычи. В исследование включены операторы по добыче нефти и газа (ОДНГ), в возрасте 44,5 ± 8,0 г. и средним стажем работы в профессии 17,1 ± 8,9 г.; все лица мужского пола. Условия труда по результатам специальной оценки условий труда (СОУТ) на рабочих местах данной профессии являются идентичными. Для них характерно наличие химических (КУТ 3.1) и физических факторов (КУТ 3.1), а также тяжесть трудового процесса (КУТ 3.2). Параметры световой среды и микроклимата соответствовали допустимым условиям труда (КУТ 2). Отметим, что напряженность трудового процесса у данных работников в ходе СОУТ не оценивалась. Определение уровня НТ выполнено с использованием специально разработанной анкеты.

Сведения о состоянии здоровья (наличие профессиональных заболеваний и болезней, связанных с работой) получены в результате врачебного обследования работников специалистами ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», отдел общей и профессиональной патологии (под руководством зам. директора по клинической работе д-р мед. наук О.Ю. Устиновой).

Для оценки НТ и риска развития заболеваний, как профессиональных (ПЗ), так и болезней, связанных с работой (БСР), сформированы группы наблюдения и сравнения. Численность выборки 59 человек. В качестве основного критерия включения в группу наблюдения был принят уровень нагрузки по результатам оценки отдельных компонентов напряженности более двух баллов. Причинно-следственная связь заболевания с профессией установлена с помощью показателей относительного риска (*RR*), 95%-ного доверительного интервала (ДИ), а также этиологи-

[1] Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200040973 (дата обращения: 19.03.2022).

ческой доли (*EF*) вклада напряженности трудового процесса в развитие патологии. При величине *RR* выше 2 (и нижней границы 95 % ДИ выше единицы) заболевание относили к БСР. В противном случае дальнейшая оценка вероятности развития заболеваний не проводилась.

Результаты. При разработке алгоритма оценки НТ принимается во внимание, что существующие подходы, согласно Руководству, рассматривают показатели напряженности трудового процесса, которые сгруппированы по пяти видам нагрузок: интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные, монотонные, режимные нагрузки. Нами предлагается учитывать, наряду с комплексной оценкой, связь здоровья с отдельными, детализированными видами (компонентов) нагрузок. Для сбора сведений об уровне НТ рекомендуется формализованная анкета.

В ходе идентификации опасности на основании данных научной литературы выделены классы заболеваний и / или нозологические формы, характерные для фактора напряженности, в том числе по разным видам нагрузок. К таким заболеваниям относятся: головная боль напряженного типа (G44.2); миопия (H52.1); расстройства зрения (H53); хронический ларингит (J37.0); узелки голосовых складок (J38.2); шумовые эффекты внутреннего уха (H83.3); ишемическая болезнь сердца (I20–I25); болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением (I10–I15); другие болезни сердца: другие нарушения проводимости (I45); другие нарушения сердечного ритма (I49); атеросклероз (I70); стрессорная кардиомиопатия (I42); отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм (D80–D89); невротические, связанные со стрессом и соматоформные расстройства: реакция на тяжелый стресс и нарушение адаптации (F43); другие невротические расстройства (неврастения) (F48); язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки (K25–K26); недомогание и утомляемость (R53); проблемы, связанные с работой и безработицей (Z56); воздействие производственных факторов риска (Z57) [1, 2, 5, 7–9]. Следовательно, напряженный трудовой процесс может инициировать развитие ряда соматических проявлений, из которых только одна нозологическая форма, миопия, в нормативно-методических документах определена как ПЗ[2].

Зная потенциальные и фактические неблагоприятные ответы, следующим элементом алгоритма является определение уровня группового риска в условиях воздействия исследуемого фактора. В основе такой оценки лежат результаты поперечного эпидемиологического исследования [4].

Расчет уровня группового риска (*R*) выполняется по принципиальной формуле (1):

$$R = p^{доп} G, \tag{1}$$

где $p^{доп}$ – дополнительная вероятность развития заболевания;
G – тяжесть заболевания [6].

Для определения вклада видов напряженности труда в развитие одного заболевания необходимо рассчитывать интегральный риск развития нарушений

[2] Об утверждении перечня профессиональных заболеваний: Приказ Минздравсоцразвития России от 27.04.2012 г. № 417н [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/499067392 (дата обращения: 19.03.2022).

здоровья, связанный с воздействием всех компонентов нагрузки (R_j) по формуле 2 с последующим выражением уровней риска от того или иного вида нагрузки (R_{ij}) в процентах от R_j.

$$R_j = 1 - \Pi_{i=1}^{n} \ (1 - R_{ij}), \qquad (2)$$

где R_{ij} – уровень риска развития негативного j-го ответа при воздействии i-й нагрузки.

Определение допустимости уровня профессионального риска здоровью является итоговым этапом алгоритма.

В ходе апробации установлено, что в отношении потенциального влияния на здоровье работников предприятия таких компонентов напряженности трудового процесса, как интеллектуальная нагрузка, эмоциональная нагрузка и монотонность труда, связь не установлена. Тогда как сенсорная нагрузка и нагрузка, обусловленная режимом работы, связь со здоровьем обнаружила. Углубленная оценка показала, что сенсорная нагрузка обусловливает развитие атеросклероза (RR = 2,9; EF = 65,8 %), а также язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки (RR = 5,8; EF = 82,9 %). Нагрузка от режима работы связана с развитием атеросклероза (RR = 4,8; EF = 79,3 %).

Расчетные значения показателей уровня риска представлены в таблице.

Показатели вероятности развития болезней операторов по добыче нефти и газа, связанных с работой, от нагрузки

Код заболевания по МКБ / вид нагрузки ICD disease code / type of load	$p^{доп}$	G	R
Атеросклероз / сенсорная нагрузка	$9{,}9 \cdot 10^{-2}$	0,578	$5{,}7 \cdot 10^{-2}$
Язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки / сенсорная нагрузка	$12{,}4 \cdot 10^{-2}$	0,162	$2 \cdot 10^{-2}$
Атеросклероз / режим работы	$16{,}9 \cdot 10^{-2}$	0,578	$9{,}8 \cdot 10^{-2}$

Примечание: $p^{доп}$ – значение дополнительной вероятности развития заболевания; G – тяжесть заболевания; R – значение уровня группового риска.

Установлено, что риск развития язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, обусловленной сенсорной нагрузкой, составляет $2 \cdot 10^{-2}$ и классифицируется как средний. Риск развития атеросклероза в результате воздействия сенсорной нагрузки и режима работы составляет $5{,}7 \cdot 10^{-2}$ и $9{,}8 \cdot 10^{-2}$ соответственно и классифицируется как высокий. Интегральный риск развития атеросклероза, связанного с воздействием двух детализированных видов нагрузок, равен $14{,}9 \cdot 10^{-2}$. При этом вклад нагрузки, связанной с режимом работы, в развитие атеросклероза более значим (66 %), чем от сенсорной (34 %) нагрузки.

Таким образом, предложенные в настоящей работе подходы учитывают как комплексную оценку НТ, так и оценку детализированных видов нагрузок; предусматривают количественную оценку профессионального риска здоровью и позволяют определить приоритетный вклад детализированных видов нагрузки в формирование риска. Установлено, что работники ОДНГ подвержены неприемлемому риску, обусловленному развитием атеросклероза и язвенной болезни. Приоритет-

ным видом нагрузки является режим работы и сенсорная нагрузка. Результаты оценки могут быть использованы для разработки и обоснования эффективности профилактических здоровьесберегающих мероприятий на предприятии.

Список литературы

1. Бухтияров И.В., Матюхин В.В., Рубцов М.Ю. Профессиональный стресс в свете реализации глобального плана действий по здоровью работающих // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 3 (45), ч. 3. – С. 53–55. DOI: 10.18454/IRJ.2016.45.014

2. Депрессивная симптоматика ухудшает прогноз сердечно-сосудистых заболеваний и снижает продолжительность жизни больных артериальной гипертонией и ишемической болезнью сердца / Р.Г. Оганов, Г.В. Погосова, И.Е. Колтунов, Л.В. Ромасенко, Ю.М. Деев, Ю.М. Юферова // Кардиология. – 2011. – Т. 51 (2). – С. 59–66.

3. Измеров Н.Ф., Матюхин В.В., Тарасова Л.А. Обоснование интегрального показателя для определения категорий напряженности труда // Медицина труда и промышленная экология. – 1997. – № 5. – С. 1–7.

4. Методические подходы к оценке категорий профессионального риска, обусловленного различными видами нарушений здоровья работников, связанными с комплексом факторов рабочей среды и трудового процесса / Н.В. Зайцева, П.З. Шур, В.Б. Алексеев, А.А. Савочкина, А.И. Савочкин, Е.В. Хрущева // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 4. – С. 23–30. DOI: 10.21668/health.risk/2020.4.03

5. Никонов В.А., Мозжухина Н.А., Еремин Г.Б. Научное обоснование разработки профилактических мероприятий при напряженных зрительных работах // Здоровье населения и среда обитания. – 2014. – № 3 (252). – С. 14–15.

6. Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В. Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития. – М.; Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 738 с.

7. Риски развития сердечно-сосудистых заболеваний и профессиональный стресс / З.Ф. Гимаева, Л.К. Каримова, А.Б. Бакиров, В.А. Капцов, Д.Х. Калимуллина // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 1. – С. 106–115. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.12

8. Рудаков А.Н., Совалкин В.И. Влияние нервно-психических факторов на развитие язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки // Омский научный вестник. – 2004. – № 4 (29). – С. 205–208.

9. Schnall P.L., Dobson M., Landsbergis P. Globalization. Work, and Cardiovascular Disease // International Journal of Health Services. – 2016. – Vol. 46 (4). – P. 656–692. DOI: 10.1177/0020731416664687

Динамика показателей максимальной вентиляции лёгких у офисных работников после пробы с физической нагрузкой

А.А. Щербаков

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

В наши дни офисные работники, как правило, вынуждены проводить в сидячем положении большую часть дня, что, в свою очередь, приводит к снижению задействованного дыхательного объема лёгких в условиях повышенной потребности организма в кислороде. В работе исследована динамика показателей дыхательной системы путем максимальной вентиляции лёгких у офисных работников до и после пробы с физической нагрузкой, с помощью спирографа Schiller SP-1, с датчиком SP-20. Проба с физической нагрузкой выполнялась в виде пробы Мартине, которая состоит из 20 приседаний за 30 с. В обследованной группе после выполнения пробы с физической нагрузкой максимальная вентиляция лёгких и частота дыхания достоверно возрастают, а затем после трёх минут восстановления уменьшаются ниже начального уровня. Средний дыхательный объём, напротив, после пробы достоверно снижается, но после трех минут восстановления – возрастает. Увеличение среднего дыхательного объёма и максимальной вентиляции лёгких после физической нагрузки говорит о положительном влиянии двигательной активности на ФВД. Таким образом, кратковременная физическая нагрузка улучшает показатели вентиляции легких. Периодическая кратковременная физическая нагрузка может быть рекомендована офисным работникам для улучшения вентиляции легочных путей путём стимуляции функции дыхания.

Ключевые слова: спирография, максимальная вентиляция лёгких, объём дыхания, проба с физической нагрузкой.

В наши дни офисные работники, как правило, вынуждены проводить в сидячем положении большую часть дня, что, в свою очередь, приводит к снижению задействованного дыхательного объёма лёгких в условиях повышенной потребности организма в кислороде. Дыхание – физиологический процесс, обеспечивающий нормальное течение метаболизма (обмена веществ и энергии) живых организмов и способствующий поддержанию гомеостаза (постоянства внутренней среды), получая из окружающей среды кислород и отводя в окружающую среду в газообразном состоянии некоторую часть продуктов метаболизма организма (CO_2, H_2O и другие) [1, 5, 8]. Выделяют внешнее и тканевое дыхание [4, 5]. Внешнее дыхание – процесс вентиляции газов по воздухоподводящим путям лёгких. Внешнее дыхание осуществляется с помощью носовой полости, трахеи, бронхов, бронхиол и альвеол. Легочная система, обеспечивающая внешнее дыхание, имеет большое число параметров – объемных и скоростных показателей дыхания. Тканевое или клеточное дыхание – совокупность биохимических реакций, протекающих в клетках живых организмов, в процессе которых происходит окисление углеводов, липидов и аминокислот до углекислого газа и воды. Изучение функции внешнего дыхания (ФВД) позволяет оценить функциональное состояние дыхательной системы обследуемого [4, 5].

Современные спирографы позволяют достаточно подробно исследовать параметры ФВД. Применение пробы с физической нагрузкой с последующим исследованием потенциально может выявить нарушения ФВД, которые обычно не регистрируются при исследовании дыхательной системы в состоянии покоя. Весьма актуальны такие исследования в среде молодых офисных работников предприятий. Нарушения динамики ФВД могут негативно сказываться на качестве и продуктивности труда офисных работников, поэтому своевременная оценка ФВД и выявление таких нарушений будет способствовать сохранению здоровья и работоспособности вышеназванной категории населения.

Цель исследования – изучить динамику показателей максимальной вентиляции лёгких у офисных работников до, сразу после и через 3 мин после выполнения пробы с физической нагрузкой.

Материалы и методы. В процессе исследование максимальной вентиляции лёгких с последующим выполнением пробы с физической нагрузкой было проведено 38 офисным работникам одного из предприятий Пермского края в возрасте от 22 до 35 лет, обоих полов в равном соотношении. Обследование проводили преимущественно в утренние часы, когда отмечаются наилучшие физиологические показатели и высокая работоспособность у человека. Критерием исключения из группы было наличие острой либо хронической патологии ФВД в стадии обострения. Для исследования параметров дыхательной системы использовали спирограф фирмы Schiller SP-1 с датчиком SP-20, позволяющий исследовать показатели дыхания пациента с помощью четырёх методик спирографии – маневр форсированной жизненной емкости лёгких (FVC), маневр жизненной ёмкости лёгких (SVC), минутный объём дыхания (MV) и максимальная вентиляция лёгких (MVV). Исследование функции дыхания проводились с использованием методики MVV в покое, после пробы с физической нагрузкой и через три минуты восстановления после окончания пробы с физической нагрузкой. Особенности методики MVV состоят в глубоком и частом дыхании через датчик спирографа в течение 15 с, что в процессе интенсивной вентиляции дыхательных путей позволяет оценить максимальную вентиляцию лёгких (максимальный объём воздуха, проходящий через лёгкие при форсированном дыхании за одну минуту, MVV, л/мин), частоту дыхания за одну минуту (*RR*, в мин), дыхательный объём (объём воздуха, проходящий через лёгкие при выполнении теста MVV за один вдох-выдох, TV mvv, л) Дыхательные маневры MVV обследуемые проводили в состоянии покоя и после пробы с физической нагрузкой. Проба с физической нагрузкой выполнялась в виде пробы Мартине, которая состоит из 20 приседаний за 30 с. Полученные данные обрабатывались с помощью программы Statistica 10 с использованием парного критерия Стьюдента. Медицинские исследования проводили с соблюдением этических принципов, изложенных в Хельсинкской декларации (2013) и Национальном стандарте РФ ГОСТ-Р 52379-2005 «Надлежащая клиническая практика» (ICHE6 GCP) [3].

Результаты. В покое у обследованной группы значение MVV равнялось 95,9 ± 11,4 л/мин, после пробы с физической нагрузкой – 100,0 ± 11,7 л/мин (таблица). Различия были достоверными (p = 0,01). Повышение объемов MVV после пробы соответствовало необходимости увеличения поступления кислорода для обеспечения возросшей интенсивности обменных процессов. Расширение объема дыхательных путей происходило за счет улучшения эластических свойств легочных путей, усиления кровоснабжения, раскрытия дополнительных альвеол, улучшения

проходимости мелких и средних бронхов вследствие раздражения углекислым газом рецепторов дыхательного центра. По истечении трех минут восстановления после пробы с физической нагрузкой объем MVV достоверно снижался (100,0 ± 11,7 и 96,0 ± 11,2 л/мин соответственно, $p = 0{,}01$) за счёт полученного в процессе проведения пробы увеличения дыхательных объёмов, что также указывает на усиление ФВД (см. таблицу). Таким образом, кратковременная физическая активность улучшила вентиляцию легких. Частота дыхания после пробы достоверно возрастала (24 ± 2 и 36 ± 2 в 1 мин. соответственно, $p = 0{,}01$), а затем снижалась (36 ± 2 и 31 ± 2 в мин, $p = 0{,}01$), что было прямо связано с изменением TV mvv, который достоверно уменьшался после пробы (2,8 ± 0,2 и 2,7 ± 0,2 в мин, $p = 0{,}01$), но возрастал после трех минут восстановления (2,7 ± 0,2 и 3,3 ± 0,2 в мин, $p = 0{,}01$) (см. таблицу). Возрастание TV mvv было связано с тем, что после двигательной нагрузки, как полагают некоторые авторы [2], происходит временное существенное улучшение эластических и механических свойств тканей легочных путей, внешней дыхательной мускулатуры, раскрывается больше слабоактивных и неактивных альвеол. По данным А.А. Артеменкова [2], после пробы с физической нагрузкой, выполненной в виде велоэргометрии, происходили достоверные изменения: резервный объём выдоха снижался, а резервный объём вдоха и минутный объём дыхания увеличивались. Также, по этим данным, происходило снижение SVC после одной минуты восстановления, а спустя 6 мин – восстановление ЖЕЛ. Частота дыхания после пробы возрастала, но не достоверно. Также о положительном влиянии физической активности на функционирование дыхательной системы говорят и другие авторы [6, 7].

Результаты изучения максимальной вентиляции лёгких до и после пробы с физической нагрузкой

Параметр	Этап исследования			p_1	p_2
	в состоянии покоя	после пробы с физической нагрузкой	после трех минут восстановления		
Максимальная вентиляция лёгких (MVV), л/мин	95,9 ± 11,4	100,0 ± 11,7	96,0 ± 11,2	0,01	0,01
Средний дыхательный объем (TV mvv), л	2,8 ± 0,2	2,7 ± 0,2	3,3 ± 0,2	0,01	0,01
Частота дыхания, в мин	24 ± 2	36 ± 2	31 ± 2	0,01	0,01

Примечание: p_1 – достоверность различий между состоянием покоя и состоянием сразу после физической нагрузки; p_2 – достоверность различий между состоянием сразу после физической нагрузки и состоянием после 3 мин восстановления.

Выводы. В обследованной группе после выполнения пробы с физической нагрузкой MVV и частота дыхания возрастали, а затем, после трёх минут восстановления, уменьшались ниже начального уровня; TV mvv, напротив, после пробы снижался, но после трех минут восстановления – возрастал. Увеличение TV mvv и MVV после физической нагрузки говорит о положительном влиянии двигательной активности на ФВД. Таким образом, кратковременная физическая нагрузка улучшает показатели вентиляции легких, возвращая к работе слабо используемые в течение рабочего дня объемы лёгких, что отражается ростом среднего дыхательного объема. Периодическая кратковременная физическая нагрузка может быть рекомендована

офисным работникам для улучшения вентиляции легочных путей путём стимуляции функции дыхания и как следствие – для повышения работоспособности.

Список литературы

1. Агаджанян Н.А., Смирнов В.Н. Нормальная физиология. – М.: Медицинское информационное агентство, 2007. – 456 с.

2. Артеменков А.А. Динамика вегетативных функций при адаптации к физическим нагрузкам // Теория и практика физической культуры. – 2006. – № 4. – С. 59–61.

3. ГОСТ-Р 52379-2005. Надлежащая клиническая практика: национальный стандарт РФ. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию метрологии, 2005. – 39 с.

4. Мотузко Н.С., Ковзов В.В., Гусаков В.К. Физиология дыхания: учебное пособие. – Витебск: УОВГАВМ, 2004. – 64 с.

5. Старшов А.М., Смирнов И.В. Спирография для профессионалов. – М.: Познавательная книга пресс, 2003. – 76 с.

6. Association of physical activity with lung function in lung-healthy German adults: results from the KORAFF4 study / A. Luzak, S. Karrasch, B. Thorand [et al.] // BMC Pulm Med. – 2017. – № 17. – P. 215.

7. Comprehensive exercise training improves ventilatory muscle function and reduces dyspnea perception in patients with COPD / F. Cortopassi, A.A. Castro, E.F. Porto [et al.] // Monaldi Arch Chest Dis. – 2009. – Vol. 71 (3). – P. 106–112.

8. Ruppel G.L. What is the clinical value of lung volumes? // Respiratory Care. – 2012. – Vol. 57 (1). – P. 26.

Раздел VI

Современные методы диагностики, коррекции и профилактики нарушений здоровья, ассоциированных с рискогенными факторами внешней среды, трудового, образовательного процесса, образа жизни, социально-экономических условий

Распространенность первичных неинфекционных заболеваний у овощеводов защищенного грунта с разным адаптационным напряжением

Г.А. Безрукова, Т.А. Новикова, И.А. Каракотина

Саратовский медицинский научный центр гигиены
ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»,
г. Саратов, Россия

В настоящее время парадигма Total Worker Health смещается в направлении комплексной оценки профессиональных и не связанных с работой кардиометаболических факторов риска и снижения их бремени. С привлечением ранее разработанной методологии была проведена сравнительная оценка распространенности первичных неинфекционных заболеваний у овощеводов защищенного грунта с разным уровнем адаптационного напряжения. При ранжировании обследованных по степени адаптивности у 25,58 % работниц было выявлено состояние эустресса (подгруппа I), у 56,59 % – стресс-компенсация (подгруппа II), у 17,83 % – риск развития дистресса (подгруппа III). Различия в возрасте и профессиональном стаже овощеводов выделенных подгрупп были статистически значимыми только в отношении возраста работниц подгруппы III, который в среднем был на 11,6 % ниже, чем у овощеводов подгруппы эустресса. При этом корреляционные ассоциации значений адаптационного напряжения как с возрастными, так и со стажевыми факторами соответствовали очень слабым связям, что свидетельствовало о незначительном вкладе условий труда в риск развития дистресса. В то же время анализ первичной диагностики у овощеводов артериальной гипертензии (АГ) и ожирения выявил прямую зависимость между распространенностью этих нозологий и степенью адаптационного напряжения. Так, среди работниц подгруппы эустресса АГ, по сравнению с подгруппами II и III, выявлялась чаще в 2,03 и 7,73 раза соответственно, а распространенность ожирения среди лиц в состоянии стресс-компенсации и риска развития дистресса была превышена относительно подгруппы I в 2,74 и 3,62 раза соответственно.

В связи с этим выявленная среди обследованных овощеводов относительно большая доля лиц в состоянии риска дистресса с сочетанной высокой распространенностью АГ и ожирения патогенетически могла быть опосредована непрофессиональными факторами, в том числе домашней рабочей нагрузкой, что требует дальнейшего изучения и должно учитываться при разработке индивидуальных рекомендаций по оздоровлению работающих женщин.

Ключевые слова: овощеводы защищенного грунта; адаптационное напряжение; первичная неинфекционная заболеваемость.

По оценкам ВОЗ до 75 % глобальных неинфекционных заболеваний (ожирение, диабет II типа, артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, депрессия) могут быть обусловлены сочетанным влиянием на здоровье работающих традиционных и / или возникающих факторов условий труда (физических, химических, эргономических, организационных, психосоциальных) и индивидуальных факторов риска (генетических, половозрастных, поведенческих) [9]. В связи с этим парадигма платформы Total Worker Health (TWH) смещается в направлении интегрированной оценки профессиональных и непрофессиональных факторов риска здо-

ровью и комплексных программ по гигиене и охране труда и общего оздоровления работников с учетом индивидуальных факторов риска полиэтиологичной соматической патологии [8]. Данная инициатива TWH требует целостного превентивного подхода к здоровью работающих, включающего преморбидную количественную оценку функциональных расстройств организма, ассоциированных как с рабочей средой, так и с личностными факторами риска социально значимых неинфекционных заболеваний (НИЗ) [11]. Большое значение определение и профилактика профессиональных и непрофессиональных факторов риска имеют для сохранения здоровья женщин, подверженных двойному бремени производственных и домашних стрессоров, обусловливающих формирование НИЗ [10].

В настоящее время предложены различные способы интегральной оценки «меры» здоровья и функциональных резервов организма, базирующиеся на концепции хронического стресса [1, 4, 14]. Ранее нами были разработаны методические рекомендации, позволяющие осуществлять интегральную оценку состояния здоровья работника в ходе периодических медицинских осмотров (ПМО) по степени адаптационного напряжения организма (эустресс, стресс-компенсация, риск дистресса, дистресс) на основе ряда полипараметрических показателей: группы диспансерного наблюдения; показателя адаптационного соответствия (уровень функциональных резервов организма); относительной энтропии лейкоцитарной формулы (степень дисбаланса лейкоцитарной системы) [2].

Цель исследования – сравнительная оценка распространенности первичных социально значимых неинфекционных заболеваний у овощеводов защищенного грунта с разным уровнем общего адаптационного потенциала функциональных систем организма.

Материалы и методы. В работе использованы результаты ПМО 129 женщин-овощеводов защищенного грунта тепличного комплекса ООО «Совхоз «Весна» в возрасте от 23 до 65 лет (средний возраст 46,7 ± 0,7 г.) со стажем работы в профессии от полугода до 30 лет (средний стаж 13,9 ± 0,6 г.). Уровень и нозологическую структуру первичной заболеваемости работниц анализировали в соответствии с общепринятой методологией[1]. Адаптационный потенциал определяли и ранжировали по степени адаптационного напряжения организма согласно разработанным МР 2.2.9.0148–19[2].

При обработке данных использовали методы описательной статистики и двух выборочных *t*-тестов с разными дисперсиями. Взаимосвязь между адаптационным напряжением, возрастом работниц и их профессиональным стажем устанавливали в ходе корреляционного анализа с определением коэффициентов корреляции (*Rxy*), эластичности (*E*) и детерминации (R^2) при уровне значимости результатов исследования $p = 0{,}05$. Расчеты и анализ данных проводили на базе пакетов прикладных программ Microsoft Excel и Statistica.

Результаты. Результаты персонифицированной количественной оценки адаптационного потенциала показали, что почти у четверти обследованных овоще-

[1] Руководство по анализу основных статистических показателей состояния здоровья населения и деятельности медицинских организаций. – М.: РИО ЦНИИОИЗ, 2015. – 49 с.

[2] МР 2.2.9.0148-19. Оценка риска развития состояний дистресса у работающих во вредных условиях труда / утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 1 июля 2019 г. [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/564244109 (дата обращения: 05.04.2022).

водов защищенного грунта адаптационное напряжение организма соответствовало категории эустресса (подгруппа I). У большинства работниц тепличного комплекса (56,59 %) было зафиксировано состояние стресс-компенсации (подгруппа II), при котором функционирование организма могло быть компенсировано за счет собственных ресурсов или терапевтической коррекции имеющих место нарушений здоровья. Наименьшее число обследованных (17,83 %) вошло в подгруппу III с высоким индивидуальным риском развития состояний дистресса (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная оценка адаптационного потенциала и распространенности первичных неинфекционных заболеваний у овощеводов защищенного грунта

Показатель	Категория адаптационного напряжения организма		
	Подгруппа I	Подгруппа II	Подгруппа III
	эустресс, $n = 33$	стресс-компенсация, $n = 73$	риск развития дистресса, $n = 23$
Удельный вес в когорте, %	25,58	56,59	17,83
Возраст обследованных, лет	47,5 ± 1,1	47,9 ± 0,9 $p = 0{,}7916457$	42,0 ± 1,6 $p = 0{,}0132687$
Профессиональный стаж, лет	13,9 ± 1,1	15,3 ± 0,8 $p = 0{,}3385239$	10,1 ± 1,6 $p = 0{,}0663201$
Распространенность артериальной гипертензии, %	9,0	34,25	69,56
Распространенность ожирения, %	6,0	16,44	21,74

Примечание: p – статистическая значимость различий между подгруппами I и II, I и III.

Статистически значимые различия в возрастном статусе и продолжительности стажа работы в профессии у овощеводов, входящих в подгруппы, ранжированные по уровню адаптационного потенциала, были выявлены только в отношении возраста работниц с риском развития состояний дистресса, который в среднем был на 11,6 % ниже по сравнению с овощеводами подгруппы I (эустресс).

Уточнение влияния возраста овощеводов защищенного грунта и стажа работы в профессии на их адаптивность с помощью корреляционного анализа показало, что ассоциации значений адаптационного напряжения как с возрастным, так и со стажевым факторами не выходили по шкале Чеддока [5] из разряда очень слабых ($Rxy < 0{,}1$) связей. При этом, судя по значениям коэффициентов эластичности и детерминации, зависимость результативного показателя (адаптационное напряжение) от изменения исследуемых факторов в рассматриваемой профессиональной когорте была ничтожна: возраст детерминировал только 1,7 % величины адаптационного напряжения, профессиональный стаж – 5,6 % (табл. 2).

Отмечено, что если корреляция между величиной адаптационного напряжения и возрастом обследованных лиц являлась положительной, то взаимосвязь этого показателя со стажем работы в профессии была отрицательной. Данная направленность стажезависимой ассоциации с уровнем адаптационного потенциала согласуется с результатами исследования интенсивности профессионального самоотбора среди работниц тепличных хозяйств, характеризующегося двумя временными периодами с высоким процентом увольнений овощеводов – при профессиональном стаже менее 5 лет и в стажевой группе 16–20 лет, – обусловленных, в первую очередь, развитием соматической патологии, осложняющей трудовую деятельность [6].

Таблица 2

Взаимосвязь профессионального стажа и возрастного статуса с уровнем адаптационного напряжения

Фактор (x_i)	Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации (R^2)	Коэффициент эластичности (E)	Коэффициент корреляции (Rxy)
Возраст	$y = 0{,}0049x + 3{,}1777$	0,0166	0,0662	0,0407
Стаж	$y = –0{,}01167x + 3{,}561$	0,0561	-0,0464	-0,0944

В связи с общемировой тенденцией роста заболеваемости и смертности работающих женщин от болезней системы кровообращения [7] при изучении распространенности первичных неинфекционных заболеваний у овощеводов защищенного грунта приоритет был отдан патологическим состояниям (ожирению, эссенциальной гипертензии), которые, с одной стороны, представляют высокий кардиометаболический риск фатальных сердечно-сосудистых событий [12], а с другой – являются независимыми третичными исходами хронического стресса [13].

Результаты анализа частоты первичной диагностики у овощеводов защищенного грунта артериальной гипертензии (АГ) выявили прямую зависимость между распространенностью этой нозологии и степенью адаптационного напряжения (табл. 1). Так, несмотря на более молодой средний возраст, среди работниц с риском развития состояния дистресса АГ определялась чаще, чем у овощеводов, вошедших в I и II подгруппы, в 7,73 и 2,03 раза соответственно. При этом распространенность АГ среди обследованных, находящихся в состоянии стресс-компенсации, превышала значения данного показателя у работниц I подгруппы в 3,8 раза.

В отношении распространенности случаев ожирения в обследованной профессиональной когорте прослеживалась аналогичная тенденция (табл. 1). По сравнению с подгруппой эустресса частота первичного выявления ожирения среди лиц в состоянии стресс-компенсации и риска развития дистресса была превышена в 2,74 и 3,62 раза соответственно. Причем у овощеводов подгруппы III в основном диагностировалось ожирение 2–3-й степени.

Выводы. Таким образом, результаты проведенных исследований, установившие отсутствие статистически значимых корреляций между степенью адаптационного напряжения и стажевозрастными характеристиками обследованной профессиональной группы овощеводов защищенного грунта, позволяют отнести данный факт к частному проявлению эффекта «здорового работника» [3], связанного с характером профессионального самоотбора среди работниц тепличного комплекса «Весна» [6].

В связи с этим выявленная среди обследованных овощеводов относительно большая доля лиц в состоянии риска развития дистресса с сочетанной высокой распространенностью артериальной гипертензии и ожирения патогенетически могла быть опосредована непрофессиональными факторами, в том числе домашней рабочей нагрузкой [10], что необходимо определять и учитывать при разработке индивидуальных рекомендаций по снижению влияния на здоровье обратимых факторов кардиометаболического риска неинфекционных заболеваний.

Список литературы

1. Адаптация организма трудового мигранта к факторам риска трудового процесса с позиции функциональной системы П.К. Анохина / М. Ходжиев,

Л.В. Прокопенко, Н.П. Головкова [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2016. – № 4. – С. 107–118. DOI: 10.21668/health.risk/2016.4.12

2. Безрукова Г.А., Поздняков М.В., Новикова Т.А. Использование цифровых технологий в социально-гигиеническом мониторинге состояния здоровья работающих во вредных условиях труда // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100, № 10. – С. 1157–1162. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-10-1157-1162

3. Максимов С.А., Артамонова Г.В. Профессия и патология сердечно-сосудистой системы: факторы, модифицирующие причинно-следственные зависимости в эпидемиологических исследованиях // Анализ риска здоровью. – 2016. – № 4. – С. 95–106. DOI: 10.21668/health.risk/2016.4.11

4. Мета-анализ возможностей использования аппаратно-программных комплексов для исследования и оценки функциональных резервов организма лиц опасных профессий / И.В. Подушкина, С.Е. Квасов, А.М. Абанин [и др.] // Медицинский альманах. – 2016. – № 1 (41). – С. 10–13.

5. Сила связи. Сообщение 2. Градации величины корреляции / А.Н. Котеров, Л.Н. Ушенкова, Э.С. Зубенкова [и др.] // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2019. – Т. 64, № 6. – С. 12–24. DOI: 10.12737/1024-6177-2019-64-6-12-24

6. Трубецков А.Д., Мигачева А.Г., Старшов А.М. Состояние здоровья уволившихся работниц тепличных хозяйств // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 4 (часть 2). – С. 383–385.

7. A systematic review on noncommunicable diseases among working women / I.B. Idris, N.A. Azit, S.R. Abdul Ghani [et al.] // Ind. Health. – 2021. – Vol. 59, № 3. – P. 146–160. DOI: 10.2486/indhealth.2020-0204

8. Defining 'Integration' for Total Worker Health®: A New Proposal / L. Punnett, J.M. Cavallari, R.A. Henning [et al.] // Ann. Work Expo. Health. – 2020. – Vol. 64, № 3. – P. 223–235. DOI: 10.1093/annweh/wxaa003

9. Diagnosis, monitoring and prevention of exposure-related non-communicable diseases in the living and working environment: DiMoPEx-project is designed to determine the impacts of environmental exposure on human health / L.T. Budnik, B. Adam, M. Albin [et al.] // J. Occup. Med. Toxicol. – 2018. – Vol. 13. – P. 6. DOI: 10.1186/s12995-018-0186-9

10. Domestic work stress and self-rated psychological health among women: a cross-sectional study in Japan / E. Maeda, K. Nomura, O. Hiraike [et al.] // Environ. Health Prev. Med. – 2019. – Vol. 24, № 1. – P. 75. DOI: 10.1186/s12199-019-0833-5

11. Expanding the Paradigm of Occupational Safety and Health: A New Framework for Worker Well-Being / R. Chari, C.-C. Chang, S.L. Sauter [et al.] // J. Occup. Environ. Med. – 2018. – Vol. 60, № 7. – P. 589–593. DOI: 10.1097/JOM.0000000000001330

12. GBD 2019 Risk Factors Collaborators. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden Of Disease Study 2019 // Lancet. – 2020. – Vol. 396, № 10258. – P. 1223–1249. DOI: 10.1016/S0140-6736 (20) 30752-2

13. Measuring allostatic load in the workforce: a systematic review / D. Mauss, J. Li, B. Schmidt [et al.] // Ind. Health. – 2015. – Vol. 53, № 1. – P. 5–20. DOI: 10.2486/indhealth.2014-0122

14. Stressors, allostatic load, and health outcomes among women hotel housekeepers: A pilot study / M.-A.S. Rosemberg, Y. Li, D.S. McConnell [et al.] // J. Occup. Environ. Hyg. – 2019. – Vol. 16, № 3. – P. 206–217. DOI: 10.1080/15459624.2018.1563303

Эффективность комплекса оздоровительных мероприятий у рабочих виброопасных профессий с нарушениями гипофизарно-гонадной системы

И.А. Богатырева, А.В. Новикова

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, г. Мытищи, Россия

Несмотря на разнообразные материалы по патогенезу заболевания, одним из актуальных остается вопрос функционального состояния нейрорефлекторных механизмов регуляции и адаптационных возможностей гипофизарно-гонадной системы у больных с вибрационной патологией. Обследованы 211 рабочих виброопасных профессий горно-металлургических предприятий Крайнего Севера, были выделены три группы – две основные и контрольная группа, сопоставимые по возрастным и стажевым характеристикам. Контрольную группу (63 человека) представляли пациенты, не подвергающиеся воздействию производственной вибрации и не имеющие клинических проявлений профессионального заболевания от воздействия вибрационного фактора. Изучение гормонального статуса рабочих виброопасных профессий послужило основанием для разработки комплекса оздоровительных мероприятий, включающих раннее выявление клинических и биохимических маркеров синдрома приобретенного дефицита андрогенов, формирование групп риска на доклинической стадии заболевания, проведение комплексных гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий с применением антиоксидантного препарата.

Ключевые слова: вибрационная болезнь, маркеры приобретенного дефицита андрогенов, комплекс гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий, антиоксидантный препарат.

В современных представлениях патогенез вибрационной болезни связан с развитием окислительного стресса на системном, органно-тканевом и клеточном уровнях, при этом поражаются практически все структуры организма, включая ДНК, белки и липиды (И.Я. Тюзиков, 2017). Чрезвычайно актуальной представляется ранняя клиническая и биохимическая диагностика гормональных нарушений у работников виброопасных профессий, учитывая высокую чувствительность гипоталамо-гонадной системы к окислительному стрессу.

Несмотря на разнообразные материалы по патогенезу заболевания, одним из актуальных остается вопрос изучения андрогенного статуса, функционального состояния нейрорефлекторных механизмов регуляции и адаптационных возможностей гипофизарно-гонадной системы у пациентов с вибрационной патологией.

Степень выраженности клинических симптомов дефицита андрогенов зависит от стадии вибрационной болезни, возраста и коррелирует с низким содержанием свободного тестостерона. Возрастной андрогенодефицит представляет собой клинический и биохимический синдром, который характеризуется типичными симптомами хронической недостаточности системного действия тестостерона и проявляется нарушением функции различных органов и систем, а также снижает качество жизни [3].

Установлено, что у мужчин в общей популяции снижение уровня тестостерона в крови начинается с 35 лет, при этом скорость уменьшения его концентрации составляет около 1 % в год, а в возрасте 55 лет распространенность данного состояния может достигать 50 % [1, 2].

Отечественными и зарубежными исследователями обнаружена связь между низким уровнем общего тестостерона и развитием метаболического синдрома, сердечно-сосудистых заболеваний и сахарного диабета 2-го типа, а также взаимосвязь гипогонадизма с развитием висцерального и центрального ожирения (Е.Н. Аринина, 2006; А.JI. Верткин, 2007; Е.С. Колосова, 2008; А.Я. Кравченко, 2008; F. Saad, L. Gooren, 2007).

К ускорению наступления андрогенного дефицита приводит любое хроническое соматическое заболевание, которое негативно влияет на секрецию тестостерона, в соответствии с чем повышается распространенность андрогенодефицита при хронических соматических заболеваниях [2].

Особое значение для разработки и совершенствования мероприятий и научно-обоснованных диагностических приемов по профилактике приобретенного дефицита андрогенов у пациентов виброопасных профессий имеет разработка клинико-функциональных и лабораторных критериев, установление роли производственных и внепроизводственных факторов в его формировании, исследование взаимосвязи нарушения гипофизарно-гонадной системы и общесоматической патологии.

Обследованы 211 рабочих виброопасных профессий горно-металлургических предприятий Крайнего Севера, были выделены три группы: две основные и контрольная группа, сопоставимые по возрастным и стажевым характеристикам. Контрольную группу (63 человека) представляли пациенты, не подвергающиеся воздействию производственной вибрации и не имеющие клинических проявлений профессионального заболевания от воздействия вибрационного фактора. Клинические проявления андрогенодефицита с помощью опросника AMS (Aging Males' Symptoms) – «Опросник симптомов старения мужчины» (L.A.J. Heinemann, T. Zimmermann, A. Vermeulen, C. Thiel, 1999) были выявлены в I группе у 39 больных вибрационной болезнью (54 %), во II группе – у 50 больных (65 %). В контрольной группе клинические симптомы дефицита андрогенов выявлялись достоверно реже, чем у больных вибрационной болезнью (22,2 % случаев). Лабораторные исследования содержания половых гормонов показали, что у больных II группы отмечено достоверное снижение уровня общего тестостерона, свободного тестостерона и повышение уровня глобулина, связывающего половые стероиды (ГСПС), по сравнению с контрольной группой.

Среди больных вибрационной болезнью (ВБ) с клиническими симптомами андрогенодефицита сниженные уровни тестостерона были выявлены у 33 больных I группы (45,8 %) и у 43 больных II группы (56,6 %). Установлена умеренно выраженная корреляционная связь между содержанием тестостерона и тяжестью клинических симптомов андрогенодефицита. Таким образом, у 85 % больных с клиническими признаками андрогенодефицита найдено лабораторное подтверждение гипогонадизма. Сопоставление клинических и лабораторных данных позволяет сделать вывод, что анкета-опросник AMS, наряду с лабораторным исследованием тестостерона, является достоверным скрининговым методом диагностики андрогенодефицита у больных ВБ.

Детальный анализ ответов на пункты опросника AMS показал, что у мужчин с ВБ имеются психологические, соматические и сексуальные нарушения, по срав-

нению с лицами контрольной группы. Более информативным показателем оказался интегральный гипофизарно-надпочечниковый индекс, значение которого выше референтного уровня отмечалось уже у рабочих с признаками воздействия физических факторов (11.5 ед.), а у пациентов с ВБ 2-й стадии и сочетанной патологией наблюдается достоверное различие с контрольной группой.

Анализ распространенности симптомов андрогенодефицита в различных возрастных группах показал, что у больных II группы симптомы андрогенодефицита в возрасте 40–50 лет встречается чаще (48,0 %), чем у лиц I группы (35,8 %). Установлены корреляционные связи между распространенностью андрогенодефицита и возрастом больных ВБ ($r = 0,48$). Отмечено повышение частоты выявления симптомов андрогенодефицита с увеличением степени выраженности вибрационной болезни ($r = 0,56$).

Таким образом, полученные результаты позволили определить клинические и биохимические критерии формирования андрогенодефицита у больных ВБ. Установлено, что состояние здоровья у больных ВБ в сочетании андрогенодефицитом характеризуется повышенной распространенностью гипертонической болезни (64,4 %), ишемической болезни сердца (36,8 %), нарушений углеводного обмена в виде сахарного диабета и нарушения толерантности к глюкозе (26,2 %).

Анализ клинико-лабораторных показателей андрогенодефицита в зависимости от наличия общесоматической патологии позволил установить, что клинические симптомы андрогенодефицита достоверно более выражены (35,9–39,2 балла по анкете AMS) и уровень свободного тестостерона значимо ниже (252,8–268,6 пмоль/л) у больных ВБ с сочетанной общесоматической патологией ($p < 0,05$). Полученные результаты могут служить критериями риска развития общесоматической патологии у больных ВБ.

На основании результатов проведенных исследований разработан алгоритм обследования для выявления синдрома андрогенодефицита при проведении медицинских осмотров рабочих виброопасных профессий, включающий: *1* – клинический осмотр и заполнение опросника AMS; *2* – при наличии клинических признаков андрогенодефицита определяют уровень тестостерона общего, ГСПС, тестостерона свободного; *3* – при обнаружении низкого уровня тестостерона целесообразно определить уровень лютеинизирующего (ЛГ) и фолликулостимулирующего (ФСГ) гормонов для уточнения вида гипогонадизма и исключить другие причины снижения секреции тестостерона.

Определены категории лиц, имеющие повышенный риск андрогенного дефицита у которых необходимо проведение гормонального скрининга: 1) мужчины, имеющие хроническую общесоматическую патологию (гипертоническая болезнь, ИБС, сахарный диабет); 2) мужчины, у которых выявляется дислипидемия и / или нарушение толерантности к глюкозе; 3) мужчины с признаками депрессии и / или повышенной тревожности; 4) мужчины с эректильной дисфункцией и / или со снижением либидо; 5) мужчины, злоупотребляющие алкоголем.

С целью повышения эффективности лечебно-профилактических мероприятий при вибрационной болезни с синдромом андрогенодефицита был опробован препарат «Веторон Е». Это отечественный препарат, основными компонентами которого является β-каротин (провитамин А) и α-токоферол, стабилизированные аскорбиновой кислотой. Благодаря синергическому действию входящих в его состав компонентов препарат обладает мощным антиоксидантным действием, гипо-

липидемическими свойствами, способствуют нормализации обменных процессов и гормонального баланса.

После первичного обследования 76 больных вибрационной болезнью с синдромом андрогенодефицита были разделены на две группы, сопоставимые по возрасту и степени выраженности заболевания. В 1-й группе, состоящей из 36 человек, на фоне базисного курса лечения вибрационной патологии проводилось лечение препаратом «Веторон Е». Вторая группа получала традиционный курс лечения вибрационной патологии (40 человек). Базисное лечение вибрационной болезни включало медикаментозную терапию (витамины группы В, вазоактивные препараты, НПВС), физиотерапевтические методы, рефлексотерапию; по показаниям назначались гипотензивные, сахарпонижающие, гиполипидемические препараты.

В результате динамического наблюдения установлено, что применение препарата «Веторон Е» способствует более существенной положительной динамике клинико-лабораторных проявлений синдрома андрогенодефицита, позитивно влияет на показатели липидного спектра крови, углеводного обмена и антиоксидантного статуса, повышает эффективность традиционной терапии, направленной на улучшение периферического кровоснабжения и иннервации у 82,6 % обследованных по сравнению с группой больных, получавших базисную терапию (46,3 %, $p < 0,05$).

Таким образом, исследования по изучению гормонального статуса рабочих виброопасных профессий послужили основанием для разработки комплекса оздоровительных мероприятий, основными принципами которого являются: раннее выявление клинических и биохимических маркеров андрогенодефицита, комплексная оценка производственных и индивидуальных факторов риска с учетом возрастных, профессиональных, стажевых характеристик и соматической патологии, первоочередное формирование групп риска на доклинической стадии заболевания с использованием разработанных критериев диагностики функциональных и гормонально-метаболических нарушений, проведение комплексных гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий с применением антиоксидантного препарата. Внедрение разработанных лечебно-профилактических мероприятий в практику медико-санитарных частей способствовало замедлению прогрессирования вибрационной болезни, а также увеличило продолжительность ремиссии заболевания до 3–5 лет в 57 % случаев.

Список литературы

1. Бабанов С.А., Косарева О.В., Воробьева Е.В. Развитие андрогенного дефицита у мужчин, работающих в контакте с локальной и общей вибрацией // Санитарный врач. – 2011. – № 5. – С. 20–22.

2. Дедов И.И., Калинченко С.Ю. Возрастной андрогенный дефицит у мужчин. – М: Практическая медицина, 2006. – 240 с.

3. Investigation, treatment and monitoring of late-onset hypogonadism in males / E. Nieschlag, R. Swerdloff, H.M. Behre [et al.] // Eur. J. Endocrinol. – 2008. – Vol. 159, № 5. – P. 507–514.

Эффективность формирования навыков здоровьесберегательного поведения обучающихся в образовательных организациях при различных системах формирования здорового образа жизни

В.Е. Васильев[1,2], В.В. Васильев[2,3], М.В. Перекусихин[4]

[1]ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пензенской области»,
[2]ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
[3]Пензенский институт усовершенствования врачей –
филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава РФ,
[4]Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Пензенской области,
г. Пенза, Россия

Объектами исследования явились система формирования у учащихся навыков здорового образа жизни в условиях учебно-воспитательного процесса, а также заболеваемость подростков за период с 2015–2021 гг. Изучена роль системного формирования здорового образа жизни учащихся в условиях образовательных организаций сельской местности в формировании состояния здоровья подростков. Объектами наблюдения являлись системы формирования здорового образа жизни образовательных организаций, расположенных в двух соседних районах, единицей наблюдения – учащиеся школ. В работе использованы традиционные статистические, социально-гигиенические и эпидемиологические методы оценки эффективности формирования здорового образа жизни, изучения здоровья.

Модель непрерывной системы образования по формированию здорового образа жизни включала гигиеническое воспитание педагогического персонала, родителей, формирование у учащихся навыков здорового образа жизни с вовлечением в систему медицинских работников, представителей общественности. Внедрение в 2008–2009 учебных годах в образовательный процесс учащихся экспериментальных школ системы непрерывного образования по формированию здорового образа жизни, успешное ее поддержание в дальнейшем, способствовало тому, что доля подростков с навыками здорового поведения в экспериментальных школах превышает долю таких подростков, обучающихся в школах контрольного района. Формирование здоровьесберегающего поведения обучающихся в экспериментальных школах, в отличие от контрольных школ, сопровождалось снижением уровня заболеваемости подростков через несколько лет после внедрения новой системы формирования здорового образа жизни в районе.

Ключевые слова: система непрерывного образования по формированию здорового образа жизни, подростки, заболеваемость.

Среди причин нарушений здоровья несовершеннолетних ведущее место принадлежит их модели поведения, связанной с образом жизни, в связи с чем поиск адекватных путей формирования устойчивых личностных установок на здоровьесберегающее поведение приобретает особую актуальность [8]. Приобщение детей к проблеме сохранения здоровья напрямую связано с воспитанием культуры здоровья

в семье, школе и социуме, что предполагает тесное межведомственное и межсекторальное взаимодействие первичного звена здравоохранения с образовательными организациями, общественными и волонтерскими движениями, средствами массовой информации, учреждениями физкультуры и спорта, культуры и т.д. в вопросах формирования здоровьесберегающего поведения несовершеннолетних [1, 3, 4, 7].

Низкая эффективность мер по формированию культуры здорового и безопасного образа жизни несовершеннолетних, нерешенность проблемы преемственности в вопросах ценностных ориентаций на здоровый образ жизни (ЗОЖ) и отсутствие системного подхода к его формированию у подрастающего поколения не способствуют решению задач, предусмотренных «Стратегией формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 года» [5, 6]. В связи с этим чрезвычайную актуальность представляют исследования, где отражена эффективность проводимой работы на местах (регионах, муниципалитетах) по формированию культуры здоровья населения, особенно несовершеннолетних.

Целью исследования явилось изучение роли системного формирования здорового образа жизни старшеклассников (9–11-е классы) в условиях образовательных организаций сельской местности в формировании состояния здоровья подростков.

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе общеобразовательных организаций Бековского и Тамалинского районов Пензенской области. Выбор Тамалинского района в качестве контрольной группы обусловлен тем, что он территориально граничит с Бековским районом и при этом по географическим, экологическим, социально-экономическим, в том числе демографическим показателям, по медицинскому обеспечению практически не отличается от экспериментального района. Число школ, численность обучающихся и возрастно-половой состав районов также различаются крайне незначительно. Объектами наблюдения являлись системы формирования здорового образа жизни образовательных организаций, единицей наблюдения – учащиеся школ. В 2021 г. проведен социологический опрос учащихся 9–11-х классов всех школ, расположенных на территориях двух районов. Во всех школах Бековского района (экспериментальные школы) в учебно-воспитательный процесс, начиная с 2008 г., была внедрена система непрерывного образования по формированию ЗОЖ, в Тамалинском районе подобная система не внедрялась. Изучена эффективность внедренной системы путем социологического опроса 219 подростков в школах Бековского и 204 – в школах Тамалинского районов. Ретроспективно, по данным, содержащимся в форме № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации», рассчитаны и изучены статистические показатели общей заболеваемости и впервые в жизни зарегистрированной заболеваемости детей в возрасте 15–17 лет, проживающих в двух районах. Проведен анализ среднегодового прироста (убыли) показателей за 2015–2021 гг. Для статистической обработки информации с помощью стандартных методов использованы электронные таблицы Microsoft Excel 2010.

Результаты. В соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами школа должна стать местом формирования здоровья школьников. Личностным результатом освоения основных образовательных программ становится формирование установки на безопасный и здоровый образ жизни. В предметные результаты освоения образовательных программ должно входить

умение обучающихся организовывать здоровьесберегающую деятельность. Очевидно, что школьные программы образования должны содержать раздел «Программа формирования здорового и безопасного образа жизни».

На территории Пензенской области, первоначально в порядке эксперимента, во всех школах Бековского района начиная с 2008–2009 учебных годов с 1-го по 11-й класс внедрена система непрерывного образования по формированию ЗОЖ, включающая изучение в рамках регионального компонента образовательной программы предметов «Здоровый образ жизни» в младшем и среднем звеньях и «Основы здорового образа жизни» в старшем звене, а также закрепление навыков и умений по здоровому образу жизни в ходе изучения школьных дисциплин на уроках физической культуры, биологии, химии, физики, географии, основ безопасности жизнедеятельности. Целью непрерывного образования является формирование у школьников установки на здоровый образ жизни через раскрытие значения ценности здоровья для современного российского общества и интерпретацию здоровья как необходимого условия успешной самореализации личности.

Системой непрерывного образования по формированию ЗОЖ используется разработанный научными сотрудниками в содружестве со специалистами управления Роспотребнадзора по региону и педагогами школ учебно-методический комплект, состоящий из 11 пособий и учебников, в том числе электронных, содержащих развивающие и ролевые игры. Компоненты формирования ЗОЖ входят не только в урочную, но и внеурочную, проектную деятельность обучающихся. Наряду с обучением и воспитанием при формировании ЗОЖ активно используются различные технологии: коммуникации (печатные средства массовой информации, телевидение, радио, в том числе школьное, мобильные средства связи, интернет, наружная реклама в виде щитов, флешмобы), волонтерство. В системе формирования ЗОЖ учащихся школ принимают участие волонтерские движения «Волонтеры-медики» (студенты медицинского института) и «Волонтеры-школьники». Все это вместе взятое позволяет расширить информирование учащихся и родителей, педагогов и персонал школы о факторах риска и обеспечить мотивирование и создание условий для формирования навыков ЗОЖ.

В рамках данной системы реализована преемственность формирования мотивации здоровьесберегающего поведения учащихся по возрастным группам – учащиеся начальных классов, школьники среднего звена, учащиеся 9–11-х классов. Осуществлен дифференцированный подход к каждой возрастной группе с учетом ее физиологических и психологических характеристик, имеющегося жизненного опыта.

При этом решаются следующие задачи:

– пробуждение в детях желания заботиться о своем здоровье;

– формирование знания негативных факторов риска здоровья детей (снижение двигательной активности, нарушение режима дня, длительная работа за компьютером, использование игровых приставок, потребление фастфуда, нарушение режима питания, курение, алкоголь, наркотики и другие психоактивные вещества);

– формирование установки на поддержание здорового питания, оптимальных двигательных режимов, рационального режима дня, правильного режима работы на компьютерах, гаджетах;

– развитие потребности в занятиях физической культурой;

– становление навыков противостояния вовлечению в табакокурение, употреблению алкоголя, наркотиков и других психоактивных веществ;

– развитее готовности самостоятельно поддерживать свое здоровье на основе использования навыков личной гигиены.

Повышение уровня информированности обучающихся, их родителей, педагогического и медицинского персонала о факторах риска неинфекционных заболеваний и создание мотивации к ведению ЗОЖ в Бековском районе сопровождались обеспечением соответствующих этому условий. Для решения данной задачи осуществлялось многоуровневое межведомственное взаимодействие под началом специальной межведомственной комиссии при администрации района. Обеспечение условий для ведения ЗОЖ включало: защиту детского населения от фактора пассивного курения; возможность бесплатного повышения уровня физической активности посредством занятий физической культурой и спортом в физкультурно-оздоровительном комплексе, спортивных секциях, созданных во всех школах района; запрет на территории района реализации фастфуда; обучение медицинских работников первичного звена здравоохранения, педагогов методам и средствам профилактики и выявления ранних признаков потребления табака, алкоголя, психоактивных веществ.

Эффективность внедренной в учебно-воспитательный процесс системы непрерывного образования по формированию ЗОЖ изучена по сформированным навыкам здоровьесберегающего поведения среди подростков. Выбор 16–17-летних несовершеннолетних обусловлен тем, что школьники данной возрастной категории поступили в 1-й класс уже после 2008 г., когда начался эксперимент. По результатам опроса учащихся 9–11-х классов установлено, что в школах Бековского района, где система непрерывного образования по формированию ЗОЖ внедрена в учебно-воспитательный процесс (экспериментальная группа), значительно больше респондентов, стереотипы поведения которых ориентированы на здоровьесбережение, чем в школах Тамалинского района, где подобная система отсутствует (контрольная группа) (табл. 1).

Таблица 1

Стереотипы поведения подростков, %

Показатель	ЭГ	КГ	χ^2	p
Прием горячей пищи 2 раза в день и чаще	80,36	65,68	16,6	0,001*
Ежедневное потребление фруктов	68,94	55,18	6,68	0,010*
Ежедневное потребление овощей	78,99	78,92	0,0	0,985
Ежедневная физическая активность (один час и более)	78,99	72,05	2,75	0,097
Ежедневная продолжительность сна менее 8 ч	54,90	52,96	0,61	0,910
Ежедневное проведение времени за экраном более 2 ч	52,51	53,43	0,03	0,850
Еженедельное курение	2,28	2,45	0,61	0,910
Еженедельное потребление крепких спиртных напитков	1,36	4,90	4,42	0,047*

Примечание: здесь и далее в табл.: ЭГ – экспериментальная группа, КГ – контрольная группа; * – достоверность различий между ответами респондентов, обучающихся в ЭГ и КГ ($p < 0,05$); χ^2 – коэффициент Пирсона.

Согласно результатам опроса среди учащихся 9–11-х классов, входящих в экспериментальную группу, достоверно больше лиц, поведение которых направлено на сбережение здоровья, чем в контрольной группе. Так, принимают горячую

пищу 2 раза в день и чаще 80,36 % опрошенных подростков ЭГ и 65,68 % из КГ (p = 0,001); ежедневно потребляют фрукты в экспериментальной группе 68,94 % подростков, в контрольной – 55,18 ± 3,95 %, p < 0,05. Ежедневная физическая активность, составляющая в ЭГ 78,99 % и КГ – 72,05 %, а также продолжительность сна менее 8 ч соответственно у 54,90 и 52,96 % (p > 0,05) у подростков в двух сравниваемых районах наблюдения не отличаются. За экранами гаджетов, мониторов, телевизоров более 2 ч ежедневно проводят чуть более половины опрошенных в обоих районах. Количество курящих подростков за последние годы заметно сократилось и в обеих группах не превышает 2,5 %. Наши данные о снижении доли курящих подростков совпадают с результатами других исследований [2]. Употребляют алкоголь чаще подростки контрольной группы – 4,90 % (1,36 % в экспериментальной группе) (p = 0,047).

Уровень первичной заболеваемости подростков в возрасте 15–17 лет в 2021 г. в сравнении с 2015 г. достоверно снизился в Бековском районе и повысился в Тамалинском районе (табл. 2). Также за семь лет наблюдения произошло снижение показателя общей заболеваемости (табл. 3).

Таблица 2

Заболеваемость подростков с впервые в жизни установленным диагнозом (на 100 тыс. детей соответствующего возраста)

Заболеваемость	Год	
	2015	2021
Бековский район, где внедрена система непрерывного формирования ЗОЖ	125345,6	98829,0
Тамалинский район, где система непрерывного формирования ЗОЖ отсутствует	114078,7	304301,1

Таблица 3

Заболеваемость подростков общая (на 100 тыс. детей соответствующего возраста)

Заболеваемость	Год	
	2015	2021
Бековский район, где внедрена система непрерывного формирования ЗОЖ	225345,6	180562,1
Тамалинский район, где система непрерывного формирования ЗОЖ отсутствует	142236,0	421774,2

Следует отметить, что, несмотря на внедрение в школах Бековского района еще в 2008–2009 учебных годах совершенно новой модели непрерывного образования по формированию ЗОЖ, в 2015 г. уровни первичной и общей заболеваемости подростков были выше, чем у подростков Тамалинского района. Объясняется это, скорее всего, сложностью изменения стереотипов поведения несовершеннолетних и отставанием позитивных процессов в состоянии их здоровья, оцениваемых по показателям заболеваемости.

Таким образом, положительные сдвиги в показателях заболеваемости (по обращаемости) начинают проявляться лишь через несколько лет после существенного совершенствования процесса формирования культуры здоровья и безопасности образа жизни.

Общая заболеваемость подростков 15–17 лет за период 2015–2021 гг. в Бековском районе уменьшилась по таким классам болезней, как некоторые инфекционные и паразитарные болезни, новообразования, болезни уха и сосцевидного отростка, органов кровообращения (рис. 1–4). Стабилизировалась общая заболеваемость болезнями органов пищеварения (рис. 5).

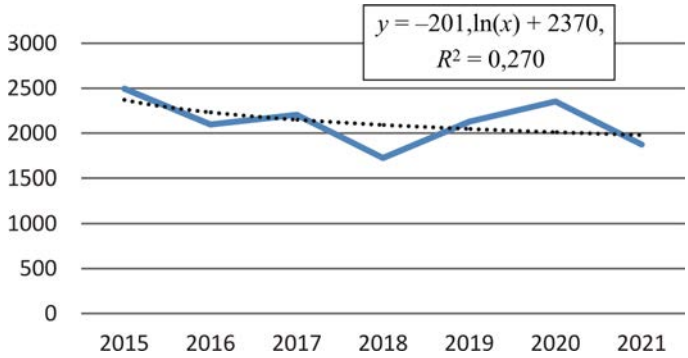


Рис. 1. Общая заболеваемость некоторыми инфекционными и паразитарными болезнями

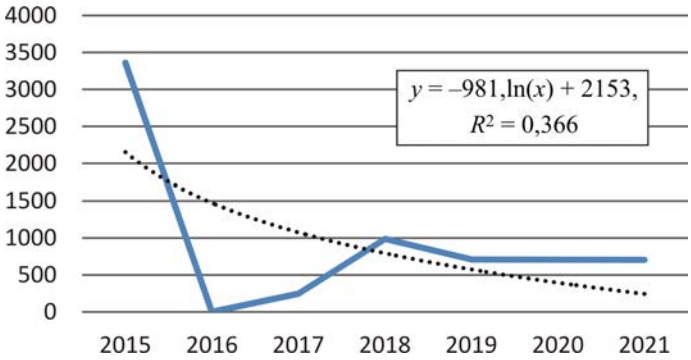


Рис. 2. Общая заболеваемость новообразованиями

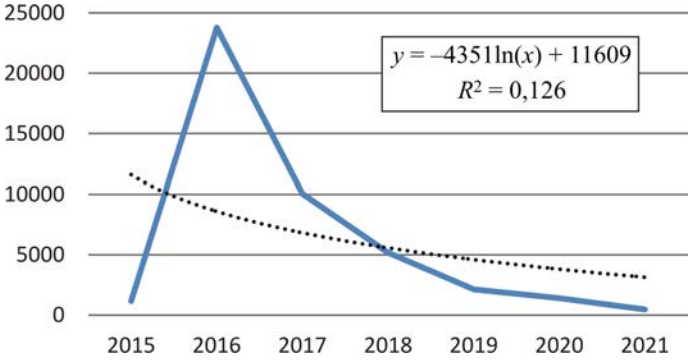


Рис. 3. Общая заболеваемость болезнями уха и сосцевидного отростка

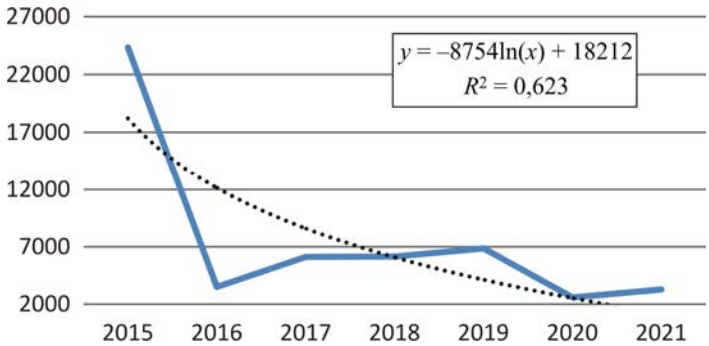


Рис. 4. Общая заболеваемость болезнями системы кровообращения

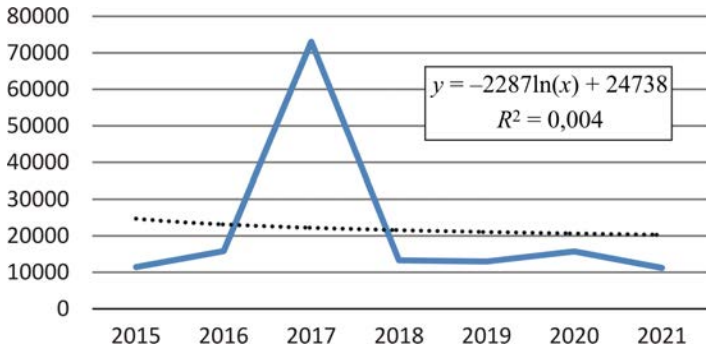


Рис. 5. Общая заболеваемость болезнями органов пищеварения

В отличие от Бековского района, среди подростков Тамалинского района как первичная, так и общая заболеваемость за период с 2015 по 2021 г. увеличилась по всем классам болезней.

Выводы. Таким образом, опыт общеобразовательных школ на территории Бековского района, где в учебно-воспитательный процесс была внедрена система непрерывного образования по формированию ЗОЖ, показывает, что при одинаковых экологических и социально-экономических условиях, но при системном осуществлении формирования здорового образа жизни в условиях школ возникают предпосылки для закрепления стереотипов поведения, способствующих здоровьесбережению подрастающего поколения. Проведенный нами анализ тенденции заболеваемости среди подростков свидетельствует о позитивном влиянии системы непрерывного образования по формированию ЗОЖ в процессе обучения на сохранение здоровья детей и подростков.

Список литературы

1. Баранов А.А., Альбицкий В.Ю. Состояние здоровья детей России, приоритеты его сохранения и укрепления // Казанский медицинский журнал. – 2018. – Т. 99, № 4. – С. 698–705. DOI: https://doi.org/10.17816/KMJ2018-698

2. Вяльшина А.А. Распространение курения и употребления алкоголя среди сельского населения России // Социальные аспекты здоровья населения. – 2021. – Т. 67, № 5. DOI: 10.21045/2071-5021-2021-67-5-8

3. Гареева И.А., Конобейская А.В. Здоровый образ жизни студенческой молодежи как социальная ценность и реальная практика (по материалам социологического исследования) // Власть и управление на Востоке России. – 2020. – № 4 (93). – С. 178–190. DOI: 10.22394/1818-4049-2020-93-4-178-190

4. Кучма В.Р. Медико-профилактические основы здоровьесбережения обучающихся в Десятилетие детства в России (2018–2027 гг.) // Российский педиатрический журнал. – 2018. – Т. 21, № 1. – С. 31–37. DOI: 10.18821/1560-9561-2018-21-1-31-37

5. Об утверждении Стратегии формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 года: Приказ Министерства здравоохранения РФ от 15 января 2020 г. № 8 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/564215449 (дата обращения: 19.03.2022).

6. Стратегия и практика формирования здорового образа жизни детей в Российской Федерации / А.П. Фисенко, В.Р. Кучма, Н.Ю. Кучма [и др.] // Российский педиатрический журнал. – 2020. – Т. 23, № 2. – С. 76–84. DOI: 10.18821/1560-9561-2020-23-2-76-84

7. Сухарев А.Г., Стан В.В., Игнатова Л.Ф. Роль образовательной организации в формировании у учащихся мотивации к здоровью и здоровому образу жизни // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. – 2016. – № 2. – С. 32–35.

8. Яковлева Т.В., Иванова А.А., Терлецкая Р.Н. Проблема формирования здорового образа жизни у детей и учащейся молодежи // Казанский медицинский журнал. – 2012. – Т. 93, № 5. – С. 792–795.

Медико-социальная эффективность новаторской системы формирования культуры здорового и безопасного образа жизни обучающихся в сельских образовательных организациях

В.Е. Васильев[1,2]

[1]ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пензенской области»,
[2]ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия

Объектом исследования послужили система формирования культуры здорового и безопасного образа жизни обучающихся и заболеваемость подростков за период 2015–2021 гг. Изучено влияние системы формирования здорового образа жизни учащихся в условиях образовательных организаций сельской местности на состояние здоровья подростков. Объектами наблюдения являлись системы формирования здорового образа жизни в образовательных организациях, расположенных в двух соседних районах. Единицей наблюдения – учащиеся школ. В работе использованы традиционные статистические, социально-гигиенические и эпи-

демиологические методы оценки эффективности формирования здорового образа жизни, изучения здоровья.

Модель новаторской системы образования по формированию культуры здорового и безопасного образа жизни обучающихся в рамках федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования включала гигиеническое воспитание педагогического персонала, родителей, формирование у учащихся навыков здорового образа жизни с вовлечением в систему медицинских работников, представителей общественности. Внедрение в 2008–2009 учебном году в образовательный процесс учащихся экспериментальных школ новаторской системы непрерывного образования по формированию ЗОЖ, успешное ее поддержание в дальнейшем способствовали тому, что доля подростков с навыками здорового поведения в экспериментальных школах превышает долю таких подростков, обучающихся в школах контрольного района. Уровень сформированности культуры здорового образа жизни у подростков экспериментальных школ по многим составляющим образа жизни также выше, чем в контрольных, – соответственно 78–86 и 54–70 баллов.

Через несколько лет после внедрения новаторской системы формирования здорового образа жизни в районе, по сравнению с 2015 г., отмечается достоверное снижение уровня первичной заболеваемости по обращаемости подростков в 2021 г. на 21,16 %, общей заболеваемости – на 19,9 % ($p < 0,05$).

Ключевые слова: новаторская система образования по формированию здорового образа жизни, подростки, заболеваемость.

Приобщение детей к проблеме сохранения здоровья напрямую связано с воспитанием культуры здоровья в семье, школе и социуме, что предполагает тесное межведомственное и межсекторальное взаимодействие образовательных организаций с учреждениями первичного звена здравоохранения, общественными и волонтерскими движениями, средствами массовой информации, учреждениями физкультуры и спорта, культуры [1–3, 7, 10].

Низкая эффективность мер по формированию культуры здорового и безопасного образа жизни несовершеннолетних, нерешенность проблемы преемственности в вопросах ценностных ориентаций на здоровый образ жизни (ЗОЖ) и отсутствие системного подхода к его формированию у подрастающего поколения не способствуют решению задач, предусмотренных «Стратегией формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 года» [5, 6]. В связи с этим актуальность исследований по оценке эффективности проводимой работы на местах (в регионах, муниципалитетах) по формированию культуры здоровья населения только возрастает.

Цель исследования – изучение влияния системы формирования здорового образа жизни учащихся в условиях образовательных организаций сельской местности на состояние здоровья подростков.

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе общеобразовательных организаций Бековского и Тамалинского районов Пензенской области. Выбор Тамалинского района в качестве контрольной группы обусловлен тем, что он территориально граничит с Бековским районом и при этом по географическим, экологическим, социально-экономическим, в том числе демографическим показателям, по медицинскому обеспечению практически не отличается от экспериментального района. Число школ, численность обучающихся и возрастно-половой состав районов также различаются крайне незначительно.

Объектами наблюдения являлись системы формирования здорового образа жизни образовательных организаций, единицей наблюдения – учащиеся школ.

В 2021 г. проведен социологический опрос учащихся 9–11-х классов всех школ, расположенных на территориях двух районов. Во всех школах Бековского района (экспериментальные школы) в учебно-воспитательный процесс начиная с 2008 г. была внедрена новаторская система непрерывного образования по формированию ЗОЖ, в Тамалинском районе подобная система не внедрялась. Изучена эффективность внедренной системы путем социологического опроса 219 подростков в школах Бековского и 204 – в школах Тамалинского районов. Расчет уровня сформированности N (%) составляющих здорового образа жизни проведен с использованием квалиметрии, где качественные показатели выражены в баллах. Расчет велся по формуле:

$$N = X \cdot 100 / 68,$$

где X – это набранное число баллов по всем блокам анкеты; умноженное на 100 % и разделенное на 68 (максимально возможное количество набранных баллов), оно дает искомый параметр. Количество набранных баллов характеризует уровни становления здорового образа жизни следующим образом: 0–27 баллов (0–50 %) – низкий (объектно-пассивный) уровень; 28–45 баллов (52–74 %) – средний (объектно-активный) уровень; 45–54 балла (76–100 %) – высокий (субъектный) уровень.

Ретроспективно, по данным, содержащимся в форме № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации», рассчитаны и изучены статистические показатели общей заболеваемости и впервые в жизни зарегистрированной заболеваемости детей в возрасте 15–17 лет, проживающих в двух районах. Проведен анализ среднегодовых показателей заболеваемости, рассчитан среднегодовой темп прироста (убыли) показателей за 2015–2021 гг., построены логарифмические тренды заболеваемости. Для статистической обработки информации с помощью стандартных методов использованы электронные таблицы Microsoft Excel 2010.

Результаты. В соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами школа должна стать местом формирования здоровья школьников. Личностным результатом освоения основных образовательных программ становится формирование установки на безопасный и здоровый образ жизни. В предметные результаты освоения образовательных программ должно входить умение обучающихся организовывать здоровьесберегающую деятельность. Очевидно, что школьные программы образования должны содержать раздел «Программа формирования здорового и безопасного образа жизни» [4, 8, 9].

На территории Пензенской области, впервые во всех школах Бековского района начиная с 2008–2009 учебного года с 1-го по 11-й класс внедрена новаторская система непрерывного образования по формированию ЗОЖ, включающая изучение в рамках регионального компонента образовательной программы предметов «Здоровый образ жизни» в младшем и среднем звеньях и «Основы здорового образа жизни» в старшем звене, а также закрепление навыков и умений по здоровому образу жизни в ходе изучения учащимися школьных дисциплин на уроках физической культуры, материаловедения, биологии, химии, физики, географии, основ безопасности жизнедеятельности. Целью непрерывного образования явля-

ется формирование у школьников установки на здоровый образ жизни через раскрытие значения ценности здоровья для современного российского общества и интерпретацию здоровья как необходимого условия успешной самореализации личности.

Компоненты формирования ЗОЖ входят не только в урочную, но и внеурочную, проектную деятельность обучающихся. Наряду с обучением и воспитанием при формировании ЗОЖ активно используются различные технологии: коммуникации (печатные средства массовой информации, телевидение, радио, в том числе школьное, мобильные средства связи, интернет, наружная реклама в виде щитов, флешмобы), волонтерство. В системе формирования ЗОЖ учащихся школ принимают участие волонтерские движения «Волонтеры-медики» (студенты медицинского института) и «Волонтеры-школьники». Все это вместе взятое позволяет расширить информирование учащихся и родителей, педагогов и персонал школы о факторах риска и обеспечить мотивирование и создание условий для формирования навыков ЗОЖ.

В рамках данной системы реализована преемственность формирования мотивации здоровьесберегающего поведения учащихся по возрастным группам – учащиеся начальных классов, школьники среднего звена, учащиеся 9–11-х классов. Осуществлен дифференцированный подход к каждой возрастной группе с учетом ее физиологических и психологических характеристик, имеющегося жизненного опыта.

Повышение уровня информированности обучающихся, их родителей, педагогического и медицинского персонала о факторах риска неинфекционных заболеваний и создание мотивации к ведению ЗОЖ в Бековском районе сопровождалось обеспечением соответствующих этому условий. Для решения данной задачи осуществлялось многоуровневое межведомственное взаимодействие под началом специальной межведомственной комиссии при администрации района. Обеспечение условий для ведения ЗОЖ включало: защиту детского населения от фактора пассивного курения; возможность бесплатного повышения уровня физической активности посредством занятий физической культурой и спортом в физкультурно-оздоровительном комплексе, спортивных секциях, созданных во всех школах района; запрет на территории района реализации фастфуда; обучение медицинских работников первичного звена здравоохранения, педагогов методам и средствам профилактики и выявления ранних признаков потребления табака, алкоголя, психоактивных веществ.

Эффективность внедренной в учебно-воспитательный процесс системы непрерывного образования по формированию ЗОЖ изучена по сформированным навыкам здоровьесберегающего поведения среди подростков. Выбор 16–17-летних несовершеннолетних обусловлен тем, что школьники данной возрастной категории поступили в 1-й класс уже после 2008 г., когда начался эксперимент. По результатам опроса учащихся 9–11-х классов установлено, что в школах Бековского района, где система непрерывного образования по формированию ЗОЖ внедрена в учебно-воспитательный процесс (экспериментальная группа), значительно больше респондентов, стереотипы поведения которых ориентированы на здоровьесбережение, чем в школах Тамалинского района, где подобная система отсутствует (контрольные группа) (табл. 1).

Таблица 1

Стереотипы поведения подростков, %

Показатель	ЭГ	КГ	χ^2	*ṕ*
Прием горячей пищи 2 раза в день и чаще	80,36	65,68	16,6	0,001*
Ежедневное потребление фруктов	68,94	55,18	6,68	0,010*
Ежедневное потребление овощей	78,99	78,92	0	0,985
Ежедневная физическая активность (один час и более)	78,99	72,05	2,75	0,097
Ежедневная продолжительность сна менее 8 ч	54,9	52,96	0,61	0,91
Ежедневное проведение времени за экраном более 2 ч	52,51	53,43	0,03	0,85
Еженедельное курение	2,28	2,45	0,61	0,91
Еженедельное потребление крепких спиртных напитков	1,36	4,9	4,42	0,047*

Примечание: здесь и далее в табл. ЭГ – экспериментальная группа, КГ – контрольная группа; * – достоверность различий между ответами респондентов, обучающихся в ЭГ и КГ ($p < 0,05$); χ^2 – коэффициент Пирсона.

Согласно результатам опроса среди учащихся 9–11-х классов, входящих в экспериментальную группу, достоверно больше лиц, поведение которых направлено на сбережение здоровья, чем в контрольной группе. Так принимают горячую пищу 2 раза в день и чаще 80,36 % опрошенных подростков ЭГ и 65,68 % из КГ ($p = 0,001$); ежедневно потребляют фрукты в экспериментальной группе 68,94 % подростков, в контрольной – 55,18 ± 3,95 %, $p < 0,05$. Ежедневная физическая активность, составляющая в ЭГ 78,99 % и КГ 72,05 %, а также продолжительность сна менее 8 ч соответственно у 54,90 и 52,96 % ($p > 0,05$) у подростков в двух сравниваемых районах наблюдения не отличаются. За экранами гаджетов, мониторов, телевизоров более 2 ч ежедневно проводят чуть более полвины опрошенных в обоих районах. Количество курящих подростков за последние годы заметно сократилось и в обеих группах не превышает 2,5 %. Наши данные о снижении доли курящих подростков совпадают с результатами других исследований [2]. Употребляют алкоголь чаще подростки контрольной группы – 4,90 % (1,36 % в экспериментальной группе) ($p = 0,047$).

Навыки здорового поведения среди учащихся 15–17 лет в школах контрольной группы сформированы у 46,4–61,8 %, в школах экспериментальной группы – у 71,5–89,3 % ($p < 0,05$). Уровень сформированности культуры здорового образа жизни у подростков экспериментальных школ по многим составляющим образа жизни также выше, чем в контрольных, соответственно 78–86 баллов и 54–70 баллов.

Уровень первичной заболеваемости подростков в возрасте 15–17 лет в 2021 г. в сравнении с 2015 г. достоверно снизился с 125 345,6 до 98 829,0 в Бековском районе (на 21,16 % $p < 0,05$) (рис. 1), и повысился в 2,66 раза в Тамалинском районе – со 114 078,6 до 304 301,1 на 100 тыс. детей соответствующего возраста (рис. 2). Снижение первичной заболеваемости в Бековском районе произошло по всем классам болезней, за исключением болезней эндокринной системы, в том числе ожирения, болезней глаза, в том числе миопии, болезней системы кровообращения. Средний темп прироста первичной заболеваемости подростков в Бековском районе составил (-9,6 %): по болезням уха — (-72,1 %), травмам (-27,5 %), болезням мочеполовой системы (-25,5 %), болезням кожи и подкожной клетчатки (-23,3 %), инфекционным заболеваниям (-22,1 %), болезням органов пищеварения (-17,9 %).

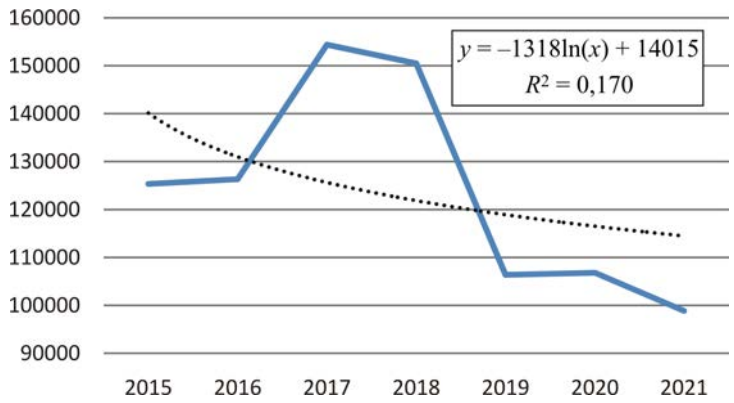


Рис. 1. Первичная заболеваемость подростков в Бековском районе в 2015–2021 гг. (на 100 тыс. детей соответствующего возраста)

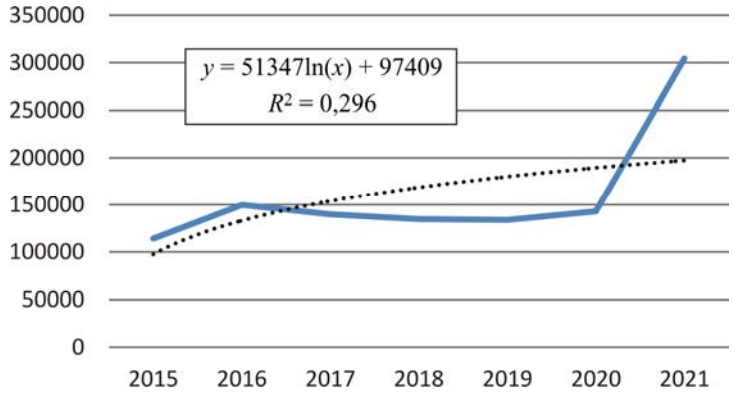


Рис. 2. Первичная заболеваемость подростков в Тамалинском районе в 2015–2021 гг. (на 100 тыс. детей соответствующего возраста)

В Тамалинском районе рост первичной заболеваемости отмечен по многим классам, за исключением психических расстройств и расстройства поведения, болезней уха, болезней органов пищеварения, травм. Средний темп прироста первичной заболеваемости подростков в Тамалинском районе составил 24,6 %, а по болезням мочеполовой системы – 76 %, инфекционным заболеваниям – 58,7 %, болезням органов дыхания – 23,7 %.

За 7-летний период наблюдения произошло снижение показателя общей заболеваемости на 19,9 % ($p < 0,05$) у подростков в экспериментальном районе и повышение в контрольном районе в 2,96 раз (рис. 3 и 4).

Средний темп прироста общей заболеваемости подростков в Бековском районе составил -11 %, в Тамалинском – 30,1 % (табл. 2). Снижение общей заболеваемости подростков в Бековском районе произошло по большинству классов заболеваний, за исключением болезней нервной системы, болезней глаза, в том числе миопии, болезней костно-мышечной системы. В Тамалинском районе, напротив, по многим классам болезней отмечается рост уровня общей заболеваемости.

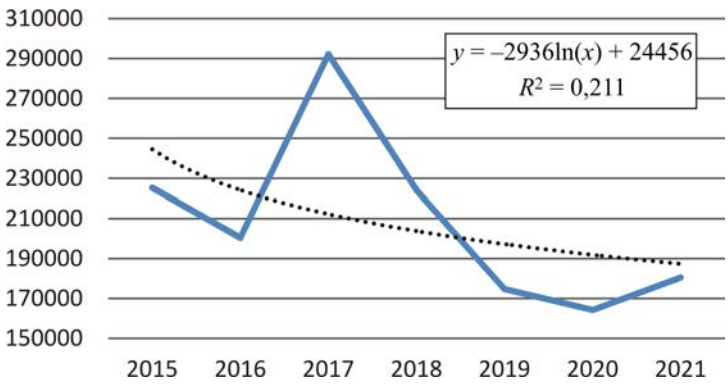


Рис. 3. Общая заболеваемость подростков в Бековском районе в 2015–2021 гг. (на 100 тыс. детей соответствующего возраста)

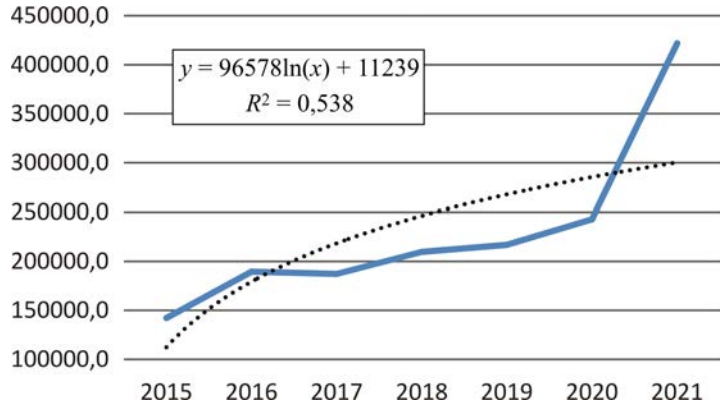


Рис. 4. Общая заболеваемость подростков в Тамалинском районе в 2015–2021 гг. (на 100 тыс. детей соответствующего возраста)

Следует отметить, что, несмотря на внедрение в школах Бековского района еще в 2008–2009 учебном году совершенно новой модели непрерывного образования по формированию ЗОЖ, в 2015 г. уровни первичной и общей заболеваемости подростков были выше, чем у подростков Тамалинского района. Объясняется это, скорее всего, сложностью изменения стереотипов поведения несовершеннолетних и отставанием позитивных процессов в состоянии их здоровья, оцениваемых по показателям заболеваемости.

Среднемноголетний показатель первичной заболеваемости (по строке «Всего заболеваний») подростков в Бековском районе достоверно ниже аналогичного показателя в контрольном районе ($t = 6{,}6$). Также среднемноголетний показатель первичной заболеваемости у подростков Бековского района значимо ниже, чем в Тамалинском районе, по болезням органов дыхания ($t = 12{,}6$), болезням кожи и подкожной клетчатки ($t = 4{,}4$), болезням органов пищеварения ($t = 2{,}2$) (по остальным классам различия оказались несущественными).

Таблица 2

Общая заболеваемость подростков (на 100 тыс. детей соответствующего возраста)

Наименование классов болезней	Экспериментальный район			Контрольный район		
	показатель заболеваемости		средний темп прироста	показатель заболеваемости		средний темп прироста
	2015 г.	2021 г.		2015 г.	2021 г.	
Всего заболеваний	225 345,6	180 562,1	-11,1	142 236,0	421 774,2	30,1
Инфекционные и паразитарные заболевания	9567,4	1873,5	-52,1	621,1	1512,9	50,8
Болезни эндокринной системы, расстройств питания,	5299,5	6089,2	-45,6	1863,3	15 860,2	64,2
в том числе ожирение	3456,2	4918,0	-9,03	828,2	13978,5	79,3
Психические расстройства и расстройства поведения	9447,0	8665,1	-4,07	2484,5	1881,7	-15,5
Болезни нервной системы	8986,2	27400,5	22,0	2691,5	20 698,9	34,4
Болезни глаза и его придаточного аппарата,	26 410,1	28 337,2	0,58	23 154,9	34 946,2	6,87
в том числе миопия	20 497,9	23 482,4	0,86	2277,4	25 344,1	0,79
Болезни уха и сосцевидного отростка	4838,7	468,4	-68,7	5797,1	6079,7	-2,6
Болезни системы кровообращения	3456,2	3278,7	-1,9	828,2	8064,5	80,4
Болезни органов дыхания	64 285,7	59 719,0	- 1,2	83 229,8	187 903,2	24,2
Болезни органов пищеварения	60 599,1	11 241,2	-51,3	11 387,1	22 849,5	-0,60
Болезни кожи и подкожной клетчатки	4608,2	1171,0	-18,7	11387,2	14247,3	7,1
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	5069,1	7494,1	21,1	12 422,3	25 268,8	28,1
Болезни мочеполовой системы	4838,7	3278,2	-4,9	1035,1	12 903,2	9,8
Травмы	26 036,9	10 070,3	-27,5	2484,4	15 322,6	26,5

Хотя среднемноголетний показатель общей заболеваемости подростков экспериментального района (по строке «Всего заболеваний») отличается от аналогичного показателя по контрольному району несущественно (t = 1,9), достоверные различия наблюдаются по отдельным классам (табл. 3).

Таким образом, положительные сдвиги в показателях заболеваемости по обращаемости начинают проявляться лишь через несколько лет после существенного совершенствования процесса формирования культуры здорового и безопасного образа жизни.

Выводы. Многолетний опыт общеобразовательных школ на территории Бековского района, где в учебно-воспитательный процесс была внедрена система непрерывного образования по формированию ЗОЖ, показывает, что при одинаковых экологических и социально-экономических условиях, но при системном осуществлении формирования здорового образа жизни в условиях школ без вовлечения дополнительных финансовых затрат, возникают предпосылки для закрепления стереотипов поведения, способствующих здоровьесбережению подрастающего поколения. Тенденции заболеваемости среди подростков, обучающихся в экспериментальных школах, свидетельствуют о позитивном влиянии системы непрерывного

образования по формированию ЗОЖ в процессе обучения на сохранение здоровья детей и подростков.

Таблица 3

Среднемноголетняя общая заболеваемость за 2015–2021 гг., $M \pm m$

Наименование классов болезней	Экспериментальный район	Контрольный район	Критерий Стьюдента t
Всего заболеваний	208 801,1 ± 7339,6	230 015,4 ± 8263,0	1,9
Инфекционные и паразитарные заболевания	3151,3 ± 852,7	4038,3 ± 948,7	0,69
Болезни эндокринной системы, расстройств питания, в том числе ожирение	8591,8 ± 1367,9 7069,3 ± 1251,1	7515 ± 1270,6 5774,8 ± 1124,2	0,57 0,76
Психические расстройства и расстройства поведения	8459,8 ± 1385,4	2368,5 ± 732,8	3,94*
Болезни нервной системы	14 151,4 ± 1701,4	13 670,4 ± 1655,7	0,20
Болезни глаза и его придаточного аппарата, в том числе миопия	31 296,5 ± 2263,5 17 278,2 ± 1845,4	32 852,2 ± 1634,1 19 993,0 ± 1507,5	0,65 0,77
Болезни уха и сосцевидного отростка	6834,8 ± 1231,8	10 894,3 ± 1501,6	2,0*
Болезни системы кровообращения	4565,8 ± 1018,9	2660,0 ± 775,5	1,4
Болезни органов дыхания	61 402,5 ± 2376,4	96 199,8 ± 921,5	13,6*
Болезни органов пищеварения	23 971,1 ± 2214,3	22 835,2 ± 2023,1	1,04
Болезни кожи и подкожной клетчатки	2932,7 ± 823,6	14 083,7 ± 1676,5	5,9*
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	6837,3 ± 1232,0	13 452,8 ± 1644,5	3,2*
Болезни мочеполовой системы	4129,3 ± 971,2	5537,9 ± 1102,3	0,95
Травмы, отравления и некоторые последствия воздействия внешних причин	22 524,1 ± 2039,1	7138,6 ± 1240,9	6,44*

Примечание: * – $t \geq 2$.

Положительный медико-социальный эффект от внедрения новаторской системы формирования здорового образа жизни на территории муниципалитета заключается в повышении уровня сформированности культуры здорового образа жизни у подростков, что позволило не только стабилизировать заболеваемость по обращаемости, но и уменьшить уровень заболеваемости среди подростков по многим классам болезней. Вместе с тем по таким заболеваниям, как болезни нервной системы, болезни глаза, в том числе миопия, болезни эндокринной системы, в том числе ожирение, болезни костно-мышечной системы, положительные изменения, во-первых, могут запаздывать. Это связано с тем, что перечисленная патология преимущественно относится к хронической, и формирование ее происходит длительно, даже в течение нескольких лет, соответственно требуется больше времени для позитивных изменений. Во-вторых, для стабилизации и снижения уровня заболеваемости указанных заболеваний одних только мер по формированию ЗОЖ недостаточно, требуется комплексный подход к решению проблемы, в том числе с учетом того, что перечисленные заболевания входят в круг школьно обусловленных заболеваний, необходимо обеспечение соответствующих современным требованиям условий образовательной среды с привлечением достаточных финансовых резервов.

Список литературы

1. Баранов А.А., Альбицкий В.Ю. Состояние здоровья детей России, приоритеты его сохранения и укрепления // Казанский медицинский журнал. – 2018. – Т. 99, № 4. – С. 698–705. DOI: 10.17816/KMJ2018-698

2. Вяльшина А.А. Распространение курения и употребления алкоголя среди сельского населения России // Социальные аспекты здоровья населения. – 2021. – Т. 67, № 5. DOI: 10.21045/2071-5021-2021-67-5-8

3. Кучма В.Р. Медико-профилактические основы здоровьесбережения обучающихся в Десятилетие детства в России (2018–2027 гг.) // Российский педиатрический журнал. – 2018. – Т. 21, № 1. – С. 31–37. DOI: 10.18821/1560-9561-2018-21-1-31-37

4. Носов А.Г. Сущность процесса разработки и реализации индивидуальной траектории становления здорового образа жизни // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10–10. – С. 2282–2285.

5. Об утверждении Стратегии формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 года: Приказ Министерства здравоохранения РФ от 15 января 2020 г. № 8 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/564215449 (дата обращения: 19.03.2022).

6. Стратегия и практика формирования здорового образа жизни детей в Российской Федерации / А.П. Фисенко, В.Р. Кучма, Н.Ю. Кучма [и др.] // Российский педиатрический журнал. – 2020. – Т. 23, № 2. – С. 76–84. DOI: 10.18821/1560-9561-2020-23-2-76-84

7. Сухарев А.Г., Стан В.В., Игнатова Л.Ф. Роль образовательной организации в формировании у учащихся мотивации к здоровью и здоровому образу жизни // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. – 2016. – № 2. – С. 32–35.

8. Формирование безопасного и здорового образа жизни в образовательной среде / Э.М. Казин, Н.П. Абаскалова, Н.Н. Кошко [и др.] // Профессиональное образование в России и за рубежом. – 2014. – № 1 (13). – С. 50–55.

9. Чедов К.В. Методология здоровьесберегающей компетентности педагогов в условиях межведомственного взаимодействия // Теория и практика физической культуры. – 2019. – № 6. – С. 97.

10. Яковлева Т.В., Иванова А.А., Терлецкая Р.Н. Проблема формирования здорового образа жизни у детей и учащейся молодежи // Казанский медицинский журнал. – 2012. – Т. 93, № 5. – С. 792–795.

Оценка состояния иммунного статуса детского населения дошкольного возраста, проживающего в условиях влияния внешнесредовых химических факторов крупного промышленного центра Западного Урала

Н.А. Вдовина[1], О.В. Долгих[1,2,3], Г.В. Скокло[2]

[1]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2]ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
[3]ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
г. Пермь, Россия

Высокие темпы техногенного освоения окружающей среды определяют необходимость изучения негативного действия факторов внешнесредового окружения на здоровье населения. При этом именно дети дошкольного возраста наиболее чувствительны к изменениям качества окружающей среды. Проведено изучение особенностей иммунологических показателей детского населения дошкольного возраста, проживающего в крупном промышленном центре Западного Урала. По результатам проведенных исследований наблюдаются достоверные изменения показателей врожденного клеточного иммунитета: повышение абсолютного фагоцитоза по отношению к норме ($p < 0,05$), при этом распространенность показателя активности фагоцитоза у детей основной группы достигала 57,7 %. Одновременно иммунный статус дошкольников характеризуется дефицитом иммуноглобулинов M и A, а также гиперпродукцией иммуноглобулина G и гиперсенсибилизацией к техногенным гаптенам по критерию специфических IgG к бензолу, свинцу, фенолу и IgE к марганцу, никелю и формальдегиду относительно группы сравнения ($p < 0,05$). Выявленные признаки угнетения клеточного иммунитета с развитием процессов повышенной специфической чувствительности к бензолу, свинцу, фенолу, к марганцу, никелю и формальдегиду указывают на ассоциированные с воздействием химических факторов среды обитания негативные эффекты формирования иммунодефицита и аутоаллергических процессов.

Ключевые слова: иммунный статус, дети дошкольного возраста, специфическая сенсибилизация, внешнесредовые химические факторы.

В современных условиях деятельность человека приобретает масштаб геоэкологических процессов, приводит к изменению естественных циклов на Земле, нарушению экологического равновесия в биосфере, что в свою очередь сказывается на самом человеке [9]. Особенно напряженная ситуация складывается в крупных промышленных городах и городских агломерациях, чему способствуют стремительные темпы развития урбанизации, городского промышленного производства и бесконтрольного увеличения автотранспорта [4].

Наибольшая потенциальная опасность для здоровья населения промышленно развитых городов связана, в первую очередь, с размещением металлургического,

машиностроительного производства и электроэнергетики, представляют тяжёлые металлы и их соединения, относящиеся к чрезвычайно опасным и опасным химическим веществам (I и II класс опасности): свинец, хром, никель, марганец, ванадий, кадмий. Опасность этих металлов определяется тем, что они обладают способностью накапливаться в организме, вмешиваться в метаболические циклы, быстро изменять свою химическую форму при переходе из одной среды в другую, не подвергаются химическому разложению, могут обусловливать дефицит эссенциальных элементов, замещая их в металлсодержащих белках [5].

Состояние здоровья населения является одним из основных индикаторов качества окружающей среды. В последние годы всё большее значение приобретают исследования, касающиеся состояния здоровья детей и подростков, так как эта часть популяции наиболее чувствительна к влиянию различных факторов внешней среды [3]. Здоровье детей считается одним из наиболее чувствительных, интегральных и информативных медико-биологических показателей, характеризующих качественные характеристики среды обитания. Поэтому уровень здоровья детского населения находится в прямой зависимости от интенсивности, продолжительности влияния загрязнения окружающей среды и степени адаптации к ней [4, 9].

Охрана здоровья детского населения является одной из приоритетных национальных задач на современном этапе развития Российской Федерации. В настоящее время сохраняются негативные тенденции показателей здоровья детского населения, в том числе и хронической заболеваемости [2].

Дети дошкольного возраста наиболее чувствительны к изменениям качества окружающей среды по причине несовершенства адаптационных и детоксикационных процессов в растущем организме ребенка [1, 6–8, 10].

Цель исследования – провести оценку особенностей иммунного статуса у детского населения дошкольного возраста в условиях влияния на организм внешнесредовых химических факторов (на примере промышленного центра Западного Урала).

Материалы и методы. Проведено клинико-лабораторное обследование детского населения, постоянно проживающего и посещающего детские дошкольные учреждения на территории крупного промышленного центра Пермского края. Всего обследовано 100 детей дошкольного возраста в возрасте от 5 до 7 лет. Группу наблюдения составили 52 дошкольника, проживающих вблизи территории размещения предприятия металлургической промышленности. Группу сравнения составили 48 детей, проживающих на условно чистой территории, на которой отсутствует размещение промышленных предприятий. Группы сопоставимы по возрасту, социальному статусу и этнической принадлежности.

Фенотипирование лимфоцитов проводили на проточном цитометре FACSCalibur фирмы Becton Dickinson с использованием универсальной программы CellQuest.PrO. Определение популяций и субпопуляций лимфоцитов (CD3+, CD8+), проводили методом мембранной иммунофлюоресценции с использованием панели меченых моноклональных антител к мембранным CD-рецепторам (Becton Dickinson, USA), при этом регистрировали суммарно не менее 10 тыс. событий.

Исследование фагоцитарной активности лейкоцитов периферической венозной крови проводили с использованием формалинизированных эритроцитов барана.

Содержание сывороточных иммуноглобулинов (IgG, IgM, IgA) определяли методом радиальной иммунодиффузии по Манчини.

Определение уровня специфических антител к факторам химической нагрузки по критерию IgG к бензолу, фенолу, свинцу, IgE к формальдегиду, марганцу, никелю оценивали методом аллергосорбентного тестирования с ферментной меткой.

Для статистической обработки результатов исследования применялись методы математической статистики с помощью пакета прикладных программ Statistica 10.0 (Statsoft, США). Методом вариационной статистики рассчитывали среднее арифметическое (M) и стандартную ошибку среднего (m). Достоверность различий между группами оценивали по t-критерию Стьюдента. Зависимости «маркер экспозиции – маркер эффекта» определяли с помощью математического моделирования методом корреляционно-регрессионного анализа с расчетом критерия Фишера и коэффициента детерминации (R^2). Различия между группами считались достоверными при $p < 0{,}05$.

Результаты. Проведенный сравнительный анализ с показателями физиологической нормы и межгрупповых различий позволил установить, что у детского населения дошкольного возраста группы наблюдения установлено повышение уровня абсолютного фагоцитоза в 1,2 раза по отношению к норме ($p < 0{,}05$), при этом распространенность гиперпродукции у детей основной группы достигала 57,7 % (в группе сравнения 50,0 %), что указывает на избыточную напряженность врожденного клеточного иммунитета (таблица).

Иммунологические показатели детского населения дошкольного возраста, проживающего на территории крупного промышленного центра Пермского края

Показатель	Физиологическая норма	Группа наблюдения, (n = 52), $M \pm m$	Группа сравнения, (n = 48), $M \pm m$
$CD3^+$ $CD8^+$- лимфоциты, отн., %	13–41	28,45 ± 2,85*	24,32 ± 1,37
$CD3^+$ $CD8^+$-лимфоциты, абс., 10^9/дм^3	0,19–1,14	0,818 ± 0,079*	0,699 ± 0,057
IgG, г/дм^3	10,0–13,0	12,35 ± 1,04*	10,94 ± 0,68
IgM, г/дм^3	1,26–2,2	1,077 ± 0,065*/**	1,328 ± 0,089
IgA, г/дм^3	1,17–2,2	1,243 ± 0,118*	1,524 ± 0,164
Абсолютный фагоцитоз, 10^9/дм^3	1–2	2,399 ± 0,299**	2,26 ± 0,277
IgE общий, МЕ/см^3	0–49,9	82,07 ± 35,31**	135,86 ± 62,34**
IgE спец. к марганцу, МЕ/см^3	0–1,21	0,29 ± 0,082*	0,113 ± 0,016
IgE спец. к никелю, МЕ/см^3	0–1,55	0,291 ± 0,064*	0,107 ± 0,02
IgE спец. к формальдегиду, МЕ/см^3	0–1,5	0,252 ± 0,057*	0,138 ± 0,019
IgG спец. к бензолу, усл. ед.	0–0,15	0,323 ± 0,072*/**	0,118 ± 0,015
IgG спец. к фенолу, усл. ед.	0–0,13	0,395 ± 0,067*/**	0,111 ± 0,015
IgG спец. к свинцу, усл. ед.	0–0,1	0,348 ± 0,078*/**	0,086 ± 0,013

Примечание: * – различия с группой сравнения статистически значимы ($p < 0{,}05$); ** – различия с физиологической нормой статистически значимы ($p < 0{,}05$).

Оценка отношения шансов изменения иммунологических тестов при возрастании концентрации контаминантов в биологических средах позволила установить достоверное ($p < 0{,}05$) повышение абсолютного фагоцитоза при увеличении концентрации в крови бензола ($R^2 = 0{,}11$ при $p < 0{,}05$), марганца ($R^2 = 0{,}27$ при $p < 0{,}05$), формальдегида ($R^2 = 0{,}17$ при $p < 0{,}05$).

Установлены изменения содержания сывороточных иммуноглобулинов A, M и G в анализируемых группах детей. Сравнительный анализ по отношению к физиологической норме выявил дефицит иммуноглобулина M (78,8 % детей – в груп-

па наблюдения, в группе сравнения – 71,2 %) ($p < 0,05$), по отношению к группе сравнения достоверен дефицит иммуноглобулинов M и A, а также гиперпродукция иммуноглобулина G (у 17 % детей группы наблюдения).

Выявлен повышенный по сравнению с возрастной нормой уровень общей сенсибилизации у 33,3 % дошкольников группы наблюдения и у 47,9 % группы сравнения ($p < 0,05$). Также у детей группы наблюдения достоверно повышен уровень специфической сенсибилизации к бензолу (у 69,2 %), свинцу (у 82,7 %), фенолу (у 82,7 %) по отношению к норме ($p < 0,05$). У дошкольников основной группы повышен уровень специфической сенсибилизации к свинцу (в 4,05 раза), к фенолу (в 3,56 раза), к бензолу (в 2,74 раза), к никелю (в 2,72 раза), к марганцу (в 2,57 раза), к формальдегиду (в 1,83 раза) по отношению к аналогичным показателям группы сравнения. Разница содержания IgG к бензолу, свинцу, фенолу и IgE к марганцу, никелю и формальдегиду между группами достигала уровня достоверности ($p < 0,05$). Полученные результаты свидетельствуют о более весомом вкладе гаптенной сенсибилизации в формирование аллергостатуса группы наблюдения по отношению к группе сравнения, несмотря на более низкие значения показателя общей сенсибилизации.

Анализ отношения шансов изменения показателей гуморального иммунитета при возрастании концентрации контаминантов в биологических средах позволил установить достоверное ($p < 0,05$) повышение концентрации IgG к бензолу при увеличении концентрации бензола в крови ($R^2 = 0,47$ при $p < 0,05$), а также повышение концентрации IgE к марганцу при увеличении концентрации марганца в крови ($R^2 = 0,12$ при $p < 0,05$).

Достоверных отклонений показателей CD-иммунограммы по сравнению с физиологической нормой не выявлено, однако у детей в группе наблюдения по отношению к группе сравнения наблюдается достоверное повышение относительного и абсолютного значения цитотоксических Т-лимфоцитов $CD3^+CD8^+$ по отношению к норме (3,9–7,8 %) с достоверной разницей между группами ($p < 0,05$), что указывает на избыточное напряжение клеточного потенциала, формирующее его истощение в основной группе дошкольников.

Выводы. По результатам оценки иммунного статуса детей-дошкольников в условиях влияния на организм внешнесредовых химических факторов (на примере промышленного центра Западного Урала) выявлены нарушения клеточного звена врожденного иммунитета – повышение фагоцитарной активности, достоверное по отношению к норме (по критерию абсолютного фагоцитоза). Выявлен дефицит иммуноглобулинов M и A, а также гиперпродукция иммуноглобулина G ($p < 0,05$). Установлена гиперпродукция специфических IgG к бензолу, фенолу, свинцу и IgE формальдегиду, марганцу, никелю, достоверная по отношению к норме и аналогичным показателям детей группы сравнения в 1,83–4,05 раза.

Выявленные особенности дисбаланса клеточного (повышение абсолютного фагоцитоза) и гуморального (дефицит иммуноглобулинов M и A, гиперпродукция иммуноглобулина G, а также гиперсенсибилизация к техногенным гаптенам IgG к бензолу, свинцу, фенолу и IgE к марганцу, никелю и формальдегиду) иммунитета у дошкольников, проживающих в условиях крупного промышленного центра Западного Урала, указывают на формирование негативных эффектов, характеризующих ранние нарушения здоровья у детей группы наблюдения, ассоциированные с иммунодефицитом и специфической сенсибилизацией.

Список литературы

1. Аликина И.Н., Долгих О.В., Мухачева Е.А Аллергологический статус детей, ассоциированный с воздействием химических факторов среды обитания // Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Пермь, 2019. – С. 585–588.

2. Гигиеническая оценка состояния здоровья и физического развития детей дошкольного возраста в условиях комбинированного воздействия химических факторов среды обитания / О.Ю. Устинова, А.Ю. Вандышева, А.И. Аминова, И.А. Пермяков // Здоровье населения и среда обитания. – 2011. – № 7 (220). – С. 8–11.

3. Доршакова Н.В., Карапетян Т.А. Состояние здоровья детей и подростков в контексте влияния факторов окружающей среды // Фундаментальные исследования – 2006. – № 12. – С. 94–95.

4. Загрязнение окружающей среды и ее негативное воздействие на здоровье детского населения / А.М. Хайдаров, Э.Х. Дусмухамедов, Г.Т. Шорустамова [и др.] // STOMATOLOGIYA. – 2017. – № 4. – С. 8–11.

5. Землянова М.А., Тарантин А.В. Нарушения белкового профиля человека в условиях воздействия тяжелых металлов // Экология человека. – 2012. – № 7. – С. 7–14.

6. Индикаторные показатели особенностей иммунной регуляции у детей в условиях загрязнения среды обитания металлами / К.Г. Старкова, О.В. Долгих, Д.А. Эйсфельд [и др.] // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 2. – С. 178–182.

7. Никоношина Н.А., Долгих О.В., Кривцов А.В. Иммунный статус детей дошкольного возраста в условиях избыточной контаминации биосред циклическими углеводородами и тяжелыми металлами // Анализ риска здоровью – 2021. Внешнесредовые, социальные, медицинские и поведенческие аспекты. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2021: материалы XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: в 2 т. – Пермь, 2021. – С. 262–266.

8. Особенности иммунной регуляции и апоптоза у детей в условиях промышленного воздействия / О.В. Долгих, К.Г. Старкова, И.Н. Аликина [и др.] // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. – 2019. – № 1. – С. 84–89.

9. Отавина Е.А., Долгих О.В. The state of the immune status of workers engaged in the chromium ore mining // Health And Safety At The Workplace: материалы II международного научного форума. – 2018. – С. 176–178.

10. Савченко О.В. Влияние загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами на здоровье детей дошкольного возраста // Экология человека. – 2018. – № 3.– С. 16–20.

Формирование функциональных нарушений в процессе выполнения трудовых обязанностей у работников горно-рудного производства

О.Ю. Горбушина[1], Д.М. Шляпников[2], Е.М. Власова[1], В.Г. Костарев[2], С.В. Мокрушин [1]

[1] ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2] Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Пермскому краю,
г. Пермь, Россия

Оптимальный режим труда и отдыха является обязательным условием для эффективного и безопасного производственного процесса. Выполнена оценка функциональных показателей и когнитивных функций у работников в различных сменных режимах, которые отличаются по длительности рабочей смены и междусменных периодов.

Для проведения исследований были сформированы две группы наблюдения, которые отличались друг от друга продолжительностью рабочих циклов и междусменных периодов. Проводился сравнительный анализ результатов нейропсихологического тестирования; анализ гемодинамики работников как показателя функционального состояния сердечно-сосудистой системы; математико-статистическая обработка полученных данных.

Анализ динамики показателей АД и ЧСС выявил, что функциональные показатели (АД и ЧСС) в пределах допустимых физиологических значений за весь период наблюдения сохранялись только на 2-й день рабочего цикла. Выраженная лабильность АД является фактором риска развития артериальной гипертензии; тенденция к увеличению уровня АД и учащению ЧСС наблюдается при продолжительности рабочего цикла более трех рабочих дней подряд.

При сменных графиках работы, практикуемых сегодня, междусменный отдых и выходные дни не компенсируют полностью утомления, и требуются периоды длительного отдыха.

Ключевые слова: профессиональный риск, функциональные нарушения, режим труда, горно-рудное производство.

Оптимальный режим труда и отдыха является обязательным условием для эффективного и безопасного производственного процесса. Прежде всего, он должен обеспечивать эффективную защиту здоровья работника от последствий воздействия вредных производственных факторов. Кроме того, такой режим должен обеспечивать наиболее эффективное использование производственных мощностей, бесперебойный технологический процесс, качественное и своевременное выполнение работы.

Рациональный режим труда и отдыха предполагает установление такой загруженности работой и чередование периодов работы и интервалов отдыха во время рабочей смены, дня, недели, месяца и года в соответствии с графиком труда предприятия, при которых экономическая эффективность достигает своего максимума при обеспечении сохранения здоровья его работников [3].

В процессе трудовой деятельности работоспособность и функциональное состояние организма подвергаются значительным изменениям. Цель подбора пара-

метров режима труда и отдыха – обеспечение эффективной работоспособности. Составить рациональный режим труда и отдыха можно, учитывая особенности суточного ритма физиологических процессов организма [2].

Годовые режимы труда и отдыха – это рациональное чередование работы с периодами длительного отдыха. Такой отдых является обязательным, так как ежедневный отдых полностью не компенсирует накопленное утомления. Одним из важнейших факторов, обеспечивающих длительный положительный эффект от отдыха во время отпуска, является полная смена обстановки, что достигается при смене места пребывания [8].

Физиолого-гигиенические исследования показывают, что производственная среда калийного рудника при адекватной для адаптационных возможностей работников продолжительности рабочей смены не вызывает выраженного негативного воздействия на организм человека [4, 5]. Адекватная адаптация обеспечивается продолжительностью междусменных периодов [2, 6].

Цель исследования – оценка функциональных показателей и когнитивных функций у работников в различных сменных режимах, которые отличаются по длительности рабочей смены и междусменных периодов.

Материалы и методы. Для проведения исследований были сформированы группы наблюдения в составе:

– группа 1: 111 работников (средний стаж – 10,16 ± 0,99 г., средний возраст – 37,14 ± 2,30 г.);

– группа 2: 63 работника (средний стаж – 7,78 ± 1,58 г., средний возраст – 39,84 ± 2,24 г.).

Профессиональный состав: машинисты ГВМ, горные мастера, машинисты буровой установки, крепильщики.

Продолжительности рабочей смены в обеих группах составляла 8 ч, график работы – скользящий, при этом работник выполнял работы и в первую, и во вторую, и в третью смены.

Группы были сопоставимы по возрасту и стажу, но отличались друг от друга продолжительностью рабочих циклов и междусменных периодов:

– группа 1: пятидневные циклы работы в ночную смену, сменяющиеся через три выходных дня пятидневным циклом работы в вечернюю смену, заканчивающиеся через два выходных четырехдневным циклом работы в утреннюю смену;

– группа 2: трехдневные циклы работы в утреннюю смену, чередуются через два выходных трехдневным циклом работы в вечернюю смену, сменяются через один выходной трехдневным циклом работы в ночную смену и через три выходных повторяют последовательность циклов.

Примеры графиков работы представлены в табл. 1 и 2.

Разработанная для работников программа интегральной оценки функционального состояния организма и степени адаптации к условиям труда включала: сравнительный анализ результатов нейропсихологического тестирования когнитивных функций центральной нервной системы в условиях различных режимов труда; анализ гемодинамики работников как показателя функционального состояния сердечно-сосудистой системы; математико-статистическую обработку полученных данных.

Таблица 1

Пример графика работ группы 1

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*	*18*	*19*	*20*	*21*	*22*	*23*	*24*	*25*	*26*	*27*	*28*	*29*	*30*
В	1	1	1	1	1	В	В	В	3	3	3	3	3	В	В	2	2	2	2	В	1	1	1	1	1	В	В	В	3
В	2	2	2	2	В	1	1	1	1	1	В	В	В	3	3	3	3	3	В	В	2	2	2	2	В	1	1	1	1

Примечание: здесь и в табл. 2: *1* – ночная смена; *2* – утренняя смена; *3* – дневная смена; *В* – выходной.

Таблица 2

Пример графика работ группы 2

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*	*18*	*19*	*20*	*21*	*22*	*23*	*24*	*25*	*26*	*27*	*28*	*29*	*30*
В	В	2	2	2	В	В	3	3	3	В	1	1	1	В	В	В	2	2	2	В	В	3	3	3	В	1	1	1	В
2	2	В	В	3	3	3	В	1	1	1	В	В	В	2	2	2	В	В	3	3	3	В	1	1	1	В	В	В	2
1	1	В	В	В	2	2	2	В	В	3	3	3	В	1	1	1	В	В	В	2	2	2	В	В	3	3	3	В	1
3	В	1	1	1	В	В	В	2	2	2	В	В	3	3	3	В	1	1	1	В	В	В	2	2	2	В	В	3	3
В	3	3	3	В	1	1	1	В	В	В	2	2	2	В	В	3	3	3	В	1	1	1	В	В	В	2	2	2	В
2	2	2	2	В	В	В	2	2	2	2	2	В	В	2	2	2	2	В	В	В	2	2	2	2	2	В	В	2	2

С помощью нейропсихологических тестов оценивались: концентрация внимания, непосредственное и отсроченное воспроизведение, проба на сосредоточенность, тест рисования часов. Работоспособность и ранние признаки утомления оценивались с помощью субъективной оценки сна, самочувствия, активности, настроения по методике САН (самочувствие, активность, настроение). Каждый блок оценивался по балльной системе.

Для оценки деятельности сердечно-сосудистой системы использовались показатели гемодинамики – частота сердечных сокращений (ЧСС), артериальное давление (АД), суточное мониторирование АД (СМАД) и суточное мониторирование электрокардиограммы по Холтеру (ХМ-ЭКГ) [8]. Измерение маркерных функциональных параметров у работников для проведения оценки риска для здоровья при выполнении работ в различных сменных режимах проводилось до и после рабочих циклов и рекреационных периодов.

Исследование и анализ суточного АД проводили с использованием диагностической системы BR-102 plus и программы анализа MT-300 (SCHILLER, Швейцария). Исследование и анализ сердечно-сосудистой системы с целью оценки влияния вегетативной нервной системы на функции возбудимости, проводимости и автоматизма сердца были выполнены с помощью диагностической системы суточной регистрации ЭКГ по Холтеру Microvit «MT-101» и программы анализа MT-210 (SCHILLER, Швейцария). Холтеровское мониторирование осуществляли после междусменного периода отдыха, длительность исследования соответствовала продолжительности рабочей смены. Оценивались показатели вариабельности сердечного ритма (SDNN, SDANN, SDNNidx, rMSSD, pNN50) в рабочие часы и во время отдыха работника. Измерение АД и ЧСС проводилось электронным тонометром UA – 777 A/D «Эй энд Ди», Япония.

Все работники, включенные в группы, были информированы о целях, задачах обследования, программе и процедурах медицинских исследований функциональных параметров деятельности организма, после чего подписали добровольное согласие на участие в проекте и прохождение медицинских обследований.

Полученные сведения по условиям труда, профессиональному маршруту (общему и «суммарному подземному» стажу), данные о наличии соматических заболеваний и их динамике (по анамнезу и медицинской документации), результаты обследования были формализованы и занесены в единую электронную базу данных и подвергнуты статистико-математическому анализу с использованием программного модуля, выполненного в виде макроса MS Excel. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в исследовании принимался равным 0,05 (достоверность различий $p < 0,05$).

Результаты. Анализ условий труда проводили по результатам специальной оценки условий труда (СОУТ). Классификация условий труда по показателям вредности и опасности производственной среды, тяжести и напряжённости оценивалась по гигиеническим критериям Р 2.2.2006-05[1].

Условия труда работников обеих групп были идентичны и включали воздействие следующих вредных производственных факторов: загрязнение воздуха рабочей зоны пылью сильвинита, воздействие шума, вибрации общей и локальной; отсутствие естественного освещения, тяжесть и напряжённость трудового процесса. По результатам СОУТ установлено, что по фактору «Вибрация» класс условий труда в обеих группах соответствовал классу 2 – «допустимый», по параметрам микроклимата – 3.1 – «вредный», по параметрам световой среды – 3.2 – «вредный», по шуму – 3.3 – «вредный», по концентрации в воздухе рабочей зоны пыли сильвинита – 3.3 – «вредный». Итоговый класс условий труда – «вредный», 3-й степени вредности. Важнейшими производственными факторами, определяющими структуру риска, являлись пыль сильвинита и шум.

Сравнительная оценка данных нейропсихологического тестирования до и после рабочей смены у работников обеих групп выявила утомление, остаточное от предыдущей смены и не восполняющееся за положенный период отдыха (у 38 % работников группы 1 и у 43 % работников группы 2). Величина остаточного утомления определялась суммой балльных оценок отдельных параметров и соотношением их шкал.

Сразу после начала работы в условиях воздействия вредных производственных факторов развивается срочный этап адаптации, зависящий от исходного функционального состояния. У работников, которые не успевают полностью восстановить функциональное состояние, адаптация задействует резервы, которые используются для компенсации остаточного утомления. Субъективно работник это ощущает как ухудшение самочувствия, усталость.

У работников группы 2 снижение активности сочеталось с астеническим синдромом, что характерно для обратимого снижения функциональной активности основных систем организма. Астенизацию в данной ситуации следует рассматривать как экономию резерва организмом.

Данные нейропсихологического тестирования у работников обеих групп коррелировали с субъективной оценкой состояния здоровья по методике САН.

Динамика кривых функциональных параметров нервной системы у работников группы 1 до и после рабочей смены соответствовали утомлению на центральном психологическом уровне, для снижения которого задействованы функциональные

[1] Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М., 2005.

адаптационные резервы организма, что подтверждалось субъективным ощущением в виде ухудшения самочувствия, снижением фона настроения, тревогой.

Обращало на себя внимание, что параметры функционального состояния нервной системы у работников группы 2 до и после рабочей смены не имели значительного различия. На работоспособность влияют множество факторов: вид трудового процесса, профессиональная подготовка, уровень образования, степень психологической готовности к труду, трудовая мотивация, индивидуальные психофизиологические особенности работника, состояние его здоровья. Существует волевое включение функциональных резервов, оно обеспечивает выполнение работы с минимальными затратами (автоматическая работоспособность). При утомлении могут включаться недоступные воле экстренные резервы. Чем активнее вовлекаются экстренные резервы, тем более выражено ожидаемое утомление. При утомлении снижается восприимчивость человека к повседневным нагрузкам, снижается способность к концентрации внимания, уменьшается способность к запоминанию, замедляется мышление, меняется фон настроения. Кроме того, изменяется регуляция деятельности физиологических систем организма, нарушается устойчивость вегетативных функций и, как следствие, возникают эмоциональное напряжение, нервно-психические расстройства, нарушается координация двигательных актов, снижается работоспособность, происходит регресс рабочих навыков [1].

Утомление – обратимое физиологическое состояние. Если работоспособность не восстанавливается к началу следующей рабочей смены, утомление может переходить в усталость – более стойкое снижение работоспособности с развитием функциональных нарушений нервной системы и системы кровообращения, нарушению биоритмов.

При субъективной оценке сна его биоритмы были нарушены у 33 % работников группы 1 и у 37 % работников группы 2, что проявлялось нарушением засыпания и ранним пробуждением. Эти процессы являются следствием длительного снижения функциональной активности механизмов регуляции.

Математический анализ динамики показателей ЧСС и АД, проведенный на основе линейных трендов, полученных у работников обеих групп, выявил, что функциональные показатели (АД и ЧСС) в пределах допустимых физиологических значений за весь период наблюдения сохранялись только на 2-й день рабочего цикла.

Увеличение продолжительности рабочего цикла (количество рабочих дней подряд) сопровождалось изменениями в функционального состояния организма. Прежде всего, это касалось показателей деятельности системы кровообращения: наблюдалась тенденция к увеличению ЧСС, наиболее выраженная после рабочих смен при продолжительности рабочего цикла более трех рабочих дней и лабильностью АД. Оценка результатов СМАД выявила повышенный риск развития стабильной АГ с вероятностью осложнений у работников группы 1 по величине «нагрузки давлением», оказываемой на органы-мишени.

При проведении как группового, так и индивидуального анализа изменения функциональных параметров системы кровообращения с учетом продолжительности рабочих циклов и рекреационных периодов установлена динамика показателя АД в виде непериодических колебаний различной амплитуды (лабильность АД). Выраженная лабильность АД является доказанным фактором риска развития артериальной гипертензии.

При режимах работы, сопровождающихся наличием циклов более трех дней подряд, формируется риск развития стабильной АГ с вероятностью осложнений.

Таким образом, у всех работников наблюдается остаточное утомление к началу следующей рабочей смены, более выраженное у работников группы 1, что говорит о недостаточной продолжительности рекреационного междусменного периода при чередующейся работе в ночную и в вечернюю смены с чередующимися пятидневными циклами.

Выводы:

1. Анализ динамики функциональных параметров системы кровообращения показал, что наиболее благоприятным (в аспекте адаптационных ресурсов организма работника) рабочим циклом является период, включающий не более трех рабочих дней, с перерывами в 2–3 рабочих дня. Если продолжительность рабочего цикла увеличивается, то для полной компенсации утомления требуется увеличение рекреационного периода.

2. Установлена тенденция к увеличению уровня АД и учащению ЧСС при продолжительности рабочего цикла более трех рабочих дней подряд. Сравнительная оценка данных нейропсихологического тестирования до и после рабочей смены у работников обеих групп выявила утомление, остаточное от предыдущей смены и не восполняющееся за положенный период отдыха.

3. При сменных графиках работы более трех рабочих дней подряд междусменный отдых и выходные дни не позволяют полностью компенсировать утомление, то есть требуются периоды более длительного отдыха – очередной и дополнительный отпуска, которые не рекомендуется совмещать.

Список литературы

1. Артеменков А.А. Работоспособность и утомление у лиц умственного труда: понятие о зонах активности человека // Медицина труда и экология человека. – 2020. – № 1. – С. 20–35.

2. Евсевьева М.Е., Пшенникова М.Г. Сравнительная оценка разных видов адаптационной защиты миокарда при стрессе // Кардиология – 2002. – № 4. – С. 51–54.

3. Иванов В.Н., Бринюк А.В. Формирование экономически эффективного режима труда и отдыха на предприятии // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2018. – № 2. – С. 32.

4. Косяченко Г.Е. Условия труда и функциональное состояние сердечно-сосудистой системы у горнорабочих калийных рудников // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. Барановичи. – 2005. – № 5. – С. 501–505.

5. Меерсон Ф.З., Малышев И.Ю. Феномен адаптационной стабилизации структур. – М., 1993.

6. Розенблат В.В. Проблема утомления. – М.: Медицина, 1975. – 134 с.

7. Differential activation of cardiac and periferal sympathetic nervous system by nifedipine: role of cardiac and periferasl sympathetic nervous system by nifedipine: role of pharmacokinetics / R.R. Wenzel, G. Allegranza, C. Binggeli [et al.] // J Am Coll Cardiol. – 1997. – Vol. 29. – P. 1607–1614.

8. Vacation From Work: A ‘Ticket to Creativity’?: The Effects of Recreational Travel on Cognitive Flexibility and Originality / J. Bloom, S. Ritter, J. Kühnel, J. Reinders, S. Geurts // Tourism Management. – 2014. – Vol. 44. – P. 164–171. DOI: 10.1016/j.tourman.2014.03.013

Оценка чувствительности лимфоцитов периферической крови доноров к повреждающему действию тирама

О.В. Егорова, Н.С. Аверьянова, Л.А. Кара, А.А. Грабовская, С.Д. Игнатьев, Н.А. Илюшина

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, г. Мытищи, Россия

Изучение индивидуальной чувствительности организма к действию неблагоприятных факторов среды представляет особый интерес с точки зрения профессионального отбора и персонализированной медицины. К настоящему времени накоплен большой массив данных, свидетельствующий, что некоторые пестициды предыдущих поколений или их смеси могут вызывать повреждения наследственных структур. В качестве модельного соединения для изучения восприимчивости соматических клеток человека к действию ксенобиотиков в системе *in vitro* использовали контактный фунгицид тирам, генотоксичность которого показана в ряде исследований *in vitro* и *in vivo*.

Изучена чувствительность лимфоцитов периферической крови доноров к ДНК-повреждающему действию тирама в условиях *in vitro*. В качестве тест-объектов использовали лимфоциты периферической крови человека. Оценку повреждающего действия тирама проводили в двух параллельных вариантах в условиях метаболической активации (+S9) и без нее (-S9) методом ДНК-комет в щелочной версии.

Наблюдали статистически значимые эффекты превышения показателя % ДНК в хвосте комет в лимфоцитах всех доноров, что свидетельствует о нарушении целостности молекул ДНК при действии тирама. Уровень повреждений ДНК в лимфоцитах разных доноров варьировался в широком диапазоне. Для клеток некоторых участников исследования статистически значимое повышение уровня повреждений ДНК при действии тирама обнаруживали, начиная с концентрации 5 мкг/мл. Лимфоциты другой группы доноров были менее восприимчивы – статистически значимые эффекты отмечали при экспозиции с пестицидом в концентрации выше 50 мкг/мл.

Сопоставление максимального и минимального значений площадей под кривыми зависимости «концентрация – эффект» показало разницу в 7,7 (-S9) и 16,0 (+S9) раза по чувствительности лимфоцитов разных доноров к повреждающему действию пестицида.

Таким образом, чувствительность соматических клеток разных доноров к генотоксическому действию тирама варьирует в широком диапазоне.

Ключевые слова: тирам, генотоксическое действие, лимфоциты, индивидуальная чувствительность.

Оценка индивидуальной чувствительности организма человека к генотоксическому действию вредных факторов окружающей среды является актуальной задачей генетической токсикологии. К настоящему времени накоплен большой массив данных, свидетельствующий, что некоторые пестициды (особенно предыдущих поколений) или их смеси могут вызывать повреждения наследственных структур [6]. В целом ряде эпидемиологических исследований показан риск негативного воздействия на здоровье человека этой группы ксенобиотиков на популяционном уровне [17].

Однако индивидуальная чувствительность к пестицидам практически не изучена, что делает невозможным оценку индивидуального генетического риска, особенно для лиц, контактирующих с пестицидами при осуществлении их профессиональной деятельности.

В качестве модельного соединения для изучения восприимчивости соматических клеток человека к действию чужеродных химических веществ в системе *in vitro* использовали контактный фунгицид тирам.

Помимо борьбы с вредителями спектр применения тирама включает его использование в качестве химического катализатора процесса вулканизации резины, активатора при производстве пластмасс и химического стерилизатора в искусственной пленке, используемой для перевязки кровоточащих ран. Таким образом, контактировать с данным ксенобиотиком могут не только работники сельского хозяйства, но и более широкий круг людей.

В документе, представленном ФАО/ВОЗ [2], приведена информация об отравлении чувствительных лиц при контакте с тирамом, даже в случае соблюдения правил его применения в садоводстве, или после продолжительного пользования вулканизированными резиновыми или пластмассовыми изделиями, загрязненными тирамом в процессе их изготовления.

Тирам обладает низкой токсичностью для млекопитающих, но быстро абсорбируется из желудочно-кишечного тракта через кожу и путем ингаляции аэрозоли и частиц пыли, обладает значительными кумулятивными свойствами. Тирам, как и другие дитиокарбаматы, относится к метаболитным ядам. Острые токсические последствия их воздействия в основном схожи с последствиями воздействия дисульфида углерода. Механизм действия до конца не ясен и предположительно связан с нарушением активности цитохрома Р-450, сопровождающимся повышением активности гемоксигеназы. В качестве причин субклеточных повреждений также указывают ингибирование моноаминоксидазы, аномальный метаболизм витамина B_6 и триптофана, лишение клеток цинка и меди. Кроме этого, тирам нарушает функцию щитовидной железы у позвоночных животных.

Метаболизм тирама предположительно начинается с расщепления в желудочно-кишечном тракте до диметилдитикарбаминовой кислоты, часть из которой абсорбируется и вовлекается в последующий процесс детоксикации печеночными ферментами. Некоторая часть кислоты выводится из организма в неизменном состоянии в качестве глюкуронида. В ходе процесса метаболизма могут также выделяться небольшие количества диметиламина или дисульфида углерода, не участвующие в реакциях, протекающих в тканях (около 0,003 % от пероральной дозы было обнаружена в крови крыс) [2].

Генотоксическое действие тирама показано в ряде исследований *in vitro* и *in vivo* [19, 20]. Также известно о способности тирама индуцировать окислительный стресс в эритроцитах человека [18]. Исследования, проведенные нами ранее, выявили генотоксические эффекты тирама на бактериях и в микроядерном тесте на эритроцитах костного мозга млекопитающих [11].

Принимая во внимание риск для птиц и диких млекопитающих от употребления семян, обработанных тирамом, в октябре 2018 г. Европейская комиссия приняла решение о прекращении его регистрации, хотя в ряде стран мира его продолжают применять в сельском хозяйстве.

Пылевидный порошок, содержащий ≥ 15 % тирама, включен в Приложение III Роттердамской конвенции (перечень особо опасных пестицидных составов, вызывающих тяжелые неблагоприятные последствия в условиях использования) [2].

Целью исследования являлось изучение чувствительности лимфоцитов периферической крови доноров к ДНК-повреждающему действию тирама в условиях *in vitro*.

Материалы и методы. Исследование одобрено этическим комитетом ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (протокол от 29.09.2020). В качестве тест-объектов использовали лимфоциты периферической крови человека, выделенные с помощью стандартного метода седиментации в градиенте плотности фиколла. Выделенные клетки помещали в среду RPMI-1640 с 10 % телячьей эмбриональной сыворотки, 1 % глутамина, 2 % пенициллина / стрептомицина. Общее количество клеток и их жизнеспособность оценивали с помощью счетчика клеток TC20 (BioRad, США) при окраске трипановым синим. Конечная концентрация лимфоцитов в среде составляла $1–5·10^6$ клеток/мл.

Оценку повреждающего действия тирама (чистота 98,1 %) проводили в двух параллельных вариантах в условиях метаболической активации (+S9) и без нее (-S9). Постмитохондриальная фракция печени крыс (S9) получена в условиях индукции печеночных оксигеназ внутрибрюшинным введением раствора арохлора 1254 (35 мг/кг) самцам белых крыс со средней массой 150–180 г ежедневно в течение 5 суток до эвтаназии, как описано в [11]. Для каждого эксперимента использовали свежеразмороженную аликвоту S9. Конечная концентрация S9 в суспензии клеток составляла 20 %.

Концентрации тирама 5, 10, 20, 50, 100 мкг/мл, выбранные с учетом его цитотоксичности в предварительном эксперименте, готовили путем разбавления стокового раствора в ДМСО. Концентрация ДМСО в среде составляла 1 %. Клетки инкубировали 3 ч при 37 °С и 5 % CO_2. По окончании инкубации клетки отмывали дважды центрифугированием при 4 °С 12 мин, 400 г в PBS с 20 мМ ЭДТА.

Повреждения ДНК оценивали методом ДНК-комет в щелочной версии [5].

Для каждой концентрации, как в условиях метаболической активации, так и без нее, готовили по четыре микропрепарата. Окрашивание слайдов проводили красителем SYBR Green I в ТЕ-буфере (pH 8,0).

Степень миграции ДНК отдельных клеток оценивали при помощи эпифлуоресцентного микроскопа NIKON EclipseNi-U и программного обеспечения Comet Assay IV (Perceptive Instruments Ltd, Великобритания). В анализ брали только отдельно лежащие клетки без наложений с явно различимой головой кометы. На каждом микропрепарате считали не менее 75 клеток. Для сравнения чувствительности клеток разных доноров использовали кратность превышения уровня повреждений ДНК, выраженную в процентном содержании ДНК в хвосте комет (% ДНК-хвост) при действии тирама, по отношению к уровню отрицательного контроля (1 % ДМСО).

Статистический анализ проведен в соответствии с рекомендациями OECD № 489 (2016) с использованием статистической программы SPSS Statistics v. 22.0 software (IBM Corporation, USA) при $\alpha = 0,05$. Проверку нормальности распределения данных осуществляли методом Шапиро – Уилка, однородность дисперсии проверяли методом Ливиня. Сравнение эффектов при действии разных концентраций тирама с отрицательным контролем осуществляли тестом Даннетта или с помощью

непараметрического критерия Краскела – Уоллиса в зависимости от нормальности распределения данных. Оценку наличия дозовой зависимости увеличения средних значений медиан lg % ДНК в хвосте комет от концентрации тирама проводили с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена.

Результаты. В предварительном эксперименте было установлено, что тирам в концентрации выше 100 мкг/мл оказывает выраженное цитотоксическое действие на лимфоциты периферической крови человека. Отмечали уменьшение количества живых клеток после инкубации с тирамом (менее 50 % живых клеток) и высокий процент сильно поврежденных клеток – «ежей» (% ДНК в хвосте комет более 85 %). У некоторых доноров содержание таких клеток при 100 мкг/мл превышало 50 % от числа всех клеток.

В табл. 1 и 2 приведены данные об индивидуальных уровнях повреждения ДНК в лимфоцитах человека.

Таблица 1

Влияние тирама на уровень повреждений ДНК в лимфоцитах человека
(данные представлены в абсолютных величинах)

Донор		% ДНК-хвост											
		Концентрация тирама, мкг/мл											
		0		5		10		20		50		100	
		-S9	+S9	-S9	+S9	-S9	+S9	-S9	+S9	-S9	+S9	-S9	+S9
2	M	0,86	1,76	4,42	8,25	0,68	5,83	2,36	8,22	18,87	5,77	24,00	56,77
	σ	0,89	0,25	1,65	1,59	0,22	2,79	1,20	0,91	5,09	3,70	3,81	6,70
3	M	0,24	0,10	7,26	0,34	3,32	0,59	3,73	2,18	20,12	1,87	23,88	1,43
	σ	0,17	0,05	2,99	0,07	2,03	0,33	1,41	0,97	4,63	1,51	12,34	1,17
5	M	1,61	0,27	1,74	0,73	1,40	0,73	1,93	1,47	20,92	20,36	16,71	24,34
	σ	0,10	0,09	0,16	0,65	0,80	0,41	0,23	0,92	1,86	2,72	1,83	0,76
6	M	1,57	2,32	1,83	1,01	2,35	1,16	3,94	6,27	72,38	14,85	83,43	79,52
	σ	0,66	2,59	1,86	1,08	1,11	0,88	1,50	2,16	7,48	4,79	12,69	14,59
7	M	2,85	0,30	4,80	0,67	2,91	1,10	9,90	2,18	62,46	19,12	21,17	64,16
	σ	2,22	0,25	0,76	0,57	0,47	0,58	10,33	0,99	8,10	4,20	3,09	5,88
8	M	0,99	2,84	2,75	8,00	3,10	11,40	2,72	12,02	19,51	18,94	27,26	65,02
	σ	0,49	1,09	2,02	6,28	2,31	2,22	0,32	1,66	1,34	5,09	2,93	8,35
9	M	0,37	0,15	8,57	2,99	7,59	9,21	19,39	9,90	24,19	0,26	21,93	1,05
	σ	0,13	0,09	3,58	1,51	2,87	1,37	2,82	0,69	3,52	0,19	2,73	0,85
10	M	0,48	0,53	2,65	2,51	4,06	0,95	2,07	7,47	25,81	22,20	19,12	20,30
	σ	0,14	0,10	2,37	2,10	2,40	0,75	0,62	9,78	3,52	5,51	0,63	2,05
11	M	0,67	0,34	3,83	0,43	18,88	15,81	1,21	27,94	17,87	54,05	19,41	88,86
	σ	0,28	0,13	1,31	0,42	19,27	14,53	0,71	2,23	4,13	2,93	3,21	3,12
12	M	0,33	0,67	8,92	4,36	2,58	54,79	2,59	36,92	16,00	85,77	21,67	89,96
	σ	0,20	0,26	2,21	4,39	0,47	21,62	1,02	9,92	2,62	7,17	2,67	4,27
13	M	0,60	0,33	1,26	11,55	0,75	58,51	2,06	88,40	23,51	94,20	88,73	28,04
	σ	0,51	0,06	0,31	2,34	0,65	9,69	0,59	8,92	3,64	2,39	4,53	7,01

Примечание: M – среднее значение log % ДНК в хвосте комет; σ – стандартное отклонение.

Наблюдали статистически значимые эффекты превышения показателя % ДНК-хвост в лимфоцитах всех доноров, что свидетельствует о нарушении целостности молекул ДНК при действии тирама. В то же время уровень повреждений ДНК в

лимфоцитах разных доноров при воздействии тирама варьировался в широком диапазоне. Без метаболической активации на клетках доноров 2, 3, 9, 11, 12 обнаружены статистически значимые генотоксические эффекты, начиная с минимальной концентрации 5 мкг/мл. В случае лимфоцитов доноров 5, 6, 7 значимое повышение уровня повреждений ДНК отмечено только при действии тирама в высоких концентрациях 50 и 100 мкг/мл ($p < 0,05$). Статистически значимое повышение уровня повреждения ДНК выявили при концентрации тирама ≥ 10 мкг/мл в клетках доноров 8, 10 и при концентрациях выше 20 мкг/мл в клетках донора 13.

Таблица 2

Влияние тирама на уровень повреждений ДНК в лимфоцитах периферической крови доноров

Донор		log % ДНК-хвост											
		Концентрация тирама, мкг/мл											
		0		5		10		20		50		100	
		-S9	+S9	-S9	+S9	-S9	+S9	-S9	+S9	-S9	+S9	-S9	+S9
2	M	-0,23	0,24	**0,62***	**0,91****	-0,18	**0,72****	**0,30****	**0,91****	**1,26***	**0,68****	**1,38***	**1,75***
	σ	0,44	0,06	0,19	0,08	0,15	0,22	0,33	0,05	0,14	0,31	0,07	0,05
3	M	-0,70	-1,04	**0,83***	-0,48	**0,47***	**-0,29****	**0,54***	**0,31****	**1,29***	**0,04****	**1,33***	**0,07****
	σ	0,31	0,24	0,19	0,08	0,24	0,28	0,21	0,19	0,11	0,66	0,24	0,30
5	M	0,21	-0,57	0,24	-0,24	0,11	-0,17	0,28	0,12	**1,32***	**1,31***	**1,22***	**1,39***
	σ	0,03	0,15	0,04	0,45	0,26	0,26	0,05	0,29	0,04	0,06	0,05	0,01
6	M	0,15	-0,23	0,01	0,22	0,32	-0,03	0,57	**0,78****	**1,86***	**1,16****	**1,92***	**1,89***
	σ	0,25	1,03	0,58	0,54	0,27	0,33	0,16	0,14	0,05	0,14	0,07	0,08
7	M	0,32	-0,65	0,68	-0,30	0,46	**-0,03****	0,62	**0,29***	**1,79***	**1,27***	**1,32****	**1,81***
	σ	0,43	0,37	0,07	0,38	0,07	0,31	0,77	0,25	0,06	0,09	0,06	0,04
8	M	0,06	0,43	0,31	**0,80****	**0,42****	**1,05***	**0,43****	**1,08***	**1,29***	**1,26***	**1,43***	**1,81***
	σ	0,27	0,16	0,42	0,36	0,27	0,09	0,05	0,06	0,03	0,13	0,05	0,06
9	M	-0,46	-0,87	**0,91***	**0,43***	**0,86***	**0,96***	**1,28***	**0,99***	**1,38***	-0,67	**1,34***	**0,12****
	σ	0,20	0,22	0,16	0,25	0,15	0,06	0,06	0,03	0,06	0,32	0,05	0,42
10	M	-0,33	-0,28	0,31	0,31	**0,57****	-0,10	0,31	0,45	**1,41***	**1,34****	**1,28****	**1,31****
	σ	0,13	0,09	0,46	0,42	0,27	0,38	0,13	1,00	0,06	0,11	0,01	0,04
11	M	-0,20	-0,49	**0,56***	-0,51	**0,96****	**0,97****	**0,01**	**1,44****	**1,24****	**1,73****	**1,28****	**1,95****
	σ	0,17	0,15	0,15	0,39	0,68	0,57	0,31	0,04	0,09	0,02	0,07	0,02
12	M	-0,56	-0,20	**0,94****	**0,46****	**0,41****	**1,71****	**0,38****	**1,56****	**1,20****	**1,93****	**1,33****	**1,95****
	σ	0,31	0,18	0,13	0,46	0,08	0,19	0,18	0,12	0,07	0,04	0,05	0,02
13	M	-0,40	-0,49	0,09	**1,05****	-0,24	**1,76****	**0,30****	**1,94****	**1,37****	**1,97****	**1,44****	**1,95****
	σ	0,50	0,07	0,10	0,10	0,36	0,07	0,13	0,05	0,07	0,01	0,11	0,02

Примечание: М – среднее значение log % ДНК в хвосте комет; σ – стандартное отклонение; * $p < 0,01$ по сравнению с ОК; ** $p < 0,05$ по сравнению с ОК.

В варианте с метаболической активацией статистически значимые эффекты повреждающего действия тирама наблюдали при действии более низких концентраций тирама (начиная с 5 мкг/мл) в случае клеток доноров 2, 8, 9, 12, 13. Восприимчивыми к генотоксическому действию пестицида также оказались лимфоциты доноров 3, 6, 7, 11: статистически значимое увеличение показателя % ДНК-хвост наблюдали при культивировании лимфоцитов с тирамом в дозах выше 10–20 мкг/мл. Наименьшую чувствительность к ДНК-повреждающему действию тирама отмечали в случае

клеток доноров 5, 10: статистически значимые эффекты отмечали при экспозиции с пестицидом в концентрации выше 50 мкг/мл.

Результаты оценки наличия дозовой зависимости увеличения средних значений медиан показателя lg % ДНК в хвосте комет от концентрации тирама приведены в табл. 3.

Таблица 3

Оценка монотонного тренда изменения средних значений медиан lg % ДНК в хвосте комет с увеличением концентрации тирама

Доноры	-S9		+S9	
	Коэффициент корреляции	Значимость (двусторонняя)	Коэффициент корреляции	Значимость (двусторонняя)
2	**0,829**	**0,042**	0,600	0,208
3	0,771	0,072	0,771	0,072
5	0,771	0,072	**1,000**	**0,000**
6	**0,943**	**0,005**	**1,000**	**0,000**
7	0,771	0,072	**1,000**	**0,000**
8	**1,000**	**0,000**	**1,000**	**0,000**
9	**0,886**	**0,019**	0,143	0,787
10	0,771	0,072	**0,886**	**0,019**
11	**0,829**	**0,042**	**0,943**	**0,005**
12	0,771	0,072	**0,943**	**0,005**
13	**0,943**	**0,005**	**0,943**	**0,005**

Монотонную зависимость эффекта от концентрации тирама наблюдали после инкубации клеток доноров 2, 6, 8, 9, 11, 13 (без метаболической активации) и доноров 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13 (в условиях метаболической активации).

Для оценки индивидуальной чувствительности лимфоцитов разных доноров к повреждающему действию тирама сопоставляли площади под кривыми (AUC) зависимости эффекта (выраженного как отношение средних значений % ДНК-хвост к среднему значению этого показателя в сопутствующем отрицательном контроле) от концентрации пестицида (табл. 4).

Таблица 4

Площади под кривыми зависимости эффекта от концентрации тирама

Донор	Площадь под кривой кратности	
	-S9	+S9
2	1660,9	1084,5
3	**6320,9**	1596,1
5	819,9	5320,6
6	3251,2	1174,9
7	1148,5	**8186,7**
8	1571,9	970,8
9	**5414,4**	2136,7
10	3304,9	2949,6
11	2065,2	**15629,02**
12	**4629,6**	**10693,04**
13	1668,5	**8237,47**

Полученные результаты показали, что наиболее чувствительными к действию тирама в отсутствие S9 были лимфоциты доноров 3, 9, 12, а в присутствии S9 – клетки доноров 7, 11 и 12. При отсутствии системы метаболической активации различия в индивидуальной восприимчивости к действию тирама были менее выражены (максимально в 7,7 раза), тогда как в условиях метаболической активации – в 16 раз.

Изучение индивидуальной чувствительности организма к действию неблагоприятных факторов среды представляет особый интерес с точки зрения профессионального отбора работников и персонализированной медицины [1].

В настоящем пилотном исследовании с помощью метода оценки первичных повреждений ДНК методом ДНК-комет в щелочных условиях показана способность низких концентраций тирама (начиная с 5 мкг/мл) оказывать повреждающее действие на молекулы ДНК лимфоцитов доноров. При этом уровни генотоксических эффектов в лимфоцитах разных доноров отличались. Сопоставление максимального и минимального значений AUC показало разницу в 7,7 (-S9) и 16,0 (+S9) раза по чувствительности лимфоцитов разных доноров к повреждающему действию этого пестицида.

Таким образом, уровни ответных реакций соматических клеток человека на генотоксическое действие тирама могут варьироваться.

В настоящее время накоплено множество экспериментальных данных и примеров либо высокой чувствительности, либо толерантности к чужеродным веществам у отдельных индивидуумов. У человека также обнаружены индивидуальные реакции на физические факторы (чувствительность к радиационным воздействиям, теплу, холоду и солнечному свету), природу которых стали изучать относительно недавно.

Проблеме вариаций ответов отдельных организмов на действие ксенобиотиков в последние годы уделяется особое внимание [4]. Согласно современным представлениям индивидуальная чувствительность к действию неблагоприятных факторов окружающей и производственной среды имеет мультифакторную природу и в определенной степени обусловлена генетическими особенностями организма [14, 16]. К группе кандидатных генов индивидуальной чувствительности относят гены метаболизма ксенобиотиков, репарации ДНК, контроля клеточного цикла и апоптоза и др., обеспечивающих стабильность генетического материала.

Носители разных аллелей некоторых полиморфных генов могут проявлять разную степень восприимчивости к действию химических, физических и биологических факторов [3, 8–10, 12, 13, 15].

Индивидуальные ответные реакции при экспозиции с пестицидами на уровне первичных повреждений молекул ДНК мало изучены. Ученые Y.J. Liu, P.L. Huang исследовали взаимосвязь между генетически детерминированными особенностями метаболизма ксенобиотиков и восприимчивостью к повреждениям ДНК у сельскохозяйственных работников, подвергшихся воздействию пестицидов. Методом ДНК-комет оценивали степень повреждения ДНК в клетках периферической крови 91 садовода (группа экспозиции) и 106 индивидуумов, не подвергавшихся воздействию. Были проанализированы генотипы по аллелям генов CYP3A5, PON1, PON2, GSTM1, GSTT1 и GSTP1. В лимфоцитах лиц, подвергавшихся воздействию пестицидов, отмечен более высокий уровень повреждений ДНК (больший момент хвоста ДНК-комет), чем у людей в контрольной группе. Модель множественной регрессии также показала, что возраст ($p < 0{,}01$) и наличие аллельных вариантов генов

CYP3A5 (p = 0,04) и GSTP1 (p = 0,02) были значимо ассоциированы с увеличением момента хвоста ДНК-комет. Дальнейший анализ выявил значимую взаимосвязь генотипа GSTP1 и величины момента хвоста ДНК-комет для группы с высоким уровнем воздействия пестицидов [18].

Выводы. Таким образом, изучение индивидуальной чувствительности организма к генотоксическому действию факторов окружающей и производственной среды, вызывает особый интерес с точки зрения реализации задач выявления причинно-следственных связей между нарушением здоровья и воздействием генотоксических агентов [7].

Полученные данные будут способствовать лучшему пониманию потенциального риска развития неблагоприятных генотоксических эффектов у лиц, контактирующих с данным ксенобиотиком, совершенствованию системы профотбора, персонифицированной профилактики профессиональных заболеваний.

Список литературы

1. Бочков Н.П., Пузырев В.П., Смирнихина С.А. Клиническая генетика: учебник. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. – 592 с.

2. Включение особо опасного пестицидного состава: распыляемых порошкообразных составов, содержащих беномил, концентрация 7 или более процентов; карбофуран, концентрация 10 или более процентов; и тирам, концентрация 15 или более процентов, и утверждение документа для содействия принятию решения: записка секретариата [Электронный ресурс] // ЮНЕП, ФАО. – Женева, 2003. – URL: https://kzref.org/programma-organizacii-obedinennih-nacij-po-okrujayushej-srede-v9.html (дата обращения: 15.03.2022).

3. Влияние полиморфизма генов репарации ДНК на кариологический статус клеток буккального эпителия человека при экспозиции радоном / А.В. Мейер, Т.А. Толочко, В.И. Минина, А.А. Тимофеева // Экологическая генетика. – 2014. – Т. 12, № 1. – С. 28–38. DOI: 10.17816/ecogen12128-38

4. Граник В.Г. Метаболизм экзогенных соединений. – М.: Вузовская книга, 2006. – 528 с.

5. Изучение первичных повреждений ДНК в костном мозге мышей при комбинированном действии пестицидов / Н.С. Аверьянова, Л.А. Кара, О.В. Егорова, Н.А. Илюшина // Токсикологический вестник. – 2021. – Т. 29, № 4. – С. 14–21. DOI: 10.36946/0869-7922-2021-29-4-14-21

6. Мутагенность и канцерогенность пестицидов, опасность для здоровья человека. Систематический обзор / Н.А. Илюшина, О.В. Егорова, Г.В. Масальцев [и др.] // Здравоохранение Российской Федерации. – 2017. – Т. 61, № 2. – С. 96–102. DOI: 10.18821/0044-197X-2017-61-2-96-102

7. Научные принципы применения биомаркеров в медико-экологических исследованиях (обзор литературы) / Н.В. Зайцева, М.А. Землянова, В.П. Чащин, А.Б. Гудков // Экология человека. – 2019. – № 9. – С. 4–14. DOI: 10.33396/1728-0869-2019-9-4-14

8. Alsner J., Andreassen C.N., Overgaard J. Genetic markers for prediction of normal tissue toxicity after radiotherapy // Semin. Radiat. Oncol. – 2008. – Vol. 18, № 2. – P. 126–135. DOI: 10.1016/j.semradonc.2007.10.004

9. Andreassen C.N., Alsner J. Genetic variants and normal tissue toxicity after radiotherapy: a systematic review // Radiother. Oncol. – 2009. – Vol. 92, № 3. – P. 299–309. DOI: 10.1016/j.radonc.2009.06.015

10. CYP polymorphisms and pathological conditions related to chronic exposure to organochlorine pesticides / A.O. Docea, L. Vassilopoulou, D. Fragou [et al.] // Toxicol. Rep. – 2017. – Vol. 4. – P. 335–341. DOI: 10.1016/j.toxrep.2017.05.007

11. Egorova O.V., Ilyushina N.A., Rakitskii V.N. Mutagenicity evaluation of pesticide analogs using standard and 6-well miniaturized bacterial reverse mutation tests // Toxicology in Vitro. – 2020. – Vol. 69. – P. 105006. DOI: 10.1016/j.tiv.2020.105006

12. Genetic polymorphisms and micronucleus formation: a review of the literature / G. Iarmarcovai, S. Bonassi, A. Botta [et al.] // Mutat. Res. – 2008. – Vol. 658, № 3. – P. 215–233. DOI: 10.1016/j.mrrev.2007.10.001

13. Genetic and epigenetic features in radiation sensitivity. Part II: implications for clinical practice and radiation protection / M.H. Bourguignon, P.A. Gisone, M.R. Perez [et al.] // Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging. – 2005. – Vol. 32, № 3. – P. 351–368. DOI: 10.1007/s00259-004-1731-6

14. Genome-wide association studies / E. Uffelmann, Q.Q. Huang, N.S. Munung [et al.] // Nat. Rev. Methods Primers. – 2021. – Vol. 1, № 59. DOI: 10.1038/s43586-021-00056-9

15. Hematological abnormality, oxidative stress, and genotoxicity induction in the greenhouse pesticide sprayers; investigating the role of NQO1 gene polymorphism / N. Ahmadi, A. Mandegary, A. Jamshidzadeh [et al.] // Toxics. – 2018. – Vol. 6, № 1. – P. 13. DOI: 10.3390/toxics6010013

16. Independent validation of genes and polymorphisms reported to be associated with radiation toxicity: a prospective analysis study / G.C. Barnett, C.E. Coles, R.M. Elliott [et al.] // Lancet Oncol. – 2012. – Vol. 13, № 1. – P. 65–77. DOI: 10.1016/S1470-2045(11)70302-3

17. Literature review on epidemiological studies linking exposure to pesticides and health effects / E.E. Ntzani, M. Chondrogiorgi, G. Ntritsos [et al.] // EFSA supporting publication. – 2013. – Vol. 10, № 10. – 159 p. DOI: 10.2903/sp.efsa.2013.EN-497

18. Salam S., Arif A., Mahmood R. Thiram-induced cytotoxicity and oxidative stress in human erythrocytes: an in vitro study // Pestic. Biochem. Physiol. – 2020. – Vol. 164. – P. 14–25. DOI: 10.1016/j.pestbp.2019.12.003

19. Thiram [Электронный ресурс] // European chemicals agency. – URL: https://echa.europa.eu/registration-dossier/-/registered-dossier/11311/7/7/1 (дата обращения: 15.03.2022).

20. THIRAM [Электронный ресурс] // Food and Agriculture Organization of the United Nations. – URL: http://192.82.104.231/documents/jmpr/jmpmono/v84pr41.html (дата обращения: 15.03.2022)

Особенности показателей развития стресса у подростков

К.С. Жиров

Саратовский медицинский научный центр гигиены
ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Саратов, Россия

Здоровье подрастающего поколения требует особого внимания. Поступление на обучение связано с возрастанием учебной нагрузки, распространенностью стресса и различных заболеваний. Проведено обследование 298 учащихся Саратовского колледжа водного транспорта, строительства и сервиса. Исследован показатель адаптационного потенциала кровеносной системы по методике Баевского, индекс «Стресс» и показатели структуры тела. 91,6 % обследованных юношей и 98 % обследованных девушек имели сниженный адаптационный потенциал кровеносной системы. Повышенное значение индекса «Стресс» встречалось в единичных случаях. Обнаружена тенденция, связывающая показатели стресса с повышенным уровнем жировой массы тела и пониженным уровнем активной клеточной массы.

Ключевые слова: стресс, структура тела, подростки.

Здоровью подрастающего поколения должно уделяться особое внимание со стороны врачей и педагогов по той причине, что в подростковом возрасте завершаются процессы роста и созревания, а также начинается подготовка к вступлению в трудовую жизнь, профессиональная подготовка и, возможно, начало трудовой деятельности [4]. При поступлении на обучение для получения среднего профессионального образования подростки сталкиваются с возрастанием учебной нагрузки, из-за чего у них возрастает распространенность нервно-психических нарушений, утомляемость, сопровождаемая гормональными и иммунными дисфункциями, причем в научной литературе отмечается зависимость роста количества отклонений от уровня учебной нагрузки [1]. В связи с этим значение приобретает оценка выраженности адаптивных изменений и ее связь с отдельными физиологическими показателями

Цель исследования – провести оценку подверженности подростков воздействию стресса в начальный период получения среднего профессионального образования и поиск ее взаимосвязи с показателями структуры тела.

Материалы и методы. Проведено обследование 289 студентов Саратовского колледжа водного транспорта, строительства и сервиса (148 юношей и 141 девушка), обучающихся по специальностям: «Повар», «Швея», «Парикмахер», «Специалист по страховому делу», «Строитель» и «Специалист технического профиля». Для изучения подверженности подростков стрессу было проведено исследование показателя адаптационного потенциала кровеносной системы (АПК) по Р.М. Баевскому в модификации А.Н. Бересневой [3]. Также было проведено исследование показателей деятельности сердечно-сосудистой системы с использованием компьютерной системы скрининга деятельности сердца «Кардиовизор-06с». В ходе исследования был определен индекс «Стресс» [2], характеризующий вариабельность сердечного ритма обследуемых. Проведено исследование структуры тела с использованием компьютерного реографического комплекса «Диамант», в ходе которого

были изучены уровень жировой массы тела в организме (ЖМТ) и уровень активной клеточной массы (АКМ) [5]. Кроме того, были определены соотношения обхватов талии и бедер (ОТ/ОБ). Статистическая значимость разницы в показателях между выборками оценивалась по *U*-критерию Манна – Уитни, корреляции между разными показателями – с помощью коэффициента Спирмена. Статистическая значимость корреляций проверялась по методике Фишера, $a = 5$ %.

Результаты. У подавляющего большинства обследованных подростков имелись серьезные нарушения адаптационного потенциала системы кровообращения (АПК). Среди юношей 91,6 % находились в состоянии дезадаптации, среди девушек – 98,0 %. Наибольшим количеством превышений индекса АПК у юношей характеризовалась группа поваров, в данной группе 100 % обследованных имели значение данного индекса выше 4,5. При этом остальные группы юношей имели признаки дезадаптации в 97 % случаев. У девушек наибольшим количеством нарушений индекса АПК характеризовалась группа специалистов по страховому делу. В данной группе также все обследованные имели нарушения адаптационного потенциала кровеносной системы. Наименьшее количество превышений индекса АПК было установлено у девушек, обучавшихся на парикмахеров, у них превышение индекса АПК было отмечено в 75 % случаев. Между данными двумя группами выявлены статистически значимые различия ($p = 0{,}003$).

Значение индекса «Стресс», интерпретируемое как патология, встречалось, напротив, в единичных случаях. У юношей повышенное значение данного индекса отмечалось только в 3,5 % случаев. Реже всего повышенный уровень стресса встречался у юношей, обучавшихся на строителей (1,8 %), чаще всего – у юношей, обучавшихся по техническим специальностям (4,7 %). У девушек превышение по индексу «Стресс» встречалось в 3,1 % случаев. У парикмахеров превышений не встречалось (0 %), чаще – у поваров (5,7 %).

Анализ корреляций между индексами «Стресс» и АПК показал полное отсутствие взаимосвязей между ними. Возможно, это связано с тем, что индекс «Стресс» в большей степени определяется состоянием организма непосредственно на момент обследования.

В табл. 1 и 2 представлены корреляции между показателями стресса и структуры тела. У девушек взаимосвязь между индексом АПК и показателями структуры тела не являлась сильно выраженной. Индекс «Стресс» у них также не коррелировал с показателями структуры тела. У юношей индекс АПК имел умеренную положительную взаимосвязь с уровнем ЖМТ и умеренную отрицательную корреляцию с уровнем АКМ. Значимой взаимосвязи с соотношением обхватов талии и бедер выявлено не было. Между индексом «Стресс» и показателями структуры тела отсутствовала статистически значимая корреляция.

Проанализированы корреляции в группах с различным профилем обучения. У девушек, обучающихся на швей, была обнаружена умеренная корреляция между индексом АПК и уровнем жировой массы тела, взаимосвязь индекса АПК с уровнем АКМ и значением ОТ/ОБ выявлена не была. Взаимосвязь индекса «Стресс» с показателями структуры тела также не была установлена. У девушек, обучавшихся на поваров, индекс АПК и индекс «Стресс» не имели взаимосвязей с показателями структуры тела. У девушек, обучавшихся на парикмахеров, индекс «Стресс» имел умеренную положительную корреляцию с уровнем ЖМТ и умеренную слабую корреляцию с уровнем АКМ. Индекс АПК у них не коррелировал с показателями структуры тела.

У девушек, обучавшихся страховому делу, была выявлена умеренная положительная взаимосвязь между индексом АПК и уровнем жировой массы тела. Взаимосвязей между индексом АПК и АКМ выявлено не было, так же, как и взаимосвязей индекса «Стресс» с показателями структуры тела. У юношей, обучающихся на поваров, были выявлены умеренная положительная связь индекса АПК с уровнем жировой массы тела и умеренная отрицательная – с уровнем АКМ. Индекс «Стресс» не коррелировал с показателями структуры тела. У юношей, обучающихся на строителей, наблюдалась аналогичная картина. У юношей, обучающихся по технической специальности, индексы АПК и «Стресс» не имели никаких корреляций с прочими показателями. Также анализ взаимосвязи структуры тела и индекса АПК у юношей выявил умеренную отрицательную корреляцию между уровнем АКМ и значением индекса АПК.

Таблица 1

Коэффициент корреляции индекса адаптационного потенциала кровеносной системы по Баевскому с показателями структуры тела

Группа обучения	Процент жировой массы тела в организме	Процент активной клеточной массы	ОТ/ОБ
Швеи (девушки)	0,41*	-0,08	0,32
Повара (девушки)	0,12	-0,01	0,22*
Парикмахеры (девушки)	0,39	0,01	0,03
Страховое дело (девушки)	0,40*	-0,07	-0,22
Повара (юноши)	0,52*	-0,41*	0,32
Строители (юноши)	0,45*	-0,48*	-0,08
Технический профиль (юноши)	0,18*	-0,31*	0,31

Примечание: * – корреляции, в которых значение *P*-критерия по Фишеру показало их статистическую значимость.

Таблица 2

Коэффициент корреляции индекса «Стресс» с показателями структуры тела

Группа обучения	Процент жировой массы тела в организме	Процент активной клеточной массы	ОТ/ОБ
Швеи (девушки)	-0,24	0,26	0,16
Повара (девушки)	-0,13	0,12	-0,04
Парикмахеры (девушки)	0,59	-0,56	0,82*
Страховое дело (девушки)	0,09	-0,15	0,29
Повара (юноши)	-0,18	0,23	0,03
Строители (юноши)	-0,09	0,24	0,11
Техники (юноши)	-0,11	0,004	0,08

Примечание: * – корреляции, в которых значение *P*-критерия по Фишеру показало их статистическую значимость.

Выводы. Таким образом, у подростков, получающих среднее профессиональное образование, в большей степени у девушек, отмечается высокий уровень стресса. Существует тенденция, связанная с большей выраженностью стресса у юношей-подростков с низким уровнем активной клеточной массы и большим процентом жировой ткани. Для девушек данная зависимость не характерна. Для юношей данная тенденция в большей степени прослеживается у обучающихся по спе-

циальности «Строитель» и «Повар». Структура тела подростков, недостаточность физических нагрузок могут явиться факторами риска, способными привести к ухудшению адаптационного потенциала кровеносной системы.

Список литературы

1. Агафонов А.И. Гигиенические основы укрепления здоровья детей и подростков методами физического воспитания: дис. … канд. мед. наук. – Оренбург, 2015. – 215 с.

2. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (часть 1): методические рекомендации / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов, Л.В. Чирейкин [и др.] // Вестник аритмологии. – 2001. – № 24. – С. 65–87.

3. Биоимпедансное исследование состава тела населения России / С.Г. Руднев, Н.П. Соболева, С.А. Стерликов [и др.]. – М.: Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения, 2014. – 493 с.

4. Гришанова О.С. Мониторинг здоровья школьников: методологические основания / под ред. И.М. Ильковской, Ю.Ю. Елисеева; Министерство образования Саратовской области, ГАОУ ДПО «Саратовский институт повышения квалификации и переподготовки работников образования». – Саратов: Наука, 2013. – 98 с.

5. Елисеев Ю.Ю., Дубровина Е.А., Елисеева Ю.В. Гигиенические аспекты профессионального обучения курсантов лицея речного транспорта. – Саратов: Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского, 2018. – 153 с.

Использование физических параметров фаций мочи для диагностики начальных реакций на негативные факторы внешней среды

Н.В. Зайцева, М.А. Землянова, А.М. Игнатова, Ю.В. Кольдибекова, М.С. Степанков

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Фация представляет собой тонкую пленку, образующуюся при высыхании биологической жидкости на твердой, не впитывающей поверхности, инертной по отношению к исследуемой жидкости. Между морфологией фации и составом жидкости существует достоверная связь, что позволяет их рассматривать в ключе клинической диагностике. Наиболее простой биологической жидкостью человека, доступной для исследования, является моча. В исследовании выявлены физические параметры фаций мочи и сформулированы принципы их использования для диагностики начальных реакций на негативные факторы внешней среды. В качестве объектов исследования рассматривались фации мочи, полученные высу-

шиванием капель объемом 3 мкл. Физические параметры фаций устанавливали методом анализа изображений. Физические параметры фаций сопоставляли с биохимическими показателями методом вычисления коэффициента корреляции Пирсона. Установлено, что степень кристаллизации фации мочи является интегральной характеристикой фильтрационной функции почек, а степень минерализации – воспалительной реакции, при этом степень кристаллизации и минерализации фаций мочи не коррелируются между собой.

Ключевые слова: биологическая жидкость, моча, фация, морфология, осадочная структура.

Важной проблемой современности являются последствия неблагоприятного влияния на здоровье людей промышленного загрязнения. Установлено, что из числа опасных загрязнителей среды особое значение имеют тяжелые металлы, обладающие высокими мутагенными свойствами, нарушающими целостность наследственных структур и «разрушающими» механизмы важнейших метаболических процессов организма [3, 8]. В результате ухудшается качество здоровья людей нынешнего поколения и возрастает угроза нарушений здоровья у будущих поколений.

Вышеуказанное объясняет актуальность существующей проблемы по установлению интоксикации организма негативными факторами окружающей среды. Известны различные методы диагностики интоксикации [4–6] по состоянию и составу биологической жидкости (моча, кровь, слюна и т.п.) (далее – БЖ), одним способов быстрой диагностики, который не требует дорогостоящего оборудования и реактивов, является метод клиновидной дегидратации БЖ и последующего анализа ее структурного макропортрета (фации). Фация – это осадочная структура при высыхании БЖ на твердой, не впитывающей гидрофильной или гидрофобной поверхности, инертной по отношению к исследуемой жидкости. Среди всех жидкостей получение мочи является наиболее неинвазивным.

Цель исследования заключается в выявлении физических параметров фаций мочи и формулировании принципов их использования для диагностики начальных реакций на негативные факторы внешней среды.

Материалы и методы. В качестве объектов исследования рассматривались фации мочи, полученные путем дегидратации капель объемом 3 мкл на поверхности обезжиренного предметного стекла при нормальных условиях. Микроскопия фаций проводилась при увеличении до ×100 на микроскопе Olympus BX51 в проходящем свете и поляризованном с использованием призм Николи [1].

Параллельно был проведен общий и биохимический анализ мочи и микроскопия осадка мочи.

Использовалась моча пациентов в возрасте от 18 до 60 лет, мужчин и женщин в выборке – 37 и 63 % соответственно.

Физические параметры фаций устанавливали методом анализа изображений. Анализ изображений был проведен на универсальном программном обеспечении ImageJ-FiJi (программное обеспечение с открытым кодом, разработчик Wayne Rasband, National Institutes of Health, USA).

Степень кристалличности определяли по изображениям, полученным в проходящем свете без использования призмы Николи, для этого вычисляли площадь фации и площадь кристаллических образований, затем вычисляли долю кристаллических образований от общей площади, выражая ее в процентах.

Степень минерализации определяли по изображениям, полученным в проходящем свете с использованием призмы Николи, для этого также вычисляли пло-

щадь фации, а также площадь минерализованных образований, которые имели характерную контрастность благодаря использованию призмы. Затем, как и в предыдущем случае, вычисляли долю минерализованных образований от общей площади, выражая ее в процентах.

Физические параметры фаций сопоставляли с биохимическими показателями методом вычисления коэффициента корреляции Пирсона [2].

Результаты. На рисунке представлены примеры структуры фаций мочи, зафиксированные в проходящем свете и с помощью использования призмы Николи. Коэффициент корреляции между степенью кристаллизации и степенью минерализации составляет 0,12, это указывает, что они являются показательными для разных клинических состояний и не зависят друг от друга.

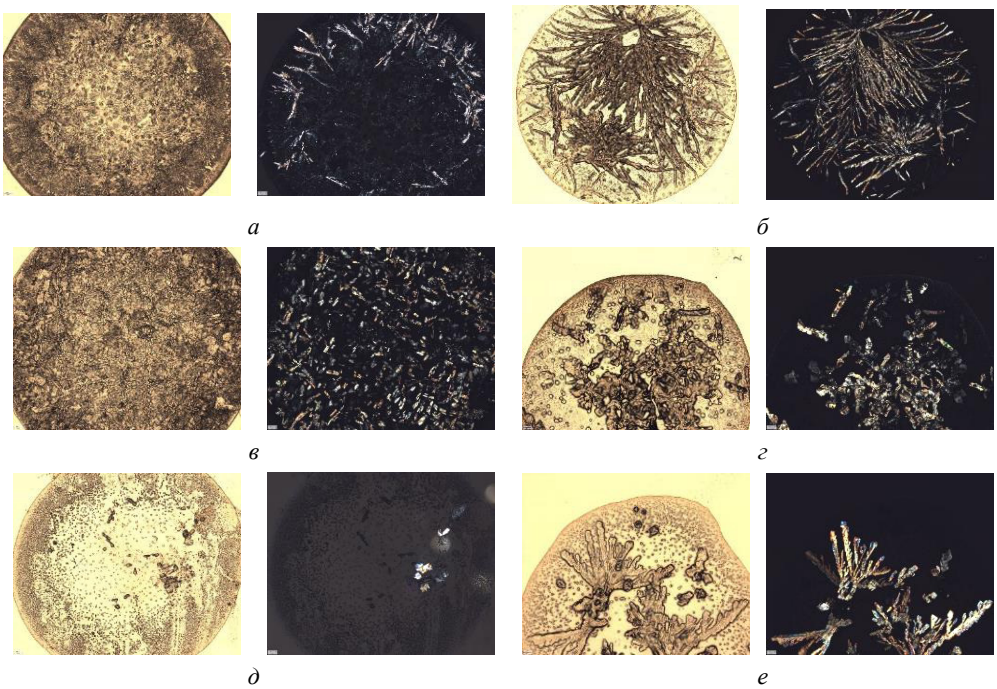


Рис. Фации мочи в прямом и преломленном свете, ×100: *а* – близкая к нормальным показателям; *б* – после приема иммуномодулирующих препаратов; *в* – высокощелочная; *г* – с высокой концентрацией мочевины; *д* – с высоким содержанием креатинина; *е* – с высоким содержанием лейкоцитов. Изображения на светлом фоне получены в проходящем свете, изображения на темном фоне – с помощью призм Николи

В таблице приведены значения коэффициентов корреляции между клиническими показателями и характеристиками фаций мочи. Согласно полученным данным, степень кристаллизации коррелирует с содержанием мочевины (коэффициент корреляции 0,85), креатинина (коэффициент корреляции 0,86) и удельным весом (коэффициент корреляции 0,73); степень минерализации коррелирует с содержанием лейкоцитов (коэффициент корреляции – (-0,60)); отношение Cr_U/M_U также коррелирует с содержанием лейкоцитов (коэффициент корреляции – 0,55).

Корреляция между физическими характеристиками фаций мочи
и клиническими показателями

Физическая характеристика фаций мочи	Клинический показатель				
	мочевая кислота, ммоль/сут	мочевина, ммоль/сут	креатинин, ммоль/сут	удельный вес, г/см^3	кол-во лейкоцитов, ед в п.з.
Степень кристаллизации (Cr_U), %	-0,08	**0,85**	**0,86**	**0,73**	0,15
Степень минерализации (M_U), %	-0,03	0,29	0,23	0,11	**-0,60**
Cr_U/M_U	0,11	-0,25	-0,16	-0,13	**0,55**

Содержание мочевины и креатинина в моче, а также ее удельный вес являются параметрами для оценки функции почек [9], их устойчивая корреляция со степенью кристаллизации фации мочи указывает на то, что данный параметр является наиболее чувствительным индикатором нарушения фильтрационной функции почек.

Содержание лейкоцитов является индикатором воспалительных процессов [7], их устойчивая обратная корреляция указывает на то, что поверхностно-активные вещества, входящие в состав лейкоцитов, способствуют дезорганизации строения фации относительно нормы.

Выводы. Таким образом, выявлены взаимосвязи между физическими параметрами фаций мочи, а именно степенью кристаллизации, степенью минерализации и параметрами шероховатости с физиологическими показателями мочи, отражающими реакции на негативные факторы внешней среды. Установлено, что степень кристаллизации фации мочи является интегральной характеристикой фильтрационной функции почек, а степень минерализации – характеристикой воспалительной реакции, при этом степень кристаллизации и минерализации фаций мочи не коррелируются между собой.

Список литературы

1. Анисович А.Г. Применение метода дифференциально-интерференционного контраста в материаловедении // В мире неразрушающего контроля. – 2018. – Т. 21, № 1. – С. 66–69.

2. Гланц С. Медико-биологическая статистика / под ред. Н.Е. Бузикашвили и соавт. – М.: Практика, 1998. – 459 с.

3. Землянова М.А., Тарантин А.В. Нарушения белкового профиля человека в условиях воздействия тяжелых металлов // Экология человека. – 2012. – № 7. – С. 7–14.

4. Клиническая биохимия / под ред. акад. В.А. Ткачука. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 462 с.

5. Клиническое руководство по лабораторным тестам / под ред. проф. Норберта У. Тица.: перевод с англ. под ред. В.В. Меньшикова. – М.: ЮНИМЕД- пресс, 2003. – 960 с.

6. Медицинские лабораторные технологии: справочник / под ред. проф. А.И. Карпищенко. – СПб.: Интермедика, 2002. – С. 18–39.

7. Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Землянова М.А. Гигиеническая индикация последствий для здоровья при внешнесредовой экспозиции химических факторов / под ред. Г.Г. Онищенко. – Пермь: Книжный формат, 2011. – 532 с.

8. Оценка биохимического статуса детей, проживающих в условиях комплексного аэрогенного воздействия промышленных выбросов металлургических производств / М.А. Землянова, С.Г. Щербина, В.Н. Звездин, О.В Пустовалова // Медицинский альманах. – 2012. – № 2 (21). – С. 212–216.

9. Техногенно-обусловленная патология человека: учебное пособие / Н.В. Зайцева [и др.]. – Пермь: ПГНИУ, 2014. – 167 с.

Выявление факторов риска развития хронических неинфекционных заболеваний в процессе донозологической диагностики

А.В. Зеленко, Е.А. Семушина, О.К. Синякова, Е.С. Щербинская, Л.М. Сычик

РУП «Научно-практический центр гигиены»,
г. Минск, Республика Беларусь

Приведены результаты выявления факторов риска хронических неинфекционных заболеваний в процессе проведения комплекса донозологической диагностики в рамках программы «Паспорт здоровья». Применяемые методы позволяют выявлять индивидуальные факторы риска развития основных хронических неинфекционных заболеваний с акцентом на болезнях системы кровообращения, что позволит выработать эффективную стратегию дальнейшего наблюдения и лечения, формирования программы профилактических мероприятий.

Ключевые слова: донозологическая диагностика, жесткость сосудистой стенки, индекс массы тела, физическая нагрузка, табакокурение.

Распространение хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ), среди которых наибольшее значение имеют болезни системы кровообращения (БСК), онкологическая патология, сахарный диабет, хроническая обструктивная болезнь легких, является наиболее актуальной проблемой как научной медицины, так и практического здравоохранения и представляет собой своеобразную «расплату» современного человека за образ жизни.

Бремя ХНИЗ для человечества очень велико. Цифры смертности впечатляют: ежегодно от ХНИЗ умирает 40 млн человек, при этом 17 млн из них моложе 70 лет. Тенденции к снижению смертности не наблюдается, наоборот, к 2025 г. по прогнозам смертность от ХНИЗ вырастет еще на 17 %.

Для развития ХНИЗ большое значение имеет наличие у человека факторов риска (ФР), которые подразделяются на биологические (немодифицируемые) – пол, возраст, генетические факторы – и поведенческие (модифицируемые) – пищевые привычки, курение, двигательная активность, подверженность стрессам, употребление алкоголя, – которые, в свою очередь, влекут за собой определенные анатомические и метаболические нарушения [2].

Среди ХНИЗ наиболее значимы по цифрам смертности населения БСК. Ежегодные расходы, обусловленные БСК, составляют 115 млрд евро. По мнению экспертов ВОЗ, треть снижения смертности от БСК может быть обеспечена за счет развития лекарственной терапии и клинических вмешательств, в то время как 2/3 снижения смертности обеспечат изменение привычек в образе жизни, среди которых наиболее актуальны правильное питание, контроль артериального давления, физическая активность, отказ от курения.

В развитии БСК большую роль играют процессы ремоделирования сосудистой стенки, активность которого зависит от возраста, уровня артериального давления и других факторов, выступающих в роли ФР БСК [3]. Особый интерес представляет определение артериальной жесткости как интегрального показателя сердечно-сосудистого риска, что реализуется в методе объемной сфигмографии.

В настоящее время наблюдается новое прочтение традиционных и нетрадиционных ФР развития ХНИЗ в целом и БСК в частности. Практическим врачам необходимо переосмыслить свое отношение к ФР и воспринимать их как сигнал к активным действиям (Г.П. Арутюнов, 2020).

В настоящее время идет активный поиск диагностических методов, позволяющих выявить ХНИЗ, в том числе БСК, на ранних стадиях, возможно, еще до появления клинических симптомов. Среди подобных методов свое место занимает донозологическая диагностика, позволяющая оценить функциональное состояние организма, его адаптационные возможности и резервы на различных уровнях и установить донозологические изменения организма, когда при отсутствии сформированных жалоб оптимальные адаптационные возможности обеспечиваются более высоким напряжением регуляторных систем, что приводит к повышенному расходу функциональных резервов организма [4].

Клиническая лаборатория профилактической медицины Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» практикует использование методов донозологической диагностики в работе с населением, объединив их в пакет услуг «Паспорт здоровья» [1]. Данный пакет включает следующие исследования: определение жесткости сосудистой стенки, проходимости периферических сосудов методом объемной сфигмографии с целью выявления начальных признаков патологии сосудов на доклинической стадии и риска развития БСК; оценку адаптационных резервов организма, показателей и резервов вегетативной и центральной регуляции, психоэмоционального состояния на основании вариабельности сердечного ритма; определение индекса массы тела и его композиционного состава, показателя основного обмена биоимпедансным методом. Перед инструментальным исследованием проводится опрос, целью которого является выявление генетических ФР ХНИЗ, поведенческих ФР (табакокурение, употребление алкоголя, уровень физической активности, подверженность стрессам), а также анамнестических данных.

Цель исследования – оценить распространенность ФР ХНИЗ в результате проведения комплекса донозологической диагностики как у практически здоровых лиц, так и у лиц с АГ в анамнезе.

Материалы и методы. В рамках оказания услуг населению по программе «Паспорт здоровья» обследование прошли 131 человек. Возраст обследуемых лиц составил 54,0 (43,0–62,0) г.

Обследуемые были разделены на шесть групп в зависимости от возраста и наличия артериальной гипертензии (АГ) в анамнезе. В группу исследования № 11

(ГИ 11) были включены лица молодого возраста (25–44 лет) с наличием АГ в анамнезе, в группу исследования № 21 (ГИ 21) – лица среднего возраста (45–59 лет) с наличием АГ в анамнезе, в группу исследования № 31 (ГИ 31) – лица пожилого возраста (60–75 лет) с АГ в анамнезе. В группы контроля включались лица, не имеющие АГ в анамнезе: группа контроля № 10 (ГК 10) – лица молодого возраста (25–44 лет), группа контроля № 20 (ГК 20) – лица среднего возраста (45–59 лет), группа контроля № 30 (ГК 30) – лица пожилого возраста (60–75 лет).

Учитывались следующие показатели МОС: уровень АД на четырех конечностях, сердечно-лодыжечный сосудистый индекс (CAVI), лодыжечно-плечевой индекс (ABI), разница систолического АД (САД) на плечах или голенях больше 15 мм рт. ст.

Предикторами атеросклеротического поражения артерий считались значения: индекс CAVI – больше возрастной нормы, индекс ABI – меньше 0,9 единицы, разница САД на плечах или голенях – больше 15 мм рт. ст.

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью программы Statistica 13.0, версия 13.3, лицензия № 817404CD-5276-DD11-9BF0-00151787D04426999. Нормальность распределения оценивалась методом Колмогорова – Смирнова. Статистическая значимость различий определялась между несколькими независимыми группами методом Краскела – Уоллиса (H, Z) при $p \leq 0{,}045$, между двумя независимыми группами – с помощью метода Манна – Уитни (U, Z) при $p \leq 0{,}045$.

Результаты. В табл. 1 и 2 представлены показатели объемной сфигмографии у обследованных лиц разного возраста, не имеющих в анамнезе АГ, составивших ГК, и с АГ в анамнезе, составивших ГИ. Оценивались следующие показатели: индекс CAVI справа и слева (R/CAVI, L/CAVI), индекс ABI справа и слева (R/ABI, L/ABI), уровни систолического и диастолического АД на верхних и нижних конечностях справа и слева (RB САД/ДАД, LB САД/ДАД, RA САД/ДАД, LA САД/ДАД).

Из данных табл. 1 и 2 видно, что в возрастных подгруппах ГИ и ГК были выявлены значимые ($p \leq 0{,}001$) различия R/LCAVI, что свидетельствует об увеличение жесткости артериальной стенки с возрастом в обеих группах.

Таблица 1

Показатели объемной сфигмографии у лиц разного возраста без АГ в анамнезе, *Me* (Q_{25}–Q_{75})

Показатель	ГК 10, $n = 30$	ГК 20, $n = 30$	ГК 30, $n = 12$	Статистическая значимость различий (H, Z), p
R/CAVI, ед.	6,15 (5,90–6,60)	6,90 (6,50–7,30)	8,10 (7,30–8,95)	$H = 32{,}5$; $Z_{1–2} = 3{,}46$; $Z_{1–3} = 5{,}48$; $Z_{2–3} = 2{,}86$; $p \leq 0{,}001$
L/CAVI, ед.	6,20 (5,80–6,60)	6,75 (6,30–7,20)	8,05 (7,45–8,80)	$H = 32{,}3$; $Z_{1–2} = 3{,}17$; $Z_{1–3} = 5{,}56$; $Z_{2–3} = 3{,}17$; $p \leq 0{,}001$
R/ABI, ед.	1,02 (0,98–1,07)	1,08 (1,04–1,13)	1,10 (1,02–1,14)	$H = 9{,}9$; $Z_{1–2} = 2{,}82$; $p = 0{,}007$
L/ABI, ед.	1,03 (0,98–1,09)	1,07 (1,02–1,12)	1,06 (1,02–1,14)	–
RB САД, мм рт. ст.	126,50 (116,00–136,00)	139,00 (131,00–150,00)	145,00 (136,00–150,00)	$H = 17{,}2$; $Z_{1–2} = 3{,}35$; $Z_{1–3} = 3{,}53$; $p \leq 0{,}001$
RB ДАД, мм рт. ст.	82,00 (75,00–88,00)	89,00 (84,00–97,00)	94,00 (91,00–100,00)	$H = 18{,}0$; $Z_{1–2} = 3{,}04$; $Z_{1–3} = 3{,}88$; $p \leq 0{,}001$
LB САД, мм рт. ст.	130,00 (122,00–138,00)	141,50 (133,00–152,00)	149,00 (136,00–150,00)	$H = 15{,}4$ $Z_{1–2} = 3{,}26$; $Z_{1–3} = 3{,}26$; $p \leq 0{,}001$

Окончание табл. 1

Показатель	ГК 10, $n = 30$	ГК 20, $n = 30$	ГК 30, $n = 12$	Статистическая значимость различий (H, Z), p
LB ДАД, мм рт. ст.	82,00 [75,00–88,00]	88,00 [85,00–97,00]	94,00 [89,00–99,00]	$H = 10,6$; $Z_{1–2} = 2,41$; $Z_{2–3} = 2,94$; $p = 0,005$
RA САД, мм рт. ст.	130,00 (122,00–138,00)	157,00 (142,00–166,00)	161,50 (154,50–163,00)	$H = 25,5$; $Z_{1–2} = 4,37$; $Z_{1–3} = 3,99$; $p \leq 0,001$
RA ДАД, мм рт. ст.	83,00 ([122,00–138,00)	75,50 (71,00–81,00)	83,50 ([79,50–85,00)	H = 15,0; $Z_{1–2} = 2,40$; $Z_{1–3} = 3,71$; $p \leq 0,001$
LA САД, мм рт. ст.	133,50 ([122,00–145,00)	154,00 (140,00–172,00)	159,00 (150,50–166,00)	$H = 18,9$; $Z_{1–2} = 3,67$; $Z_{1–3} = 3,54$; $p \leq 0,001$
LA ДАД, мм рт. ст.	70,50 (66,00–73,00)	77,00 (70,00–87,00)	81,50 (76,00–87,50)	$H = 14,5$; $Z_{1–2} = 2,81$; $Z_{2–3} = 3,431$; $p \leq 0,001$

Таблица 2

Показатели объемной сфигмографии у лиц разного возраста с АГ в анамнезе, Me (Q_{25}–Q_{75})

Показатель	ГИ 11 $n = 9$	ГИ 21 $n = 19$	ГИ 31 $n = 31$	Статистическая значимость различий (H, Z), p
R/CAVI, ед.	6,90 (6,20–7,40)	7,20 (6,00–7,90)	7,90 (7,50–9,00)	$H = 14,0$; $Z_{1–3} = 3,11$; $Z_{2–3} = 2,89$; $p \leq 0,001$
L/CAVI, ед.	6,90 (6,00–7,10)	7,10 (5,90–7,60)	8,10 ([7,40–8,80)	$H = 18,4$; $Z_{1–3} = 3,52$; $Z_{2–3} = 3,37$; $p \leq 0,001$
R/ABI, ед.	1,06 (1,02–1,08)	1,08 (1,02–1,14)	1,04 (1,00–1,11)	–
L/ABI, ед.	1,03 (1,01–1,10)	1,06 (1,01–1,13)	1,05 (0,95–1,11)	–
RB САД, мм рт. ст.	145,00 ([127,00–151,00)	140,00 (133,00–173,00)	153,00 (140,00–162,00)	–
RB ДАД, мм рт. ст.	95,00 (88,00–96,00)	92,00 (86,00–114,00)	94,00 (86,00– 99,00)	–
LB САД, мм рт. ст.	150,00 ([131,00– 156,00)	147,00 (135,00–176,00)	155,00 (143,00–163,00)	–
LB ДАД, мм рт. ст.	91,00 (86,00–98,00)	93,00 (86,00–109,00)	94,00 (88,00– 99,00)	–
RA САД, мм рт. ст.	156,00 (144,00–162,00)	157,00 (151,00–200,00)	160,00 (150,00–177,00)	–
RA ДАД, мм рт. ст.	79,00 (71,00–87,00)	81,00 (73,00–94,00)	77,00 (74,00–83,00)	–
LA САД, мм рт. ст.	148,00 (141,00–162,00)	159,00 (141,00–189,00)	159,00 (144,00–180,00)	–
LA ДАД, мм рт. ст.	80,00 (70,00– 88,00)	82,00 (73,00–95,00)	80,00 (76,00–84,00)	–

При этом при выполнении межгруппового сравнения значимые ($U = 72,5$; $Z = -2,07$; $p = 0,038$) различия в значении индекса CAVI были выявлены между подгруппами молодого возраста (ГК 10 и ГИ 11) – значения индекса CAVI в ГИ 11 были значимо выше, чем в ГК 10, что свидетельствует о влиянии АГ на жесткость артериальной стенки у лиц молодого возраста. Значимых межгрупповых различий у лиц среднего и пожилого возраста выявлено не было.

Согласно литературным данным, критериями раннего старения сосудов у молодых людей в возрасте до 40 лет являются величины сердечно-лодыжечного индекса CAVI более 7,6 ед., об ускоренном темпе старения сосудов эластического типа свидетельствует величина CAVI 7,1 ед. [3]. В нашем исследовании у лиц молодого возраста с наличием АГ в анамнезе признаки ремоделирования сосудов, свидетельствующие об ускоренном темпе их старения, определялись значимо ($\chi^2 = 6{,}769$; $p = 0{,}010$) чаще, чем у лиц молодого возраста без АГ: у 3,33 и 33,33 % соответственно.

Индекс CAVI более 9 ед. отражает предел жесткости сосудистой стенки, после которого формируется качественно новое ее состояние, при котором демпфирующая функция аорты уже не обеспечивает достаточный перевод энергии систолы в энергию диастолы. Это приводит к повышению центрального САД и существенной нагрузке на левый желудочек, к снижению ДАД и нарушению коронарного кровотока, к существенному увеличению сердечно-сосудистой смертности.

В нашем исследовании частота выявления значения CAVI более 9 ед. у лиц среднего возраста в ГИ и ГК составила 5,26 и 3,33 % соответственно, у лиц пожилого возраста в ГИ и ГК – у 25,81 и 16,67 % соответственно, при этом межгрупповые различия не являются значимыми ($p \geq 0{,}05$). Снижение величины ABI менее 0,9 ед. были выявлены как в ГИ (2,78 %), так и в ГК (5,08 %) – без значимой ($\chi^2 = 0{,}48$; $p = 0{,}493$) разницы в частоте выявления.

Асимметрия САД и на руках, и на ногах, независимо от величины АД, является фактором риска как сердечно-сосудистой, так и общей смертности. В нашем исследовании незначимо ($\chi^2 = 1{,}59$; $p = 0{,}205$) чаще асимметрия САД более 15 мм рт. ст. на плечах и голенях была выявлена в ГИ (20,34 %) по сравнению с ГК (12,5 %).

Повышенный индекс массы тела (ИМТ), повышенное содержание жира в организме человека являются важнейшим ФР основных ХНИЗ, но особенно – БСК. Особое внимание следует уделять висцеральному ожирению, которое является маркером сердечно-сосудистого риска [5]. Висцеральное ожирение можно диагностировать путем измерения окружности талии, но более точным методом является биоимпедансное исследование, которое является неотъемлемой частью программы «Паспорт здоровья».

В табл. 3 представлены результаты измерения ИМТ и уровня висцерального жира у лиц ГИ и ГК. Как видно из табл. 3, с увеличением возраста в ГИ и в ГК наблюдается возрастание показателей ИМТ и уровня содержания висцерального жира, при этом интенсивность прироста данных показателей была выше в группе лиц среднего возраста. У лиц среднего возраста с АГ в анамнезе прирост ИМТ составил 19,05 %, без АГ в анамнезе – 9,34 %, по уровню висцерального жира темп прироста составил 178,6 и 70,55 % соответственно.

Графически показатели ИМТ и уровня содержания висцерального жира в различных возрастных группах с АГ в анамнезе (ГИ) и без АГ в анамнезе (ГК) представлены на рис. 1.

Таким образом, максимальная интенсивность прироста уровня содержания висцерального жира наблюдается у лиц среднего возраста с АГ в анамнезе.

Низкая физическая активность – один из самых часто встречающихся модифицируемых ФР ХНИЗ. Малоподвижный образ жизни ассоциирован с повышенным риском смерти от всех причин, повышенным риском сердечно-сосудистой заболеваемости и развития БСК.

Таблица 3

Показатели ИМТ и уровня висцерального жира у лиц разного возраста с артериальной гипертензией (ГИ) и без артериальной гипертензии (ГК) в анамнезе, *Me* (Q_{25}–Q_{75})

Показатель	ГИ 11, $n = 9$	ГИ 21, $n = 19$	ГИ 31, $n = 31$	ГК 10, $n = 30$	ГК 20, $n = 30$	ГК 30, $n = 12$	Статистическая значимость различий (H, Z), p
ИМТ, кг/м^2	23,10 (22,50–29,20)	27,50 (24,20–36,00)	30,50 (27,50–32,40)	23,55 (21,20–26,30)	25,75 (24,10–29,40)	28,40 (25,35–30,35)	$H = 35,5$; $Z_{10–21} = 3,48$, $Z_{10–31} = 5,41$ $Z_{20–31} = 3,73$ $p = 0,000$
Уровень висцерального жира, ед.	3,5 (3,00–8,50)	9,75 (7,00–15,00)	12,00 (9,50–14,00)	4,25 (3,00–7,50)	7,25 (6,00–10,00)	9,25 (7,50–14,00)	$H = 54,1$ $Z_{10–21} = 4,13$ $Z1_{0–30} = 3,76$ $Z_{10–31} = 6,61$ $Z_{11–31} = 4,00$ $Z_{20–31} = 4,11$ $p = 0,000$

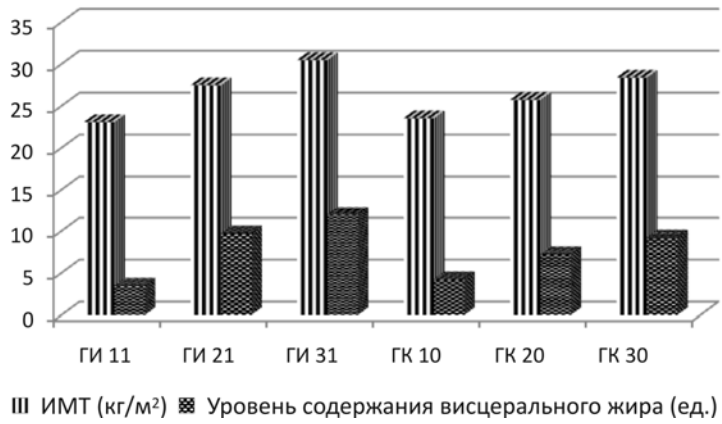


Рис. 1. Показатели ИМТ и уровня висцерального жира в различных возрастных группах с / без АГ в анамнезе

Согласно данным ВОЗ, 150 мин умеренной или интенсивной аэробной физической активности в неделю (или эквивалентной ей активности) способствуют снижению риска развития ишемической болезни сердца на 30 %, сахарного диабета – на 27 %, рака молочной железы и толстой кишки – на 21–25 %.

Лицам, обследуемым по программе «Паспорт здоровья», было предложено оценить свой уровень физической активности (УФА) в соответствии с критериями ВОЗ: низкий (ходьба в умеренном или быстром темпе менее 30 мин в день); умеренный (быстрая ходьба, танцы, плавание, езда на велосипеде по ровной поверхности 30 мин в день или 150 мин в неделю); интенсивный (бег, аэробика, плавание на дистанцию, езда на велосипеде в гору 22 мин в день или 75 мин в неделю).

Отмечено, что среди обследованных лиц разного возраста с АГ в анамнезе (ГИ) с увеличением возраста увеличивалась доля лиц с низким УФА: среди лиц молодого возраста – 33 %, среднего возраста – 42 %, пожилого возраста – 68 %. Средний УФА имели 53 % лиц среднего возраста и 32 % лиц пожилого возраста. Высокий УФА имели 22 % лиц молодого возраста и 5 % лиц среднего возраста.

Среди лиц без АГ в анамнезе (ГК) с увеличением возраста отмечалось уменьшение количества лиц, имеющих низкий УФА (73; 57 и 33 % соответственно), и увеличение количества лиц со средним УФА (23; 40 и 67 % соответственно), высокий УФА наблюдался только в группе лиц молодого возраста (3 %).

Таким образом, с увеличением возраста в ГИ и ГК выявлены противоположные тенденции в динамике распространенности различных УФА: в ГИ – тенденция к снижению УФА, а в ГК – к увеличению УФА.

Распространенность различных уровней физической активности в ГИ и ГК представлена на рис. 2.

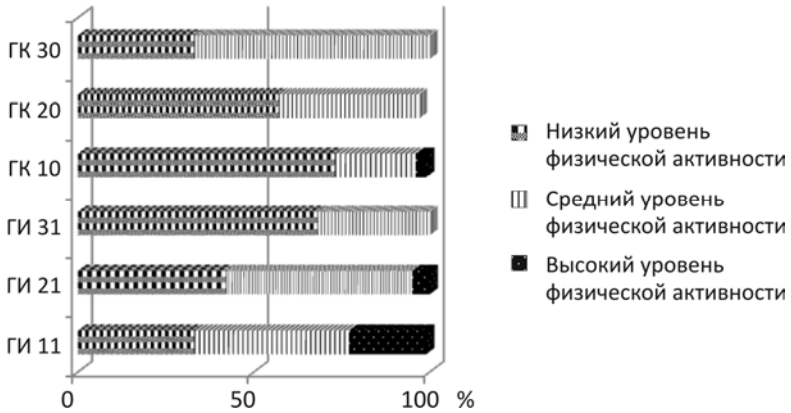


Рис. 2. Распространенность различных уровней физической активности в ГИ и ГК

Курение является ведущей причиной смерти, которую можно предотвратить. По сравнению с некурящими, у тех, кто курит 20 сигарет в день, риск БСК выше в 2–3 раза. У курильщиков повышен риск развития инфаркта миокарда, внезапной смерти, ишемического инсульта, развития аневризмы аорты и заболеваний периферических артерий, то есть всех атеросклеротических болезней. Прекращение курения приводит к повышению вероятности выживания, уровень смертности у бросивших курить через три года после прекращения курения достигает уровня смертности у некурящих.

Одним из наиболее информативных методов оценки интенсивности табакокурения является индекс пачко-лет (ИПЛ), который рассчитывается как количество выкуренных сигарет в сутки, помноженное на число лет курения и деленное на 20. Он является интегральным показателем интенсивности курения в течение жизни опрашиваемого и позволяет оценить курительный статус отдельного индивидуума или общества в целом. Считается, если ИПЛ ≥ 10, то развитие хронической обструктивной болезни легких неизбежно.

Показатель ИПЛ ≥ 10 значимо (χ^2 = 1,050; p = 0,306) чаще был выявлен в ГИ, чем в ГК (4 и 8 % соответственно).

Наибольшая распространенность табакокурения отмечалась в среднем возрасте в ГИ и в ГК (26 и 20 % соответственно), при этом значимых различий в распространенности табакокурения между группами всех возрастов ГИ и ГК не было выявлено.

Распространенность табакокурения в ГИ и ГК представлена на рис. 3.

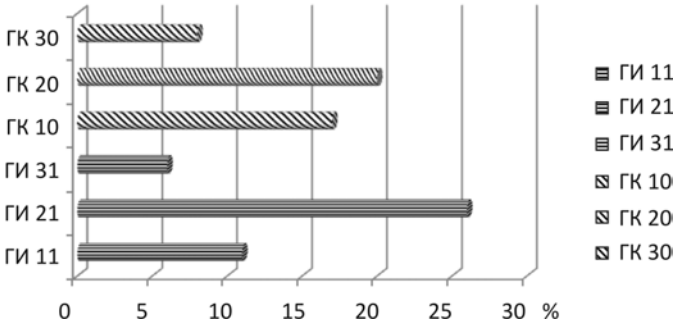


Рис. 3. Распространенность табакокурения в ГИ и ГК

Выводы. Исследования по программе «Паспорт здоровья» позволяют провести скрининг-диагностику состояния организма, выявить донозологические изменения, в том числе предикторы атеросклеротического поражения артерий, дать адекватную оценку гемодинамике, а также выявить основные модифицируемые и немодифицируемые факторы риска ХНИЗ, проинформировать о них обследуемого и сформировать адекватный индивидуальный план дальнейшего обследования, наблюдения и лечения. Это поможет оценить адекватность и эффективность принимаемой лекарственной терапии. Применение подобных методов сыграет положительную роль при проведении профилактических медицинских осмотров как у практически здоровых лиц разного возраста, так и у лиц с наличием АГ в анамнезе.

Список литературы

1. Паспорт здоровья как результат донозологической диагностики / О.К. Синякова, А.В. Зеленко, Е.А. Семушина, Е.С. Щербинская // Медицинский журнал. – 2018. – № 2 (64). – С. 95–99.

2. Распространенность факторов риска неинфекционных заболеваний в Республике Беларусь. STEPS 2016 (2017) // Европейское региональное бюро ВОЗ. – Минск, 2017. – 250 с.

3. Роль раннего ремоделирования сосудов в генезе артериальной гипертензии у молодых / И.В. Милягина, В.А. Милягин, М.В. Грекова, В.В. Коптева // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2006. – Т. 5, № 4. – С. 14–21.

4. Руководство по профилактической медицине. Т. II. Гигиеническая диагностика состояния здоровья / под общ. ред. д.м.н., проф. М.П. Захарченко. – СПб.: Крисмас+, 2015. – 438 с.

5. Obesity and cardiovascular disease: a scientific statement from the American Heart Association / T.M. Powell-Wiley, P. Poirier, L.E. Burke [et al.] // Circulation. – 2021. – Vol. 143, № 21. – P. e984–e1010. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000973

Научное обоснование и применение биомаркеров экспозиции и эффекта для задач установления и доказательства реализации риска нарушений здоровья экспонированного населения

М.А. Землянова

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Представлены элементы научно-методического обоснования адекватного выбора биомаркеров, что обеспечивает системный доказательный подход при осуществлении экспертных оценок результатов риск-реализованных нарушений здоровью. Повышается точность и объективность гигиенических оценок, скрининга, биомониторинга, результатов эпидемиологических и медико-биологических исследований оценок реального загрязнения объектов среды обитания (атмосферного воздуха, питьевой воды, почвы, продуктов питания) и доказательств фактов экспозиции. Существующий опыт и результаты собственных научных исследований позволили применять биомаркеры экспозиции и эффекта при решении задач по установлению причин и предотвращению вредного воздействия факторов среды обитания на здоровье человека, в том числе связанных с воздействием загрязнений атмосферного воздуха в зонах влияния хозяйствующих субъектов и накопленного экологического ущерба. Применение маркеров экспозиции и эффектов также широко используется в экспериментальных исследованиях бионакопления и токсического действия новых химических веществ, в том числе наноматериалов.

Накопленный научно-практический опыт использования биомаркеров позволяет с высокой степенью эффективности решать поставленные задачи и предложить регионам Российской Федерации научно-методическую, организационную и практическую помощь.

Ключевые слова: факторы среды обитания, биомаркеры экспозиции и эффекта, причинно-следственные связи, вред здоровью.

Здоровье населения, как в мире, так и в России, является одним из важнейших государственных приоритетов, о чем свидетельствуют декларированные в стратегических документах государства[1] национальные предпочтения в области охраны здоровья, окружающей среды, экологической безопасности и механизмы их реализации. Демография, здравоохранение, городская среда объявлены в числе макроэкономических индикаторов на ближайшие десятилетия, обеспечивающих национальные интересы и стабильное развитие страны, в том числе повышение качества и ожидаемой продолжительности жизни, сохранение здоровья и благополучия населения, создание комфортной и безопасной среды проживания.

[1] О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: Указ Президента РФ от 07.05.2018 № 204 [Электронный ресурс] // Гарант. – URL: https://base.garant.ru/71937200/ (дата обращения: 23.03.2022); О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года: Указ Президента РФ от 21.07.2020 № 474 [Электронный ресурс] // Гарант. – URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74304210/ (дата обращения: 23.03.2022).

Вышеозначенные приоритеты определяют высокую актуальность изучения проблем, посвященных совершенствованию подходов к организации и проведению санитарно-эпидемиологических исследований по установлению причин и предотвращению вредного воздействия факторов среды обитания на здоровье человека, в том числе связанных с воздействием загрязнений атмосферного воздуха в зонах влияния хозяйствующих субъектов, что предусмотрено ст. 12–14, 17–22 Федерального закона № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»[2]. В связи с этим для повышения точности и адекватности гигиенических оценок необходимым является развитие научно-методических подходов к доказательству фактов реализации рисков здоровью населения в зонах экспозиции при нарушениях требований санитарного законодательств. Выявление приоритетных факторов, определяющих развитие негативных эффектов, доказанно оцененных как риск-реализованные, в условиях воздействия широкого спектра комбинированных аэрогенных нагрузок приобретает особую значимость для задач исключения недооценки или переоценки расчетных значений рисков [1]. Многие загрязняющие химические вещества обладают схожим механизмом негативного воздействия на органы-мишени, что может усиливать их токсичность в присутствии других химических веществ, либо, наоборот, взаимодействие веществ может привести к меньшему эффекту, чем предполагается на основе концепции аддитивности [7].

Полученные результаты позволят существенно повысить эффективность объективизации анализа причинно-следственных связей между воздействием факторов среды обитания и нарушениями состояния здоровья населения и могут быть использованы в качестве информационной основы обоснования и организации мероприятий по митигации негативных последствий воздействия [4].

Развитие и совершенствование научно-методического обеспечения системы доказательств причинно-следственных связей между нарушениями состояния здоровья и воздействием загрязнений объектов среды обитания при выявлении неприемлемого риска в местах постоянного проживания населения является обязательным элементом деятельности научно-исследовательских организаций Роспотребнадзора. Согласно дефинициям, положенным в основу концепции выявления причин и угроз здоровью населения, по мнению экспертов сотрудничающих организаций (ЮНЕП, МОТ и ВОЗ, 1992), особое внимание, как и прежде, уделяется биологическим маркерам, отражающим факт воздействия (экспозиции), и развитие ответных реакций в виде негативных эффектов на воздействие факторов риска [6, 8]. Проблема доказательности причинно-следственной связи развивающихся негативных эффектов и модификации механизма их развития с воздействием факторов экспозиции актуализирует необходимость расширения теоретических знаний в области биомаркеров и их практического использования [5].

Адекватный выбор биомаркеров позволяет повысить точность и объективность гигиенических оценок риска здоровью, в том числе для индивидов и подгрупп населения, обеспечивает системный доказательный подход при осуществлении экспертных оценок результатов эпидемиологических и медико-биологических исследований реализации риска здоровью, скрининга, биомониторинга, прогнози-

[2] О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Федеральный закон от 12.03.1999 № 52-ФЗ [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481/ (дата обращения: 23.03.2022).

рования состояния здоровья, оценок реального загрязнения объектов (атмосферного воздуха, питьевой воды, почвы, продуктов питания) среды обитания и доказательств фактов экспозиции [5].

Данное направление активно развивает ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», оно является одной из приоритетных тематик исследований, посвященных научному обоснованию и применению биомаркеров экспозиции и эффекта для задач установления и доказательства реализации риска нарушений здоровья экспонированного населения [2, 5].

Разрабатываемые и апробируемые подходы к обоснованию биомаркеров экспозиции и эффекта, в первую очередь, относятся к химическим факторам. Отправными точками при решении задач установления причинно-следственных связей являются результаты анализа токсических свойств воздействующих факторов риска, этиопатогенетических механизмов развития риск-ассоциированных негативных эффектов, что приобретает особую значимость в условиях одновременного воздействия смесей.

Данные исследования носят системный и масштабный характер, базируются на совокупных результатах научного анализа гигиенических проблем, формирующих неприемлемые риски здоровью, результатах углубленных медико-биологических исследований нарушений состояния здоровья экспонированного населения относительно неэкспонированного. Медико-биологические исследования по выявлению фактов реализации риска проводят в соответствии с действующим порядком, утвержденным в системе Роспотребнадзора[3]. Научно обоснованный перечень используемых методов и показателей (химико-аналитических, клинических, функциональных, биохимических, иммуногенетических, цитологических и др.) учитывает критические для конкретных воздействий органы и системы и коморбидные им состояния[4], модификацию этиопатогенетических механизмов развития негативных эффектов в условиях комбинированных экспозиций, ожидаемые виды заболеваний. Установленные причинно-следственные связи показателей негативных эффектов с содержанием токсичных веществ в биосредах, адекватных и доказанно связанных с экспозицией, позволяют обосновать систему биомаркеров экспозиции и эффектов. Полученные результаты биомаркерной диагностики позволяют определить или опровергнуть факты реализации рисков здоровью в виде ассоциированных конкретных заболеваний у экспонированных лиц и выявить перечень веществ, определяющих реализацию риска.

ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» в последнее десятилетие накопил существенный опыт научного обоснования и применения биомаркеров экспозиции и эффекта при решении задач по установлению причин и предотвращению вредного воздействия факторов среды обитания на здоровье человека, в том числе связанных с воздействием загрязнений атмосферного воздуха в зонах влияния хозяйствующих субъектов и накопленного экологического ущерба в городах Иркутской области, Красноярского

[3] МУ 2.1.10.3165-14 от 23.05.2014. Порядок применения результатов медико-биологических исследований для доказательства причинения вреда здоровью населения негативным воздействием химических факторов среды обитания. – М., 2014.

[4] Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 05.03.2004 (далее – Р 2.1.10.1920-04 от 05.03.2004). – М., 2004.

края, Республики Бурятия, Забайкальского края. Углубленными медико-биологическими исследованиями охвачено порядка 10 тыс. детского и взрослого населения из зон наибольшего риска здоровью. Предложенные подходы используются также при решении задач прогнозирования негативных эффектов на основе использования результатов реализации технологий протеомных исследований населения, подвергающегося длительному воздействию факторов риска (например, никеля, меди, алюминия, фтора и его соединений, бенз(а)пирена и др.).

В конкретном исследовании, выполненном во исполнение распоряжения Правительства Российской Федерации от 29.10.2020 № 2819-р (п. 1.10. План мероприятий «Дорожная карта»), «Оценка состояния здоровья населения г. Усолье-Сибирское Иркутской области в связи с экономической деятельностью, связанной с производством химической продукции» впервые в рамках социально значимых углубленных исследований с помощью системы биомаркеров выявлена связь нарушений состояния здоровья детей и взрослых с воздействием факторов накопленного экологического ущерба в результате бывшей экономической деятельности по производству химической продукции. Показано, что сформированный при этом неприемлемый канцерогенный и неканцерогенный риск здоровью (для иммунной, нервной систем, процессов развития, системы крови) населения, до 54,7 раза превышает допустимый уровень при аэрогенном комбинированном воздействии загрязняющих веществ. Приоритетными факторами, определяющими высокие уровни риска, являются хлор, бенз(а)пирен, формальдегид, медь, взвешенные вещества, серы диоксид, азота диоксид, сероводород, свинец, марганец, никель. Доказана реализация рисков здоровью экспонированных детей и взрослых в виде дополнительных (+ 10–23 %) случаев заболеваний органов пищеварения, дыхания, мочеполовой, костно-мышечной, нервной и эндокринной систем. Биомаркерами экспозиции приоритетных факторов, воздействующих на здоровье с атмосферным воздухом, являются бенз(а)пирен, медь, фенол, никель, марганец, метаболиты эпихлоргидрина (содержание в крови в 1,6–2,3 раза выше контрольных данных); с почвой – ртуть (в моче до 1,5 раза выше контрольных данных, максимально – до 22 раз). Полученные результаты позволили обосновать меры по минимизации потерь для здоровья населения от объектов накопленного экологического вреда, имеющих высокую социальную значимость. Обоснован приоритетный перечень веществ в атмосферном воздухе и нарушений здоровья, требующих обязательных регулирующих, в том числе медико-профилактических, действий. Предложен комплекс мер по коррекции нарушений здоровья.

Результаты исследования закономерностей изменений протеомного профиля плазмы крови с помощью технологии протеомного анализа при комбинированном воздействии химических веществ, формирующих особо высокие уровни загрязнения атмосферного воздуха, позволили обосновать индикаторные омик-маркеры негативных эффектов и гены, кодирующие их экспрессию. В качестве омик-маркеров негативных эффектов при экспериментальной аэрогенной изолированной экспозиции: бенз(а)пиреном – обоснованы аполипопротеин A-I, транстиретин, цинковый белковый протеин 644, аннексин-13, PR-доменный белок цинкового пальца 1; алюминием – Nck-ассоциированный белок 5, дополнение C4-B, Кельч-подобный белок 4, альфа-протеинкиназа 1; фтором – субъединица ламинина альфа-3, аполипопротеин A-I и C-III, J-цепь иммуноглобулина, ядерный рецептор-коактиватор 4, субъединица гемоглобина гамма 2. В условиях реальной и экспериментальной

аэрогенной комбинированной экспозиции тождественными белками и пептидами являются белки: J-цепь иммуноглобулина (ген JCHAIN), транстиретин (ген TTR) и Кельч-подобный белок 4 (ген KLHL4). Выявлена и количественно оценена связь установленных тождественных белков и пептидов с концентрацией бенз(а)пирена в крови, алюминия и фторид-иона в моче, превышающей в 2,0–3,0 раза контрольные данные; спрогнозированы на молекулярном уровне негативные эффекты в виде нарушения гуморального иммунитета, структуры эндотелия сосудов, роста нейронов и формирования синапсов при сохраняющихся условиях экспозиции бенз(а)пиреном, алюминием и фтором.

Показано, что в условиях особого высокого уровня многофакторного воздействия от источников металлургических производств (превышение предельно допустимых среднегодовых концентраций по взвешенным веществам, этилбензолу в 11,2–15,0 раза, меди и никелю оксид, хрому (VI) оксиду – в 1,9–3,1 раза, формальдегиду и бенз(а)пирену – в 4,5–5,8 раза, дигидросульфиду и бензолу – в 1,4–1,8 раза) формируются риски здоровью, до 32,1 раза превышающие приемлемый уровень. В качестве маркеров ингаляционной экспозиции обоснованы концентрации в крови марганца (выше 0,014 мг/дм^3), меди (выше 0,88 мг/дм^3), никеля (выше 0,007 мг/дм^3), ксилола (выше 0,0005 мг/дм^3), хрома (выше 0,006 мг/дм^3), формальдегида (выше 0,02 мг/дм^3), бенз(а)пирена (выше 0,0005 мг/дм^3), в моче – алюминия (выше 0,005 мг/дм^3). С учетом критериев реализации риска в совокупности с оценкой системы причинно-следственных связей обоснован достаточный по объему профиль биомаркеров негативных эффектов (повышение IgG специфического к алюминию и меди, эозинофилов, лимфоцитов, эозинофильно-лимфоцитарного индекса в крови, МДА, нейротропина-3, кортизола, щелочной фосфатазы, глутаматдегидрогеназы, отношения АпоВ/АпоА1, снижение АОА, аполипопротеина А1, Т4 свободный), отражающих реализацию риска в виде развития дополнительных случаев ассоциированных заболеваний со стороны органов дыхания, системы крови и кроветворных органов, процессы развития, нервной, мочеполовой, костно-мышечной, эндокринной систем, органов пищеварения.

В ходе исследований установлено, что высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха жилой застройки компонентами выбросов предприятий металлургического профиля (меди, никеля, алюминия, фторидов газообразных от 1,9 до 3,2 ПДК$_{сс}$) и неблагоприятные климатические факторы (понижение до 4,0 раза нормальной эквивалентной эффективной температуры и повышение до 2,3 раза суточных перепадов атмосферного давления) формируют потенциальный риск причинения вреда здоровью детей со стороны органов дыхания, нервной и иммунной систем, крови и кроветворных органов, сердечно-сосудистой, репродуктивной, гормональной и костной систем, почек и печени. Углубленными исследованиям и результатами моделирования причинно-следственных связей установлены общие критические системы (органы дыхания и нервная система), развитие заболеваний которых ассоциировано с сочетанным воздействием химических и климатических факторов. Биомаркерами негативного ответа у детей является комплекс из четырех обязательных и сопряженных показателей (эозинофилы в назальном секрете, IgE общий, нейротропин-3 и нейронспецифическая энолаза в сыворотке крови), минимально достаточный для доказательства причинения вреда здоровью.

Применение маркеров экспозиции и эффектов широко используется в экспериментальных исследованиях бионакопления и токсического действия новых хими-

ческих веществ, в том числе наноматериалов. Детально изучена и дана токсикологическая характеристика наночастиц металлоксидных соединений никеля (II), кобальта (II, III), алюминия (III), магния (II), кальция (II), меди (II), молибдена (VI) и др.

Показано, что наноразмерные частицы изученных оксидов металлов обладают при различных путях многократного поступления более высокой степенью кумуляции с развитием патоморфологических изменений в тканях сердца, лёгких, печени, почках и головном мозге относительно микроразмерных аналогов. Идентифицируются в крови, вызывают более широкий спектр негативных эффектов со стороны критических органов и систем.

Полученные результаты позволяют расширить теоретические знания о клеточно-молекулярных и органных механизмах токсического действия наноразмерных частиц, об особенностях бионакопления, что является необходимым для разработки мер профилактики и коррекции, направленных на предупреждение и снижение негативных последствий для здоровья работающих и населения, контактирующих с наночастицами.

Значимость обоснованных приоритетов заключается в повышении точности и объективности проведения оценок нарушений состояния здоровья населения, подверженного неблагоприятному воздействию факторов среды обитания, и разработки мер по профилактике развития заболеваний у подверженного населения. Реализация предложенных мероприятий программными средствами при поддержке территориальных органов власти и бизнеса осуществляется в настоящее время на территориях Иркутской области в виде региональной комплексной программы «Обеспечение экологической безопасности на территории г. Братска на 2019–2021 гг., плана мероприятий («дорожная карта»), направленных на снижение риска и вреда здоровью детскому и взрослому населению, находящемуся под воздействием факторов хозяйственной деятельности в г. Шелехове на период 2021–2023 гг.

Таким образом, накопленный научно-практический опыт использования биомаркеров эффекта и экспозиции в системе доказательства причинения вреда здоровью в условиях воздействия факторов среды обитания позволяет с высокой степенью эффективности решать поставленные задачи и позволяют предложить регионам Российской Федерации научно-методическую, организационную и практическую помощь.

Список литературы

1. Глобальные факторы риска для здоровья. Смертность и бремя болезней, обусловленные некоторыми основными факторами риска. – Всемирная организация здравоохранения, 2015. – 70 с.
2. Жданова-Заплесвичко И.Г., Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В. Биомаркеры неканцерогенных негативных эффектов со стороны центральной нервной системы у детей в зоне влияния источников выбросов алюминиевого производства // Гигиена и санитария. – 2018. – Т. 97, № 5. – С. 461–469.
3. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В. К вопросу установления и доказательства вреда здоровью населения при выявлении неприемлемого риска, обусловленного факторами среды обитания // Анализ риска здоровью. – 2013. – № 2. – С. 14–27.

4. Комплексная оценка эффективности митигации вреда здоровью на основе теории нечетких множеств при планировании воздухоохранных мероприятий / Н.В. Зайцева, М.А. Землянова, И.В. Май [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 1. – С. 19–25. DOI: 10.21668/health.risk/2020.1.03

5. Научные принципы применения биомаркеров в медико-экологических исследованиях (обзор литературы) / Н.В. Зайцева, М.А. Землянова, В.П. Чащин, А.Б. Гудков // Экология человека. – 2019. – № 9. – С. 4–14.

6. Biomarkers and human biomonitoring. Children's Health and the Environment WHO Training Package for the Health Sector [Электронный ресурс] // World Health Organization. – 2011. – URL: www.who.int/ceh (дата обращения: 20.04.2022).

7. Considerations for Assessing the Risks of Combined Exposure to Multiple Chemicals, Series on Testing and Assessment Environment, Health and Safety Division, Environment Directorate // OECD. – 2018. – № 296. – 119 p.

8. Principles for evaluating health risks in children associated with exposure to chemicals (Environmental Health Criteria 237) [Электронный ресурс] // WHO. – 2006. – URL: www.inchem.org (дата обращения: 20.04.2022).

Адаптационная согласованность активности про- и антиоксидантных процессов в организме человека с сезонным изменением интенсивности УФ-излучения в условиях мегаполиса (г. Нижний Новгород)

А.М. Иркаева[1,2], Е.С. Жукова[1], Л.В. Полякова[1,2], Т.Г. Щербатюк[1,3], М.А. Позднякова[1]

[1]ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора,
[2]ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»,
[3]ФГБОУ ВО «Пущинский государственный естественно-научный институт»,
г. Нижний Новгород, Россия

УФ-излучение в составе солнечной радиации необходимо для нормального функционирования всех живых организмов, но при избыточном воздействии является рискогенным фактором внешней среды, под влиянием которого происходит повреждение органических молекул биологических систем активными формами кислорода, которые могут привести к развитию окислительного стресса и, в свою очередь, инициировать целый ряд патологий. Проводится оценка адаптивных изменений активности свободнорадикальных процессов в организме человека в норме в ответ на сезонное изменение интенсивности УФ-излучения с целью разработки методов диагностики, коррекции и профилактики нарушений здоровья человека.

Ключевые слова: рискогенный фактор, солнечная радиация, УФ-излучение, окислительный стресс, ТБК-активные продукты, супероксиддисмутаза, каталаза.

В современном мире должное внимание уделяется изучению влияния биотропных геофизических факторов на организм человека, так как они обладают способностью вносить изменения в устойчивые биохимические и физиологические процессы живых систем. Однако человеческая деятельность оказывает негативное воздействие на окружающую среду, изменяя естественный ход ее развития, в результате чего в развитых городах состояние здоровья населения с каждым годом подвергается большим рискам [3].

К одним из основных микроклиматических параметров городской среды относят солнечную радиацию, которая в физическом смысле представляет собой поток электромагнитных излучений с различной длиной волны [14]. Солнечный спектр делится на инфракрасные (750–3500 нм), видимые (400–750 нм) и ультрафиолетовые области (5–400 нм). Несмотря на малую долю ультрафиолетового излучения (УФ-излучения) в солнечном спектре, оно оказывает значительное влияние на живые организмы [1]. Интенсивность УФ-излучения и его спектральный состав не постоянны и зависят от времени суток, годовых сезонов, высоты солнца над горизонтом, состояния слоев атмосферы, географической широты и количества газов и взвешенных частиц в воздухе [4, 6]. По проникающей способности и биологическому действию на организм выделяют три следующие группы ультрафиолетового спектра: ультрафиолет-A (UVA) – длинноволновый (400–315 нм); ультрафиолет-B (UVB) – средневолновый (315–280 нм) и ультрафиолет-C (UVC) – коротковолновый (280–100 нм) [11]. Кислород и озон в атмосфере полностью поглощают UVC-излучение и примерно до 90 % UVB-лучей. Таким образом, солнечное ультрафиолетовое излучение, воздействующее на состояние здоровья человека, состоит из длин волн UVA и UVB [15].

На сегодняшний день известно, что влияние ультрафиолетового излучения на организм человека может быть как положительным, так и отрицательным. С одной стороны, УФ-лучи оказывают пигментообразующее и бактерицидное действия и участвуют в синтезе витамина D, способствующего усвоению кальция, регуляции белкового гомеостаза и влияющего на рост и дифференцировку различных тканей организма [6, 7]. С другой стороны, избыточная инсоляция (чрезмерное или длительное облучение солнечным светом) служит пусковым механизмом для различного рода заболеваний, в большинстве случаев дерматологических и офтальмологических, и преждевременного старения [10]. При этом важно отметить, что негативные эффекты УФ-излучения обусловлены окислительной модификацией молекул живых клеток, а именно белков, липидов и нуклеиновых кислот, возникающей в результате инициации свободнорадикальных процессов [9].

Недавно I.V. Ivanov с коллегами объяснили механизмы развития окислительного стресса, проявление которого обусловлено действием УФ-излучения, в органах зрения. Согласно их исследованию, фотоокислительное повреждение чаще всего возникает, когда падающий свет взаимодействует с фотосенсибилизаторами в глазной ткани. Причем выделено два основных механизма фотосенсибилизированных реакций (типа I и II), являющихся значительными источниками активных форм кислорода (АФК) из-за постоянного воздействия на глаза солнечного УФ-излучения. В первом типе хромофор возбуждается светом до триплетного состояния и образует свободнорадикальный промежуточный продукт, который в свою очередь реагирует с дополнительным субстратом или с кислородом (O_2) для создания продуктов реакции перекисного окисления. Супероксидный анион-радикал ($O_2^{-\bullet}$) обычно

является конечным продуктом реакции типа I. В фотодинамической реакции второго типа осуществляется передача энергии от возбужденного хромофора непосредственно к кислороду (O_2), создавая реактивный синглетный кислород ($^1O_2$), к которому наиболее чувствительна сетчатка глаза. Далее синглетный кислород реагирует с липидами с образованием пероксидов без свободнорадикального промежуточного звена, или он может реагировать с другими субстратами с образованием реактивных свободных радикалов. Например, в присутствии некоторых ионов металлов переменной валентности (Fe^{2+}, Cu^{2+}) пероксид водорода (H_2O_2) образует высокореактивный гидроксильный радикал HO^- по реакции Фентона [11].

Практически по такому же пути происходит активация окислительных процессов в коже человека. Согласно работе F. Solano, УФ-лучи взаимодействуют с биохромами (биологическими пигментами), чаще всего с меланином, вызывая генерацию АФК, которые производят вредные клеточные эффекты и могут достигать ядра, вызывая окислительные модификации ДНК и разрывы нитей. Или возможно прямое действие УФ-излучения на ДНК с образованием пиримидиновых димеров. В конечном итоге накопительное повреждение ДНК может индуцировать апоптоз или приводить к возникновению онкологических заболеваний. Следует отметить, что кожа человека содержит два типа меланина: эумеланин и феомеланин. Последний из них более подвержен воздействию солнечного ультрафиолета [13].

Таким образом, несмотря на положительные эффекты, воздействие ультрафиолетовых лучей является потенциальным риском повреждения органических молекул живых организмов.

Целью исследования стала оценка активности свободнорадикальных процессов в организме человека в зависимости от сезонных изменений интенсивности УФ-излучения на территории Нижнего Новгорода.

Материалы и методы. Материалами исследования служили образцы крови, полученные от условно здоровых добровольцев, проживающих на территории Нижнего Новгорода ($n = 72$). Забор биоматериала осуществлялся в период с сентября 2019 г. по ноябрь 2021 г. Возраст доноров варьировался от 19 до 60 лет. Для оценки влияния сезонной инсоляции на состояние про- и антиоксидантной систем организма были выбраны вторичные продукты перекисного окисления липидов (ПОЛ) и ферменты антиоксидантной системы защиты: супероксиддисмутаза (СОД) и каталаза. Содержание вторичных метаболитов ПОЛ (ТБК-активных продуктов) определяли по тесту с тиобарбитуровой кислотой в плазме и эритроцитах крови. Активность СОД определяли по ингибированию скорости восстановления нитросинего тетразолия в неэнзиматической системе феназинметасульфата и никотинамидадениндинуклеотида (НАДН) [2]. Активность каталазы определяли спектрофотометрически в эритроцитах крови по изменению оптической плотности в области поглощения пероксида водорода [12]. Данные значений УФ-индекса для Нижнего Новгорода получили из интернет-ресурса WeatherOnline [17]. Так как данные соответствовали нормальному распределению по тесту Колмагорова – Смирнова, то для их описания использовали среднее ± ошибка среднего. Статистическую обработку данных проводили с использованием однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) и критерия множественного сравнения Стьюдента – Ньюмена – Кейлса ($p < 0{,}03$). Взаимосвязь данных оценивали при помощи корреляционного анализа по Спирмену.

Результаты. Для выявления уровня вторичных продуктов ПОЛ у здоровых добровольцев в зависимости от сезонных изменений был проведен анализ, в ходе

которого установлено, что концентрация ТБК-активных продуктов (ТБК-ап.) в плазме крови осенью и зимой статистически значимо ниже по сравнению с весной, а в эритроцитах крови достоверные различия выявлены только зимой относительно весеннего сезона. При сравнении ферментативных показателей выявлена обратная зависимость: активность СОД и каталазы в осеннее и зимнее время была выше, чем в весеннее (таблица).

Анализ параметров активности свободнорадикальных процессов у здоровых добровольцев г. Нижнего Новгорода в зависимости от времени года

Параметр	Сезон		
	осенний	зимний	весенний
ТБК-ап. в плазме, мкМ	2,95 ± 0,14*	3,73 ± 0,10*	4,44 ± 0,27
ТБК-ап. в эритроцитах, мкМ	47,75 ± 1,73	43,51 ± 2,19*	53,22 ± 1,82
Активность СОД, ед. акт./г Hb	157,07 ± 23,56*	132,96 ± 16,71*	62,65 ± 15,63
Активность каталазы, ед. акт./г Hb	59,49 ± 5,35*	72,61 ± 7,38*	38,69 ± 6,79

Примечание: * – $p < 0,03$ относительно весеннего сезона по критерию множественного сравнения Стьюдента – Ньюмена – Кейлса.

Установлено обратное корреляционное взаимодействие среднего значения УФ-индекса в день забора крови и активности эритроцитарной каталазы ($r = -0,24$; $p < 0,05$, критерий Спирмена).

Высокие показатели активации свободнорадикальных процессов связаны с увеличением длины светового дня, обусловленной сменой годовых сезонов, а также с ростом УФ-индекса в теплые сезоны года на территории Нижнего Новгорода [8].

Выводы. Согласно полученным данным выявлена взаимосвязь между активностью про- и антиоксидантных процессов в организме человека и сезонными изменениями в интенсивности солнечной УФ-радиации на территории Нижнего Новгорода. Исследование в области адаптационных механизмов организма в отношении изменчивости солнечной радиации позволит разработать методы профилактики нарушений, связанных со сбоями циркадных ритмов в связи с путешествиями, а также безопасные режимы использования искусственного ультрафиолетового облучения в косметологии (например для загара [5]).

Список литературы

1. Актуальные проблемы изучения ультрафиолетовой радиации и озонового слоя / Н.Е. Чубарова, Е.Ю. Жданова, В.У. Хаттатов, П.Н. Варгин // Вестник Российской академии наук. – 2016. – Т. 86, № 9. – С. 839–846. DOI: 10.7868/S0869587316050030

2. Арутюнян А.В., Дубинина Е.Е., Зыбина Н.Н. Методы оценки свободнорадикального окисления и антиоксидантной системы организма: методические рекомендации / под ред. члена-корреспондента РАМН, профессора, д.м.н. В.Х. Хавинсона. – СПб.: ИКФ «Фолиант», 2000. – 104 с.

3. Геофизические поля мегаполиса / А.А. Спивак, Д.Н. Локтев, Ю.С. Рыбнов [и др.] // Геофизические процессы и биосфера. – 2016. – Т. 15, № 2. – С. 39–54.

4. Зураев А.В., Будевич В.А. Влияние света как повреждающего фактора на организм человека // Экология и защита окружающей среды: сборник тезисов докладов международной научно-практической конференции. – Минск: Изд. центр БГУ, 2014. – С. 119–122.

5. Метод ДНК-комет в оценке повреждений генома клеток крови, вызванных посещением солярия / Е.С. Жукова, И.А. Чернигина, Т.Г. Щербатюк, М.А. Позднякова // Профилактическая медицина 2020. Вызовы времени: сборник научных трудов всероссийского форума с международным участием, посвященного 150-летию кафедры общей гигиены ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России. – Казань: Отечество, 2020. – С. 85–88.

6. Панюшин С.К. Ультрафиолет как оператор гормональных биоритмов // Электронный научно-образовательный вестник «Здоровье и образование в XXI веке». – 2012. – Т. 14, № 10. – С. 289–291.

7. Редько Д.В. Влияние солнечных лучей на организм человека // Потенциал российской экономики и инновационные пути его реализации: материалы международной научно-практической конференции студентов и аспирантов: в 2 ч. / под ред. В.А. Ковалева, А.И. Ковалева. – Омск, 2019. – С. 83–86.

8. УФ-индекс [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения. – URL: https://www.who.int/ru/news-room/questions-and-answers/item/ultraviolet-(uv)-index (дата обращения: 01.04.2022).

9. Чумачева Н.М., Болоева А.В., Полькина Е.В. Изученность вопроса о влиянии ультрафиолетового излучения на организм человека // Актуальные вопросы развития научных исследований: теоретический и практический взгляд: сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции. – Уфа: ООО «OMEGA SCIENCE», 2020. – С. 27–35.

10. Giacomoni P.U. Appropriate technologies to accompany sunscreens in the battle against ultraviolet, superoxide, and singlet oxygen // Antioxidants (Basel). – 2020. – Vol. 9, № 11. – P. 1091. DOI: 10.3390/antiox9111091

11. Lipid nanomaterials for targeted delivery of dermocosmetic ingredients: advances in photoprotection and skin anti-aging / E.B. Souto, E. Jäger, A. Jäger [et al.] // Nanomaterials (Basel). – 2022. – Vol. 12, № 3. – P. 377. DOI: 10.3390/nano12030377

12. Progressive increases in serum catalase activity in advancing human immunodeficiency virus infection / J.A. Leff, M.A. Oppengard, T.J. Curiel [et al.] // Free Rad. Biol. Med. – 1992. – Vol. 13, № 2. – P. 143–149. DOI: 10.1016/0891-5849(92)90076-s

13. Solano F. Photoprotection and skin pigmentation: melanin-related molecules and some other new agents obtained from natural sources // Molecules. – 2020. – Vol. 25, № 7. – P. 1537. DOI: 10.3390/molecules25071537

14. Soltani A., Sharifi E. Daily variation of urban heat island effect and its correlations to urban greenery: A case study of Adelaide // Front. Archit. Res. – 2017. – Vol. 6, № 4. – P. 529–538. DOI: 10.1016/j.foar.2017.08.001

15. Sunlight damage to cellular DNA: Focus on oxidatively generated lesions / A.P. Schuch, N.C. Moreno, N.J. Schuch [et al.] // Free Radic. Biol. Med. – 2017. – Vol. 107. – P. 110–124. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2017.01.029

16. Ultraviolet radiation oxidative stress affects eye health / I.V. Ivanov, T. Mappes, P. Schaupp [et al.] // J. Biophotonics. – 2018. – Vol. 11, № 7. – P. e201700377. DOI: 10.1002/jbio.201700377

17. WeatherOnline: веб-сайт [Электронный ресурс]. – URL: https://www.pogodaonline.ru/ (дата обращения: 01.04.2022).

Влияние химического загрязнения среды обитания на состояние здоровья детей дошкольного возраста в городах с развитой медеплавильной промышленностью Свердловской области

Е.П. Кадникова

Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Свердловской области, г. Екатеринбург, Россия

На сегодняшний день распространенность соединений свинца, кадмия и мышьяка в объектах внешней среды очень велика за счет как техногенных, так и естественных источников их поступления. Несмотря на то что на протяжении последних десятилетий мероприятия по управлению риском для здоровья населения, реализованные на различных уровнях, позволили снизить в несколько раз уровни загрязнения компонентов среды обитания в индустриально развитых регионах, этот уровень по-прежнему остается значительным, особенно в городах с развитой медеплавильной промышленностью. По данным социально-гигиенического мониторинга в Свердловской области свинец, кадмий и мышьяк обусловливают риски для здоровья населения в виде возникновения дополнительных случаев заболеваний и смертей.

С целью установления уровня содержания свинца, кадмия и мышьяка в биосредах у детей, проживающих в городах с развитой медеплавильной промышленностью, проведена оценка токсической нагрузки по данным биомониторинга, выполнен описательный анализ уровня хронической заболеваемости детей в организованных коллективах, математическое моделирование методом построения регрессионных деревьев решений. Полученные результаты работы свидетельствуют о превышении среднеобластного уровня хронической заболеваемости детей в организованных коллективах в городах с развитой медеплавильной промышленностью. По результатам математического моделирования установлено, что увеличение содержания свинца, кадмия и мышьяка в компонентах окружающей среды связано с возрастанием концентрации этих токсикантов в биологических средах, а уровень токсической нагрузки по данным биомониторинга оказывал влияние на изменение клинико-лабораторных показателей. Полученные результаты использованы при подготовке организационно-методических документов по реализации биомониторинга на территории Свердловской области и при создании информационных материалов для гигиенического обучения населения по вопросам снижения уровня токсической нагрузки.

Ключевые слова: кадмий, свинец, мышьяк, хроническая заболеваемость, биологический мониторинг.

Свинец, кадмий и мышьяк за счет как природных, так и техногенных источников поступления их в окружающую среду являются одними из самых распространенных веществ-загрязнителей. Реализация мероприятий, направленных на снижение загрязнения окружающей среды, таких как модернизация производств, эффективное обращение с отходами производства и потребления, ликвидация несанкционированных свалок, внедрение системы контроля промышленных выбросов в атмосферу, повышение качества питьевой воды и т.д., позволило снизить уровни эти токсикантов. Однако за счет высокой степени кумуляции в объектах

среды обитания в городах с развитой медеплавильной промышленностью сохраняется значительный уровень содержания этих токсикантов, представляющий собой серьезную угрозу для здоровья человека. По данным ранжирования прогнозируемых многосредовых рисков по их уровню и медицинской значимости в городах Свердловской области первое ранговое место занимает риск задержки психического развития детского населения (прогнозируется 5,3 случая на 1000 населения) и преждевременной смертности среди взрослых (прогнозируется 1,4 случая на 1000 населения) в связи с многосредовым свинцовым загрязнением; второе ранговое место – суммарный канцерогенный риск (основной вклад в риск для здоровья населения вносит мышьяк (523 случая онкологических заболеваний)), третье место – риск возникновения нефропатий за всю жизнь населения в связи с многосредовым воздействием кадмия (139 468 случаев) [5]. Экспозиция данными токсикантами, сформированная еще до рождения ребенка и пролонгированная на протяжении его дальнейшего постнатального развития и детства, оказывает самое значительное влияние на последующие процессы в организме и за счет латентного периода в дальнейшем проявляется развитием заболеваний, которые могут манифестировать в различные возрастные периоды, характеризуя накопительный эффект. Значительная степень кумуляции в окружающей среде и накопительный характер экспозиции в организме человека делают исследования по обнаружению и доказательству связей в системе «окружающая среда – здоровье человека» актуальными на протяжении многих лет. В соответствии со современными подходами к развитию индивидуальных подходов к пациенту важна правильная и своевременная оценка состояния здоровья и токсической нагрузки этими токсикантами для организации и проведения последующих мероприятий по управлению рисками возникновения и развития отклонений в состоянии здоровья детей.

Цель исследования – оценка уровня содержания свинца, кадмия и мышьяка в биосредах у детей, проживающих в городах с развитой медеплавильной промышленностью и анализ возможных изменения в состоянии здоровья при обнаруженном уровне токсической нагрузки.

Материалы и методы. Обследованы 4567 детей в возрасте 3–7 лет, которые проживают и посещают детские дошкольные учреждения, расположенные в шести городах Свердловской области с развитой медеплавильной промышленностью: городской округ Первоуральск, городской округ Краснотурьинск, городской округ Красноуральск, городской округ Ревда, городской округ Верхняя Пышма, Кировградский городской округ. Объекты исследования включались в выборку только при условии наличия добровольного информированного согласия родителей на проведение обследования и на обработку персональных данных.

Биологический мониторинг выполнен в соответствии с пособием для врачей «Организация и проведение оценки содержания токсических элементов в биологических материалах» [4], МУК 4.1.1483-03, МУК 4.1.1482-03. Расчет канцерогенного и неканцерогенного риска выполнен в соответствии с Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». Территории вышеуказанных городов Свердловской области с развитой медеплавильной промышленностью были разделены на микрорайоны с учетом сложившейся инфраструктуры и плотности жилой застройки. Уровень хронической заболеваемости детей в организованных коллективах за период с 2004–2020 гг. выполнен по данным Министерства здравоохране-

ния Свердловской области, использованы шаблоны электронных медицинских документов в формате международного стандарта HL7 CDA Release 2 для системы мониторинга детей с экологически обусловленными заболеваниями для муниципальных детских лечебно-профилактических учреждений [9]. Для построения математических моделей был использован метод «Деревья решений» (DecisionTree), алгоритм Conditional inference trees (реализация Ctree из пакета Party). Исследование проведено в рамках научно-исследовательской работы «Гигиеническая диагностика и оценка риска для здоровья населения» (НИОКТР АААА-А18-118041890074-7 от 18.04.2018г) и одобрено локальным этическим комитетом (протокол № 5 от 15.12.2017 г.).

Результаты. С целью количественной и качественной оценки риска, выявления и оценки сравнительной значимости существующих проблем для здоровья населения выполнен расчет неканцерогенного риска путем расчета коэффициентов опасности. При комплексном поступлении свинца, кадмия и мышьяка в организм человека из окружающей среды одновременно несколькими путями (почвы, атмосферного воздуха, питьевой воды) коэффициенты опасности и суммарный индекс опасности в большинстве муниципальных образований Свердловской области не превышали единицы, что свидетельствует о низкой вероятности возникновения неблагоприятных эффектов. Суммарный индекс опасности превышал 1,0, в Кировградском городском округе (*THI* = 1,4–1,6), в городском округе Красноуральск (*THI* = 1,6–1,8), в городском округе Первоуральск (*THI* = 1,2–2,3) преимущественно за счет ингаляционного пути поступления.

При оценке канцерогенного риска получены следующие результаты. Суммарный индивидуальный канцерогенный риск во всех рассматриваемых городах относится ко второму диапазону и соответствует предельно допустимому риску (наибольший суммарный индивидуальный канцерогенный риск зарегистрирован в городском округе Красноуральск (4,85E–06), Кировградском городском округе (3,78E–06), городском округе Ревда (3,13E–06)).

Наиболее высокие значения суммарного индивидуального ингаляционного риска наблюдаются в городском округе Красноуральск (2,92E–06), городском округе Ревда (2,23E–06); перорального – в Кировградском городском округе (3,70E–06). Наибольшие значения популяционного ингаляционного канцерогенного риска отмечаются в Первоуральском городском округе (1,38E–01), городском округе Ревда (1,54E–01); перорального – в городском округе Краснотурьинск (2,25E–01).

Основной вклад в индивидуальный и популяционный канцерогенный риск как в целом по шести городам, так и по отдельным их микрорайонам вносят соответствующие величины, рассчитанные для мышьяка (от 66,6 до 98,9 %), исключение составляет городской округ Краснотурьинск, где в трех микрорайонах города из пяти основной вклад принадлежит свинцу (около 64 %). По вкладу в суммарный канцерогенный риск мышьяка на первом месте находится питьевой путь экспозиции, на втором – воздушный.

Основными техногенными источниками поступления в среду обитания мышьяка являются промышленные предприятия.

Результаты ретроспективного анализа хронической заболеваемости детей в организованных коллективах в городах с развитой медеплавильной промышленностью свидетельствуют, что достоверное превышение среднеобластных показателей установлено:

– в Кировградском городском округе (по уровню болезней крови и кроветворных органов – показатель 34,09 ± 50 на 1000, болезней мочеполовых органов – показатель 42,16 ± 3,41 на 1000);

– в городском округе Ревда (по уровню болезней органов пищеварения – показатель 62,09 ± 7,06 на 1000, болезней кожи и подкожной клетчатки – показатель 38,26 ± 3,96 на 1000, болезней мочеполовых органов – показатель 44,49 ± 2,39 на 1000);

– в городском округе Первоуральск (по уровню болезней системы кровообращения – показатель 10,18 ± 1,24 на 1000);

– в городском округе Краснотурьинск (по уровню болезней системы кровообращения – показатель 15,16 ± 3,47 на 1000, болезней органов пищеварения – 45,41 ± 11,88 на 1000, болезни кожи и подкожной клетчатки – 34,75 ± 5,16 на 1000, врожденных аномалий развития – 16,2 ± 1,71 на 1000).

Кроме того, в данных муниципальных образованиях на протяжении нескольких лет наблюдается тенденция к увеличению заболеваемости данными нозологиями.

Вероятностное влияние данных токсикантов на нервную систему находит свое отражение в установлении отклонений в состоянии здоровья при обследовании детей неврологом. При оценке неврологических симптомов установлено, что из осмотренных неврологом детей наибольший процент имеющих резидуальную церебральную недостаточность (20,87 %), синдром дефицита внимания с гиперактивностью (7,80 %), церебрастенический синдром (2,75 %), синдром вегетативной дистонии (9,63 %) проживают в городском округе Красноуральск, минимальную мозговую дисфункцию (6,10 %,), синдром дефицита внимания (2,44 %), гипертензионно-гидроцефальный синдром (2,44 %) – в Кировградском городском округе.

Объекты исследования были разделены на группы по критерию наличия либо отсутствия обнаруженных неврологических симптомов. Тест Вилкоксона для независимых выборок показал различия содержания мышьяка, кадмия и свинца в крови детей в группах: с резидуальной церебральной органической недостаточностью уровень мышьяка выше на 24,4 %, кадмия – на 22,2 %; с синдромом дефицита внимания с гиперактивностью уровень мышьяка выше на 29,0 %, кадмия – на 17 %; с церебрастеническим синдромом уровень мышьяка выше на 9,6 %, кадмия – на 25,2 %; с синдромом вегетативной дистонии уровень мышьяка выше на 10,6 %, свинца – на 28,8 %.

При анализе зависимостей уровней содержания свинца, кадмия и мышьяка в объектах внешней среды и данных биомониторинга установлены закономерности: для свинцовой экспозиции обнаружено влияние содержания свинца в питьевой воде и почве на уровень содержания свинца в крови и моче; для мышьяковистой экспозиции – влияние содержания мышьяка в атмосферном воздухе и питьевой воде на уровень его в крови и влияние мышьяка в воздухе на уровень его содержания в моче; для кадмиевой экспозиции – влияние содержания кадмия в атмосферном воздухе и почве на уровень его содержания в крови и уровень концентрации кадмия в питьевой воде на содержание его в моче. Полученные в математических моделях данные демонстрировали увеличение концентраций свинца, мышьяка и кадмия в бисоредах у детей в ответ на увеличение содержания этих токсикантов в объектах окружающей среды: питьевой воде, атмосферном воздухе и почве от 1,4 до 6,9 раза.

По результатам математического моделирования «результаты биологического мониторинга – результаты клинико-лабораторных показателей» обнаружена связь между содержанием фермента аланинаминотрансферазы и уровнем мышьяка в крови и моче – уровень мышьяка менее 0,2266 мг/л и в моче менее 0,0101 мг/л

был взаимосвязан с нормальным содержанием указанного фермента в крови (0,2347 и 0,2148 ммоль/л соответственно). Обнаруженная низкая концентрация свинца в моче (< 0,0005 мг/л) была связана с увеличением фермента аланинаминотрансферазы до 0,769 ед/л. Концентрация кадмия в крови менее 0,0165 мкг/дл показала статистически значимую связь с уровнем цинка в крови 364,047 мкг/дл (рекомендуемый уровень цинка в крови 362,13–383,33 ± 31,69 мкг/дл). Концентрация кадмия в моче менее 0,0002 мг/л связана с уровнем цинка 0,4216 мг/л (нормальные значения цинка в моче 0,27–0,85 мг/ л). Обнаружено, что уровень свинца в концентрации менее 0,0005 мг/л в моче связан с нормальным содержанием цинка в моче 0,4616 мг/л. Концентрация кадмия в моче, которая была взаимосвязана с нормальными значениями мочевины в крови (4,5842 ммоль/л), составляет менее 0,0015 мг/л. Установлена связь между концентрацией свинца в крови и величиной фагоцитарного индекса – свинец в концентрации менее 1,2353 мкг/дл (ФИ равен 35,845 % (31–60 %)). Концентрация свинца в моче, которая была взаимосвязана с нормальными значениями CD95 в крови, составляет менее 0,0005 мг/л (50–280 мм^3). Математические модели, построенные по другим клинико-лабораторным показателям (глюкоза, билирубин общий, холестерин, удельный вес мочи, эпителий в моче, фосфор, эритроциты, гемоглобин, ОЖСС, СОЭ, CD8, CD4, CD56, CD95, количество лейкоцитов, эозинофилы, фагоцитарное число, моноциты, тромбоциты), не показали отклонений от нормативных значений при изменении концентрации свинца, кадмия и мышьяка в биосредах.

Результаты математического моделирования подтверждают влияние токсической нагрузки на показатели гомеостаза и находят свое отражение в исследованиях других авторов: рассматриваемые химические вещества оказывают повреждающее действие на печень, вызывая ее дисфункцию; полученные данные о статистически значимых зависимостях кадмия и свинца с уровнем цинка свидетельствуют о конкурентных взаимоотношениях между ними как на этапе всасывания в желудочно-кишечном тракте, так и при связывании с лигандами; полученные зависимости также отражают вероятное влияние кадмия на проницаемость проксимальных канальцев почек ионов цинка; влияние на систему фагоцитоза как одного из возможных механизмов элиминации токсикантов из организма также показано в ряде исследований [1–3, 6–8, 10–13].

Полученные в ходе математического моделирования данные не претендуют на исчерпывающую характеристику патогенетических механизмов развития отклонений, характерных для специфического воздействия данных химических веществ.

Однако превышение наименьших уровней токсикантов, связанных с нормальными значениями клинико-лабораторных показателей, может быть использовано в качестве дополнительного критерия при формировании групп риска среди детского населения, подверженного воздействию химической нагрузки среды обитания, для проведения адресных медико-профилактических и оздоровительных мероприятий.

Выполненное исследование еще раз подтверждает необходимость проведения анализа состояния биомаркеров с целью предотвращения наступления заболевания или ранней доклинической минимизации его проявления.

Выводы:

1. Полученные результаты свидетельствуют о высоком уровне хронической заболеваемости детей в организованных коллективах в городах с развитой медеплавильной промышленностью по сравнению со среднеобластными показателями.

2. По данным математического моделирования установлено, что увеличение концентрации свинца, кадмия и мышьяка в компонентах среды обитания были связаны с повышенными концентрациями этих токсикантов в биологических средах.

3. Обнаруженные уровни свинца, кадмия и мышьяка по данным биомониторинга согласуются с выявленными отклонениями в показателях здоровья. Установленные по данным математического моделирования статистические взаимосвязи между концентрациями токсикантов и клиническими лабораторными показателями свидетельствуют о возможных изменениях в состоянии здоровья при обнаруженном уровне токсической нагрузки.

4. Полученные результаты следует учитывать в качестве дополнительного критерия при формировании групп риска среди детского населения, подверженного воздействию химической нагрузки среды обитания, для проведения адресных медико-профилактических и оздоровительных мероприятий.

Применяемые в работе методические подходы легли в основу организационно-методических документов по реализации биомониторинга и применении данных для оценки внутренней экспозиции, по оценке и управлению рисками для здоровья населения. Созданы и внедрены технологии информирования и коммуникации о рисках для здоровья населения (проводится гигиеническое обучение и воспитание детей, подростков, женщин репродуктивного возраста о мерах профилактики и снижения химических рисков).

Список литературы

1. Ахполова В.О., Брин В.Б. Современные представления о кинетике и патогенезе токсического воздействия тяжелых металлов (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий, 2020. – № 1. – С. 55–61.

2. Изучение эффективности метаболической коррекции свободнорадикального окисления с помощью реакций изотопного обмена в организме лабораторных животных при интоксикации, вызванной введением в пищевой рацион хлорида кадмия / Е.В. Барышева, А.Х. Каде, А.А. Басов [и др.] // ВНМТ. – 2014. – Т. 21, № 3. – С. 58–62. DOI: https://doi.org/10.12737/5899

3. Гигиеническая оценка воздействия техногенных химических факторов среды обитания на развитие донозологических изменений иммунной и антиоксидантной систем у детей / М.А. Землянова, В.Н. Звездин, Т.С. Лыхина [и др.] // Здоровье населения и среда обитания. – 2010. – № 3 (204). – С. 21–25.

4. Никонов Б.И., Гурвич В.Б., Малых О.Л. Организация и проведение оценки содержания токсических элементов в биологических материалах: пособие для врачей. – Екатеринбург, 2004. – 32 с.

5. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. – С. 10–11.

6. Островская С.С. Токсические эффекты кадмия // Вісник проблем біології і медицини. – 2014. – Вып. 2. – Т. 3 (109). – С. 33–38.

7. Плотникова И.А. Комплексный подход к оценке состояния здоровья и эффективности реабилитационных мероприятий у детей, проживающих в условиях воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды: дис. … д-ра мед. наук. – Екатеринбург, 2011. – 300 с.

8. Связь доклинических изменений в почках у детей дошкольного возраста с содержанием кадмия и свинца в моче / Б.А. Кацнельсон, Л.И. Привалова, С.В. Кузьмин [и др.] // Токсикологический вестник. – 2006. – № 4 (79). – С. 35–41.

9. Темнова О.В., Плотникова И.А., Вялухин С.Г. Шаблоны электронных медицинских документов в формате международного стандарта HL7 CDA Release 2 для системы мониторинга детей с экологически обусловленными заболеваниями для муниципальных детских лечебно-профилактических учреждений: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013611586. – М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2013.

10. Шейбак В.М., Павлюковец А.Ю. Иммунотоксические и иммунорегуляторные эффекты воздействия свинца на организм млекопитающих // Проблемы здоровья и экологии. – 2012. – № 1 (31). – С. 120–125.

11. Kranias E.G., Bers D.M. Calcium and cardiomyopathies // Subcell Biochem. – 2007. – Vol. 45. – P. 523–537. DOI: 10.1007/978-1-4020-6191-2_20

12. Protective role of zinc and magnesium against cadmium nephrotoxicity in male Wistar rats / N. Babaknejad, A.A. Moshtaghie, H. Nayeri [et al.] // Biol Trace Elem Res. – 2016. – Vol. 174. – P. 112–120. DOI: 10.1007/s12011-016-0671-x

13. Yang H., Shu Y. Cadmium transporters in the kidney and cadmium-induced nephrotoxicity // Int. J. Mol. Sci. – 2015. – Vol. 16 (1). – P. 1484–1494. DOI: 10.3390/ijms16011484

Сравнение частоты заболеваний в профессиональных группах по данным опроса и результатам медицинского осмотра

А.Д. Каменева

Саратовский медицинский научный центр гигиены
ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Саратов, Россия

Один из наиболее важных среди обсуждаемых вопросов современной медицинской практики касается взаимоотношений между врачом и пациентом. В ходе периодических медицинских осмотров (ПМО) у пациента нет мотивации быть откровенным с врачом в связи с тем, что врач обязан сообщить работодателю данные о противопоказаниях для продолжения профессиональной деятельности работника, и наличие заболевания может быть связано с потерей рабочего места. При анонимном анкетировании, проводимым врачом, от которого не зависит его дальнейшая сохранность в профессии, пациенты более охотно идут на разговор и сообщают больше информации о своем здоровье. Было обследовано в рамках ПМО и опрошено с помощью анкеты WAI 63 преподавателя школ, 40 воспитателей детских садов и 82 овощевода. В обследование включены старшие возрастные группы в связи с тем, что, как правило, у них имеется большее количество хронических заболеваний, но, несмотря

на это, для них важно продолжение своей трудовой деятельности. В ходе ПМО было выявлено существенное расхождение заболеваний, отмеченных работниками по их собственному мнению, с заболеваниями, установленными врачами-специалистами при осмотре пациентов. С одной стороны, в ходе медицинского осмотра были выявлены новые заболевания, о которых пациенты умолчали или не знали. С другой стороны, имеется большое количество заболеваний, которые не были выявлены в ходе ПМО, но которые пациенты ощущают и не озвучивают врачам-экспертам, участвующим в осмотре, так как эти заболевания влияют на допуск к работе в их профессии. Методика независимого анкетирования может применяться в сочетании с медицинскими осмотрами, позволяя выделять группы риска нарушения здоровья на ранних стадиях.

Ключевые слова: опрос, анкетирование, периодический медицинский осмотр (ПМО).

Одним из наиболее значимых вопросов современной медицинской практики является проблема взаимоотношения между врачом и пациентом. Особенно это важно при проведении ПМО и при выявлении профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний [4]. В ходе периодических медицинских осмотров (ПМО) у пациента нет мотивации быть откровенным с врачом в связи с тем, что врач обязан сообщить работодателю данные о противопоказаниях для продолжения профессиональной деятельности работника, и наличие заболевания может быть связано с потерей рабочего места. Таким образом, теряется момент доверительности в отношениях «врач – пациент». Однако при независимом анкетировании, проводимым врачом, от которого не зависит его дальнейшая сохранность в профессии, пациенты более охотно идут на разговор и сообщают больше информации о своем здоровье.

Цель исследования – сопоставление результатов медицинского осмотра с результатами опроса с помощью анкетирования работников на предмет их осведомленности об имеющихся заболеваниях.

Материалы и методы. В 2020–2021 гг. было проведено сопоставление результатов медицинского осмотра с результатом опроса работников с помощью анкеты Work Ability Index (WAI), которая включает разделы, позволяющие оценить аспекты трудовой жизни. В одном из разделов пациенты указывали, какие у них имеются группы заболеваний [2].

Было обследовано в рамках ПМО и опрошено с помощью анкеты WAI 63 преподавателя школ (61,11 %), 40 воспитателей детских садов (38,82 %) и 82 женщины, работающие в с/х «Весна», (овощеводы). В обследование включены старшие возрастные группы как категории работников, имеющие большее количество хронических заболеваний, но, несмотря на это, для них важно продолжение своей трудовой деятельности.

При опросе пациентов им задавался вопрос об их осведомленности о наличии у них заболеваний различных органов и систем – опорно-двигательной, сердечно-сосудистой, дыхательной, пищеварительной, эндокринной и т.д. После этого результаты были сопоставлены с данными регламентированного периодического медицинского осмотра (ПМО).

Результаты. В ходе ПМО было выявлено существенное расхождение заболеваний работников, отмеченных ими по их собственному мнению, с заболеваниями, установленными врачами-специалистами при осмотре пациентов (таблица).

Процентное соотношение заболеваний по мнению пациентов и результатам ПМО

Группа заболеваний	Воспитатели детских садов		Преподаватели школ		с/х «Весна»	
	Мнение опрошенных, %	Диагноз врачей, %	Мнение опрошенных, %	Диагноз врачей, %	Мнение опрошенных, %	Диагноз врачей, %
Сердечно-сосудистая система	50,5	35,2	29,4	34,7	14,1	7,4
Эндокринная система	22,5	25,1	14,7	28,3	11,0	26,4
Пищеварительная система	9,0	12,5	23,5	10,9	6,8	–
Опухолевые заболевания	–	5,2	–	–	7,9	–
Заболевания мочеполовой системы	–	5,2	–	6,5	1,0	31,4
Заболевания кожи	–	5,2	3,0	4,0	0,5	5,8
Заболевания крови	9,0	5,2	–	–	0,5	–
Заболевания органов чувств	–	4,4	14,4	4,0	23,0	9,9
Заболевания респираторной системы	9,0	–	–	4,4	3,1	3,3
Заболевания опорно-двигательного аппарата	–	2,0	12,0	7,2	20,4	15,8
Травмы	–	–	3,0	–	5,8	–
Заболевания нервной системы	–	–	–	–	5,9	–

Воспитатели детских садов и работницы с/х «Весна» часто предъявляли жалобы на заболевания сердечно-сосудистой системы, в частности на артериальную гипертензию, однако в ходе медицинского осмотра эти диагнозы не были установлены. Вероятно, пациенты осведомлены о своем диагнозе, но они не рассказывают об этом, а при измерении артериального давления непосредственно во время ПМО показатели находились в пределах нормы. Напротив, со стороны эндокринной системы было выявлено большое количество заболеваний, чаще всего встречались ожирение (которое пациенты не признают, считая свои антропометрические данные нормой) и впервые выявленный сахарный диабет 2-го типа. При разговоре с врачом, проводившим опрос в рамках анкеты WAI, они признались, что контроль глюкозы отслеживается только на ПМО. Одновременно с этим у пациентов, которые проходят регулярный контроль глюкозы и прием препаратов, диабет не выявлялся как результат проводимого осмотра.

Кроме того, в связи с изменениями в нормативно-правовой базе, которые произошли 1 апреля 2021 г., овощеводам было проведено ультразвуковое исследование органов малого таза, в ходе чего было выявлено существенное количество воспалительных и опухолевых заболеваний [1]. Это касается и внедрения в медицинские осмотры маммографии, благодаря которой были обнаружены поражения молочных желез, в том числе и онкологические заболевания. Характерно, что при опросе пациентки практически не указывали на заболевания мочеполовой системы, однако это оказалась важной проблемой для большого количества работниц. Также конструктивным явилось общение пациенток с дерматологом, так как благодаря

его осмотру были выявлены заболевания кожи, о которых не говорили опрашиваемые в связи с тем, что некоторые кожные заболевания могут быть противопоказанием к работе у воспитателей и педагогов. Наиболее значимыми являются заболевания опорно-двигательного аппарата у овощеводов, в частности болевой синдром вертеброгенного характера, связанный с тяжестью трудового процесса. Характерно, что при анкетировании работники значительно чаще сообщают эти жалобы, чем врачам при прохождении ПМО, что может быть связано с возможностью потери рабочего места.

Выводы. Прослеживается существенное расхождение между самооценкой здоровья работниками и результатами ПМО. С одной стороны, в ходе медицинского осмотра были выявлены новые заболевания, о которых пациенты умолчали или не знали. С другой стороны, имеется большое количество заболеваний, которые не были выявлены в ходе ПМО, но которые пациенты ощущают и не озвучивают врачам-экспертам, участвующим в осмотре, по причине того, что эти заболевания влияют на допуск к работе по профессии. Среди них артериальная гипертензия и болевой синдром вертеброгенного характера. Таким образом, методика независимого анкетирования может применяться в сочетании с медицинскими осмотрами, что позволяет выделять группы риска нарушения здоровья на ранних стадиях.

Результаты анализа ответов пациентов также могут выявлять сильные и слабые стороны деятельности учреждения и отдельных врачей, разработаны меры по ее оптимизации, например, за счет улучшения психоэмоционального климата общения пациента с медицинским персоналом. Кроме того, это может свидетельствовать и о незнании пациентом своих заболеваний, что может говорить о неоспоримой пользе ПМО [3].

Список литературы

1. Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации, перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры: Приказ Минздрава России от 28.01.2021 № 29н (ред. от 01.02.2022) / зарегистрировано в Минюсте России 29.01.2021 № 62277 [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375353/ (дата обращения: 10.03.2022).

2. Оценка информативности уровня работоспособности по анкетам «Work Ability Index» / И.В. Бухтияров, Т.Н. Хамитов, Н.К. Смагулов [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – № 1. – С. 4–8. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-1-4-8

3. Развитие форм взаимодействия медицинских специалистов с пациентами / Р.А. Хальфин, Л.Е. Сырцова, Д.П. Львова, А.М. Алленов // Российский психиатрический журнал – 2018. – № 5. – С. 10–18.

4. Трубецков А.Д., Наумова Е.А., Шварц Ю.Г. Периодические медицинские осмотры: проблема конкордантности // Медицина труда и промышленная экология. – 2007. – № 9. – С. 6–10.

Идентификация протеомных маркеров негативных эффектов со стороны нейроэндокринной и иммунной систем у детей с повышенным содержанием алюминия и фторид-иона в моче

Ю.В. Кольдибекова[1], М.А. Землянова[1,2], Н.И. Булатова[1], О.В. Пустовалова[1]

[1]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2]ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Пермь, Россия

Особую значимость в настоящее время составляют исследования, направленные на идентификацию молекулярно-клеточных изменений гомеостаза, выявление омик-маркеров для прогнозирования и раннего выявления негативных эффектов со стороны органов-мишеней, а также для разработки мер профилактики последствий, ассоциированных с воздействием химических веществ. С целью идентификации протеомных маркеров негативных эффектов со стороны нейроэндокринной и иммунной систем у детей с повышенным содержанием алюминия и фторид-иона в моче выполнено химико-аналитическое и протеомное исследования плазмы крови детей, моделирование причинно-следственных связей. В результате протеомного анализа плазмы крови определены порядка 25 достоверно отличающихся по объему и интенсивности белковых пятен у детей группы наблюдения относительно контроля. В молекулярном профиле плазмы крови детей с повышенным содержанием алюминия и фторид-иона в моче выявлено достоверное увеличение таких белковых маркеров, как транстиретин, ТНО комплексная субъединица 2, J-цепь иммуноглобулина. Установлена многофакторная причинно-следственная связь между повышением уровня транстиретина, J-цепи иммуноглобулина и концентрацией алюминия и фторид-иона в моче. Индикаторными омик-маркерами прогнозируемых негативных ответов и генами, кодирующими их экспрессию, у детей с повышенным содержанием алюминия и фторид-иона в моче являются J-цепь иммуноглобулина (ген JCHAIN), экспрессия которого детерминирует адаптивные перестройки иммунного ответа; транстиретин (ген TTR), экспрессия которого характеризует ингибирование ретинол-опосредованного механизма нейропротекции.

Ключевые слова: алюминий и фторид-ион в моче, протеомный профиль плазмы крови, нейроэндокринная и иммунная системы, транстиретин, ТНО комплексная субъединица 2, J-цепь иммуноглобулина.

Химические факторы среды обитания, в первую очередь атмосферного воздуха, в составе выбросов промышленных предприятий оказывают или могут оказывать неблагоприятное воздействие на человека и на состояние здоровья будущих поколений. В ряде субъектов Российской Федерации с размещением крупных промышленных предприятий металлургического профиля формируются загрязнения атмосферного воздуха химическими веществами, к числу которых относятся специфичные для алюминиевого производства соединения алюминия и фтора. По степени опасности

воздействия на организм человека данные вещества относят ко второму классу опасности. Представленные соединения при совместном хроническом поступлении могут выступать в качестве триггеров процессов нарушения гомеостаза, дегенерации и гибели клеток, дисбаланса нейромедиаторов и гормонов, снижения иммунитета, следствием чего может являться развитие функциональных нарушений со стороны нейроэндокринной и иммунной системы [2, 4, 9]. Поскольку первичное звено взаимодействия химических веществ и организма человека реализуется преимущественно на молекулярно-клеточном уровне гомеостаза, особую значимость составляет идентификация его изменений. Исследование и оценка изменения уровня омик-маркеров являются актуальными для прогнозирования и раннего выявления негативных эффектов со стороны органов-мишеней, а также для разработки мер профилактики последствий, ассоциированных с аэрогенным воздействием химических веществ.

Цель исследования – идентификация протеомных маркеров негативных эффектов со стороны нейроэндокринной и иммунной систем у детей с повышенным содержанием алюминия и фторид-иона в моче.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись образцы плазмы крови 20 детей в возрасте 4–6 лет, имеющих повышенное содержание алюминия и фторид-иона в моче (группа наблюдения) и 10 детей с содержанием в моче изучаемых химических веществ, соответствующих минимальным или референтным значениям (группа контроля).

Настоящие исследования выполнены с соблюдением этических требований Хельсинкской декларации (ред. 2013 г.) и одобрены этическим комитетом ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора. Сравниваемые группы сопоставимы по гендерному признаку, возрастному критерию и не имеют различий по социально-экономическим факторам риска здоровью. Законные представители детей добровольно подписали информированное согласие на участие и публикацию данных несовершеннолетних, участвующих в обследовании.

Химико-аналитическое исследование мочи на содержание алюминия и фторид-иона осуществляли в соответствии с действующими в Российской Федерации методическими указаниями «Количественное определение ионов фтора в моче с использованием ионселективного электрода» (МУК 4.1.773-99) и «Измерение массовой концентрации алюминия в биологических средах (кровь, моча) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой» (МУК 4.1.3589-19). Использовано аналитическое оборудование: ионселективный электрод на лабораторном иономере И-160М (ООО «Антех», Беларусь) и масс-спектрометр Agilent 7500cx (Agilent Technologies Inc., США) (зав. отделом химико-аналитических методов исследования д-р биол. наук Т.С. Уланова).

Исследование протеомного профиля плазмы крови детей группы наблюдения и контроля выполнено по технологии двухмерного электрофореза в полиакриламидном геле в соответствии с методиками, рекомендованными для используемого оборудования[1]. Полученные электрофореграммы плазмы крови визуализировали мето-

[1] PROTEAN i12 IEF System. Instruction Manual [Электронный ресурс]. – URL: https://www.bio-rad.com/webroot/web/pdf/lsr/literature/10022069A.pdf (дата обращения: 09.02.2022); PROTEAN II xi cell. PROTEAN II xi 2-D cell. Instruction Manual [Электронный ресурс]. – URL: https://www.bio-rad.com/webroot/web/pdf/lsr/literature/M1651801.pdf (дата обращения: 09.02.2022); ReadyPrep 2-D starter Kit. Instruction manual [Электронный ресурс]. – URL: https://www.bio-rad.com/webroot/web/pdf/lsr/literature/4110009A.pdf (дата обращения: 09.02.2022).

дом окраски серебром и документировали с помощью системы для гель-документирования (BioRad, США). Анализ полученных протеомных карт проводили с помощью программного комплекса PDQuest (Bio-Rad, США). В полученной протеинограмме выделяли значимые белковые пятна по их интенсивности и проводили последующий анализ методом жидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрическим анализом (на хроматографе UltiMate 3000 (Германия) и тандемном масс-спектрометре ABSciex 4000 QTRAP с источником ионизации Nanospray 3 (Канада)). Данные тандемных экспериментов обрабатывались программой ProteinPilot, версия 4.5 (AB SCIEX), с идентификацией по базе данных UniProt_sprot_fasta (от 24.11.2017), с выборкой по таксону Homo Sapience. Основная часть информации о полученных белках экстрагирована из баз данных UniProt (http://www.uniprot.org). Определение гена, которому соответствует идентифицированный белок, выполнено с помощью базы данных HGNC database of human gene name[2].

Характеристики выборок представляли в виде среднего значения (*M*) и ошибки репрезентативности (*m*). Статистическую значимость различий переменных между группами наблюдения и сравнения определяли по критерию Манна – Уитни. Статистическую обработку данных осуществляли с помощью пакета программ Statistica 10.

Маркерные белковые пятна обосновывали на основании полученных моделей зависимостей «химические факторы в моче – статистически значимое пятно», описываемых уравнением множественной линейной регрессии по формуле (1):

$$y_j = b_{0j} + \sum_i b_{ij} x_i \ , \qquad (1)$$

где y_j – зависимая переменная, показатель *j*-го пятна; x_i – независимые переменные, *i*-й влияющий фактор; b_{0j}, b_{ij} – коэффициенты модели.

Достоверность полученных моделей оценивали на основе дисперсионного анализа с помощью *F*-критерия Фишера. Достоверность параметров модели оценивали по *t*-критерию Стъюдента. Вклад факторов в изменения зависимой переменной оценивали по коэффициенту детерминации (R^2). Критерием статистической значимости являлась величина $p \leq 0{,}05$.

Анализ биологической функции идентифицированных белков и пептидов проводили по данным отечественных и зарубежных аннотируемых научных источников.

Результаты. Анализ результатов химико-аналитических исследований мочи на содержание алюминия и фторид-иона позволил установить, что у детей в группе наблюдения относительно данных контрольной группы выявлен повышенный уровень алюминия (0,011 ± 0,001 мг/дм^3) в 2,8 раза (p = 0,0001) и фторид-иона (0,690 ± 0,140 мг/дм^3) в 1,2 раза (p = 0,045).

В результате протеомного анализа плазмы крови обследованных детей определены порядка 25 достоверно отличающихся по объему и интенсивности белковых пятен у детей группы наблюдения относительно контрольных данных (таблица).

Анализ биологической функции белков по аннотациям базы данных UniProt позволила установить три белка (транстиретин, ТНО комплексная субъединица 2, J-цепь иммуноглобулина), изменения уровня которых отражают состояние нейроэндокринной и иммунной систем.

[2] The resource for approved human gene nomenclature: веб-сайт [Электронный ресурс] // HGNC: HUGO Gene Nomenclature Committee. – URL: https://www.genenames.org/ (дата обращения: 10.12.2021).

Белки и детерминирующие их экспрессию гены протеомного профиля плазмы крови детей с повышенным содержанием алюминия и фторид-иона в моче

Наименование белка	Относительный объем белкового пятна ($M \pm m$), int**		Межгрупповое различие, $p \leq 0{,}05$	Ген, детерминирующий экспрессию белка
	группа наблюдения, $n = 20$	группа контроля, $n = 10$		
Кератин 9	1406,3 ± 148,7	2232,5 ± 272,2	0,0001	KRT9
Band4.1-подобный белок	1890,6 ± 56,2	2833,8 ± 135,7	0,0001	EPB41L3
Инозитол 1,4,5-трисфосфатный рецептор взаимодействующий белокподобный 1	1736,9 ± 56,2	2743,4 ± 304,4	0,0001	ITPRIPL1
Бета-субъединица гемоглобина	2350,7 ± 161,6	1447,9 ± 253,0	0,0001	HBB
Аполипопротеин А-I	66,5 ± 61,5	2435,4 ± 148,4	0,0001	APOA1
J-цепь иммуноглобулина	2547,5 ± 118,0	94,0 ± 81,0	0,0001	JCHAIN
THO комплексная субъединица 2	3157,5 ± 65,4	2983,4 ± 61,1	0,0001	THOC2
Nck-ассоциированный белок 5	2586,6 ± 105,1	2840,3 ± 92,5	0,0001	NCKAP5L
GRB10-взаимодействующий GYF-белок 1	2340,7 ± 183,3	95,4 ± 61,4	0,0001	GIGYF1
Кельч-подобный белок 4	1806,6 ± 78,0	100,5 ± 76,9	0,0001	KLHL4
Протромбин	1893,7 ± 117,3	1724,6 ± 47,4	0,009	F2
Дополнение С4-В	2749,8 ± 56,0	1821,2 ± 259,7	0,0001	C4B
Анкирин-1	1765,6 ± 91,0	454,2 ± 505,1	0,0001	ANK1
Транспортный холиноподобный белок 3	1715,2 ± 123,0	72,7 ± 71,0	0,0001	SLC44A3
Обонятельный рецептор 8А1	1712,1 ± 123,7	518,5 ± 248,0	0,0001	OR8A1
Транстиретин	3966,9 ± 189,3	2344,4 ± 300,2	0,0001	TTR
Витронектин	3568,8 ± 233,2	1844,1 ± 142,6	0,0001	VTN
Тирозин-протеинфосфатаза нерецепторного типа 14	1639,1 ± 156,8	99,5 ± 95,63	0,0001	PTPN14
Фактор терминации транскрипции 1	3109,5 ± 75,2	3342,2 ± 118,7	0,001	TTF1
Аполипопротеин С-III	4249,6 ± 250,1	3027,4 ± 250,1	0,0001	APOC3
Аполипопротеин С-II	3802,7 ± 272,0	2326,7 ± 295,1	0,0001	APOC2
Сывороточный амилоидный белок А-1	2362,28 ± 154,1	61,8 ± 59,7	0,0001	SAA1

Транстиретин – белок, осуществляющий транспорт тироидных гормонов и ретинола, которые, в свою очередь, участвуют в регуляции цитоархитектоники, нейрональном росте и синаптогенезе, а также активно влияют на процессы памяти, обучения и поведения [1]. В данном исследовании показано, что у детей группы наблюдения относительно группы контроля установлен повышенный в 1,7 раза уровень транстиретина ($p = 0{,}0001$). По данным зарубежной литературы транскрипция и дальнейший синтез транстиретина могут приводить к ингибированию ретинол-опосредованного механизма нейропротективного действия, снижению роста нейритов и поглощению ретинола активации [5].

THO комплексная субъединица 2 представляет собой консервативный РНК-связывающий компонент, вовлеченный в экспорт мРНК, играет важную роль для правильного развития нейронов. Функциями нейронов являются получение информации и ее передача посредством электрических импульсов по всем каналам коммуникации нервной системы – нейрогенез [8]. У детей группы наблюдения установлено достоверное повышение уровня THO комплексной субъединицы 2 относительно аналогичного белка у детей в контрольной группе ($p = 0{,}0001$). Экспрессия данного белка, по-видимому, может приводить к изменению развития нейронов, что, в свою очередь, влияет на адаптивный нейрогенез.

Основная функция J-цепи иммуноглобулина заключается в инициации полимеризации IgM и IgA [7]. Включение J-цепи в полимерный IgA и пентамерный IgM придает этим антителам высокую валентность антигенсвязывающих сайтов и нулевой потенциал активации комплемента. Данные изменения обусловливают способность иммуноглобулинов агглютинировать бактерии и вирусы, что не позволяет им инициировать каскад воспалительных реакций. Тем самым секреторные антитела образуют «первую линию» защиты от патогенов и вредных веществ, которые проникают в организм через слизистые оболочки [6]. При комбинированном действии алюминия и фторсодержащих соединений наблюдается повышение в 27,0 раза относительного объема пятна, содержащего J-цепь иммуноглобулина, что может свидетельствовать об адаптивных перестройках иммунного ответа с дальнейшим развитием дефицита IgA и IgM, характерного для хронического воспаления [3].

Увеличение содержания перечисленных белков, за исключением THO комплексной субъединицы 2, в плазме крови детей имеет установленную причинно-следственную связь с повышенной концентрацией фторид-иона и алюминия в моче. Параметры модели для транстиретина: $R^2 = 0{,}11$; $b_0 = 3227{,}49$; $b_1 = 12023{,}09$; $b_2 = 350{,}27$; ($p = 0{,}004$) и J-цепи иммуноглобулина: $R^2 = 0{,}06$; $b_0 = 1804{,}56$; $b_1 = 5767{,}11$; $b_2 = 206{,}47$; ($p = 0{,}030$).

Таким образом, идентификация изменений белков плазмы крови – транстиретина и J-цепи иммуноглобулина – актуальна для ранней диагностики, прогноза, оценки и предупреждения риска развития заболеваний нейроэндокринной и иммунной систем, ассоциированных с длительным аэрогенным комбинированным воздействием одновременно соединений алюминия и фтора.

Выводы:

1. В молекулярном профиле плазмы крови детей с повышенным содержанием алюминия и фторид-иона в моче выявлено достоверное увеличение белковых маркеров (транстиретина, THO комплексной субъединицы 2, J-цепи иммуноглобулина).

2. Установлена многофакторная причинно-следственная связь между повышением уровня транстиретина и J-цепи иммуноглобулина и концентрацией алюминия и фторид-иона в моче.

3. Индикаторными омик-маркерами прогнозируемых негативных ответов и генами, кодирующими их экспрессию, у детей с повышенным содержанием алюминия и фторид-иона в моче являются J-цепь иммуноглобулина (ген JCHAIN), экспрессия которого детерминирует адаптивные перестройки иммунного ответа; транстиретин (ген TTR), чья экспрессия характеризует ингибирование ретинол-опосредованного механизма нейропротекции.

Список литературы

1. Возможная роль транстиретина в биологическом механизме пептидной нейропротекции / Т.В. Вьюнова, Е.В.Медведева, Л.А. Андреева, Л.В. Дергунова, С.А. Лимборская, Н.Ф. Мясоедов // Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. – 2016. – № 3. – С. 104–106.

2. Донских И.В. Влияние фтора и его соединений на здоровье населения (Обзор данных литературы) // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2013. – № 3 (91). – Ч. 2. – С. 179–185.

3. Москалец О.В. Иммуноглобулин А и его селективный дефицит // Казанский медицинский журнал. – 2017. – Т. 98, № 5. – С. 809–813. DOI: 10.17750/KMJ2017-809

4. Шалина Т.И., Васильева Л.С. Общие вопросы токсического действия фтора // Сибирский медицинский журнал. – 2009. – № 5. – С. 5–9.

5. CD4 + T Cells Affect the Thyroid Hormone Transport at the Choroid Plexus in Mice Raised in Enriched Environment / H. Zarif, A. Paquet, K. Lebrigand, M.-J. Arguel, C. Heurteaux, N. Glaichenhaus, J. Chabry, A. Guyon, A. Petit-Paitel // Neuroimmunomodulation. – 2019. – P. 1–8. DOI: 10.1159/000495987

6. Johansen F.E., Braathen R., Brandtzaeg P. Role of J chain in secretory immunoglobulin formation // Scand. J. Immunol. – 2000. – Vol. 52, № 3. – P. 240–248. DOI: 10.1046/j.1365-3083.2000.00790.x

7. Koshland M.E. The coming of age of the immunoglobulin J chain // Annu. Rev. Immunol. – 1985. – Vol. 3. – P. 425–453. DOI: 10.1146/annurev.iy.03.040185.002233

8. THOC2 Mutations Implicate mRNA-Export Pathway in X-Linked Intellectual Disability / R. Kumar, M.A. Corbett, B. van Bon, J.A.Woenig, L. Weir, E. Douglas, K.L. Friend, A. Gardner, M. Shaw, L.A. Jolly, Ch. Tan, M.F. Hunter, A.Hackett, M. Field, E.E. Palmer, M. Leffler, C. Rogers, J. Boyle, M. Bienek, C. Jensen, G. Van Buggenhout, H. Van Esch, K. Hoffmann, M. Raynaud, H. Zhao, R.Reed, H. Hu, S.A. Haas, E. Haan, V.M. Kalscheuer, J. Gecz // The American Journal of Human Genetics. – 2015. – № 97. – P. 1–9.

9. Yokel R. The toxicology of aluminum in the brain // Neurotoxicology. – 2000. – № 21 (5). – P. 813–829.

Оценка нейродинамических свойств нервной системы пожарных в зависимости от полиморфных вариантов генов регуляторов метаболизма (TFAM, ACTN3, PPARA и PPARGC1A)

В.Е. Крийт, Ю.Н. Сладкова

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора,
г. Санкт-Петербург, Россия

Ликвидация пожаров различной локализации связана с воздействием комплекса вредных химических и физических факторов. Токсичные продукты горения представляют наибольшую опасность, что может быть связано со значительным количеством выделяющихся химических веществ при горении строительных материалов. Необходимо отметить невозможность определения в момент пожара как качественных, так и количественных характеристик образующихся веществ и прогнозирования токсического эффекта от их воздействия. Постоянным компонентом среди продуктов горения является монооксид углерода (CO), токсическое действие которого проявляется в органах и тканях, потребляющих значительное количество кислорода. Отдаленные неврологические нарушения имеют комбинированный характер, а их развитие является вторичным. Цель настоящей работы заключалась в проведении нейрофизиологической оценки биологического отклика при воздействии ток-

сичных продуктов горения на организм пожарных в зависимости от полиморфных вариантов генов регуляторов метаболизма. Полученные результаты свидетельствуют о снижении уровня нейродинамических свойств нервной системы у пожарных с генотипами генов регуляторов метаболизма, ассоциированными с низкой аэробной производительностью (TFAM Ser/Ser, ACTN3 R/R, PPARA C/C и PPARGC1A Ser/Ser). Учитывая, что наибольшие негативные изменения определяются у носителей полиморфных вариантов генов регуляторов метаболизма, связанных с уменьшением аэробной производительности, можно говорить о значении в формировании этих изменений длительного воздействия монооксида углерода.

Ключевые слова: пожарные, монооксид углерода, полиморфизм генов, гены регуляторы метаболизма.

При ликвидации пожаров различной локализации на организм пожарных воздействует комплекс вредных химических и физических факторов. Среди них наибольшую опасность представляют токсичные продукты горения [2, 7, 12, 16]. Это связывают с большим количеством выделяющихся при горении токсичных веществ и невозможностью прогнозирования токсического эффекта от их воздействия. Кроме того, представляется практически невозможным определение в момент пожара как качественных, так и количественных характеристик образующихся веществ [10, 14, 15]. Постоянным компонентом сложных смесей загрязняющих веществ в воздушной среде зоны пожаротушения является монооксид углерода (CO). Его выделение обусловлено горением углеродсодержащих соединений, при этом максимальные концентрации достигаются в условиях недостатка кислорода [4, 5, 9]. Токсическое действие монооксида углерода проявляется в органах и тканях, потребляющих значительное количество кислорода. При гемическом типе гипоксии основной мишенью монооксида углерода является нервная система. Однако только развитием гемической гипоксии поражающее действие CO не может быть объяснено. Патогенетические механизмы отравления CO представляют только частичное объяснение отдаленных неврологических нарушений, связанных с реоксигенационным повреждением, активацией процессов свободнорадикального окисления, появлением амино- и нейротрансмиттеров, ключевым звеном которых является связывание оксида углерода с различными металлоферментами: цитохромоксидазой, гуанилатциклазой, цитохромом P-450, триптофан оксигеназой, дофамин гидроксилазой и др. [6, 8, 13]. Поэтому нарушения со стороны нервной системы имеют комбинированный характер, а их развитие является вторичным.

Формирование хронического отравления монооксидом углерода долгое время подвергалось серьезной критике, однако в настоящее время не вызывает сомнений. Длительное воздействие монооксида углерода на организм человека даже в малых концентрациях способно вызывать серьезные повреждения и приводить к неврологическим заболеваниям и пожизненной инвалидности. Хроническое отравление может возникать при длительном вдыхании воздуха с содержанием монооксида углерода в концентрациях 10–50 мг/м^3, при этом в крови обнаруживается 3–13 % карбоксигемоглобина [1, 5].

Выполнение пожарными поставленных боевых задач, как правило, связано со значительными физическими нагрузками в условиях гипоксии. При этом несоответствие нагрузок физиологическим резервам организма может приводить к нарушениям регуляции функциональных систем, что обусловливает высокие требования к состоянию здоровья и уровню адаптационного потенциала у данного контингента [11]. В настоящее время наиболее перспективным методом, позволяющим

определять группы лиц для выполнения задач в экстремальных условиях, является определение генетической предрасположенности к высокому уровню устойчивости к физическим нагрузкам [19, 20].

Проведение исследования было разделено на два этапа. На первом этапе были определены концентрации СО в приземном воздухе при пожаротушении на 56 объектах различной локализации с применением газоанализатора. В качестве маркера воздействия монооксида углерода в настоящем исследовании был использован показатель содержания карбоксигемоглобина в крови. Обследовали 252 сотрудника ФПС МЧС России, занимающихся непосредственно пожаротушением (далее – пожарные). Исследования выполнялись непосредственно после пожаротушения и через 3 и 8 ч после окончания работ по ликвидации пожара с помощью прибора Micro CO, позволяющего получать информацию о концентрации СО в выдыхаемом воздухе в ppm и % COHb.

В зоне пожаротушения полученные средние концентрации монооксида углерода в воздухе составляли от 572,3 ± 2,7 мг/м^3 на сельскохозяйственных объектах до 650,7 ± 3,4 мг/м^3 на промышленных предприятиях. Через сутки после ликвидации пожара концентрации СО в приземном воздухе снижались практически до ПДК в воздухе рабочей зоны и составляли на сельскохозяйственных и лесных объектах от 14,4 ± 0,8 мг/м^3 до 16,7 ± 0,4 мг/м^3, на промышленных предприятиях и в жилых домах – от 24,5 ± 0,3 мг/м^3 до 31,2 ± 0,5 мг/м^3.

Содержание карбоксигемоглобина в крови обследованных лиц после пожаротушения составило (24,6 ± 0,6) – (28,4 ± 0,7) %, через 3 ч – (20,9 ± 0,4) – (22,7 ± 0,5) %, через 8 ч – (11,8 ± 0,3) – (14,4 ± 0,6) %. Минимальные значения были получены после ликвидации пожаров на лесных и сельскохозяйственных объектах, максимальные – после ликвидации пожаров на промышленных предприятиях и в жилых домах. Полученные данные свидетельствуют о крайне высоком содержании карбоксигемоглобина в крови пожарных после пожаротушения, через 8 ч после пожаротушения ассоциированный с гемоглобином монооксид углерода (% COHb) в несколько раз превышал нормальные значения.

На втором этапе исследования у пожарных оценивали нейродинамические свойства нервной системы. В контрольную группу вошли 86 спасателей, не участвующих непосредственно в пожаротушении.

Возраст обследованных лиц составил 32,7 ± 9,2 г.

В зависимости от стажа работы по специальности пожарные были разделены на три группы: первая группа – стаж работы до 1 года, вторая группа – стаж работы 2–5 лет, третья группа – стаж работы 6 лет и более. Контрольную группу не делили на подгруппы по стажу, так как в этой группе не было выявлено достоверных различий оцениваемых показателей.

Генотипирование проводили по четырем кандидатным генам регуляторам метаболизма (TFAM, ACTN3, PPARA, PPARGC1A) [17, 18, 20]. Основной метод исследования – полимеразно-цепная реакция (ПЦР). Оценку частоты аллелей проводили с помощью анализа полиморфизма длин рестрикционных фрагментов. Распределение частот аллелей генов у обследуемых лиц представлено в табл. 1.

Среди генотипов генов ACTN3, TFAM, PPARA и PPARGC1A у пожарных превалировали генотипы с аллелями, ассоциированными с преобладанием склонности к аэробному метаболизму (табл. 2). Это обусловливает повышенную выносливость при гипоксической нагрузке [3].

Таблица 1

Распространенность отдельных аллелей генов TFAM, ACTN3, PPARA и PPARGC1A у обследуемых пожарных

Ген	Аллель	Частота, %
TFAM	Thr	41
	Ser	49
ACTN3	X	64
	R	36
PPARA	G	67
	C	23
PPARGC1A	Gly	71
	Ser	29

Таблица 2

Распространенность генотипов генов ACTN3, TFAM, PPARA и PPARGC1A у пожарных и в контрольной группе

%/*n*	ACTN3			TFAM			PPARA			PPARGC1A		
	X/X	R/X	R/R	Thr/Thr	Thr/Ser	Ser/Ser	G/G	G/C	C/C	Gly/Gly	Gly/Ser	Ser/Ser
Пожарные (основная группа)												
%	42,3	43,2	14,5	28,7	34,6	36,7	47,3	26,5	26,2	41,4	36,3	22,3
n	107	108	37	72	87	93	121	66	65	105	93	54
Спасатели (контрольная группа)												
%	54,2	31,2	14,6	32,5	38,7	28,8	39,3	21,4	39,3	45,2	32,4	22,4
n	47	27	12	29	33	24	34	18	34	39	28	19

Для оценки нейродинамических свойств нервной системы использовали общепринятые методики: реакцию на движущийся объект (РДО), корректурную пробу с кольцами Ландольта (КорПК), простую зрительно-моторную реакцию (ПЗРМ) и красно-черную таблицу (КЧТ).

Изменения показателей нейродинамических свойств нервной системы у пожарных с различными полиморфными вариантами генов регуляторов метаболизма в зависимости от стажа в сравнении с контрольной группой в данной работе представлены на примере гена TFAM (табл. 3, 4).

Таблица 3

Показатели нейродинамических свойств нервной системы у спасателей контрольной группы с различными полиморфными вариантами гена TFAM, $M \pm m$

Показатель		Спасатели (контроль)		
		Thr/Thr	Thr/Ser	Ser/Ser
n		29	33	24
ПЗМР, мс		209,62 ± 2,26	214,42 ± 1,93	216,73 ± 2,23
Q, бит/с		1,74 ± 0,05	1,71 ± 0,03	1,65 ± 0,02
РДО	Точные реакции	14,82 ± 0,04	14,57 ± 0,03	14,43 ± 0,02
	Опережающие реакции	7,35 ± 0,04	8,13 ± 0,02	7,24 ± 0,02
	Запаздывающие реакции	7,76 ± 0,04	6,92 ± 0,05	7,53 ± 0,03
Время выполнения теста «Красно-черная таблица», с		125,7 ± 2,5	136,4 ± 2,2	137,7 ± 2,5
Количество ошибок теста «Красно-черная таблица»		2,21 ± 0,06	2,79 ± 0,05	3,08 ± 0,04

Таблица 4

Показатели нейродинамических свойств нервной системы у пожарных с различными полиморфными вариантами гена TFAM в зависимости от стажа, $M \pm m$

Показатель		Пожарные, стаж работы, лет								
		0–1			2–5			6 и более		
		Thr/Thr	Thr/Ser	Ser/Ser	Thr/Thr	Thr/Ser	Ser/Ser	Thr/Thr	Thr/Ser	Ser/Ser
n		23	29	29	31	32	33	18	26	31
ПЗМР, мс		211,25 ± 2,17	212,35 ± 1,85	214,64 ± 2,15	232,21 ± 2,31*	229,42 ± 1,96#	243,17 ± 1,23*	259,41 ± 2,51#*	238,17 ± 2,34#	232,64 ± 2,36
Q, бит/с		1,72 ± 0,04	1,69 ± 0,01	1,67 ± 0,02	1,42 0,05#	1,35 ± 0,03#	1,32 ± 0,04	1,19 ± 0,04*	1,21 ± 0,02	1,25 ± 0,07
РДО	Точные реакции	14,62 ± 0,05	14,53 ± 0,06	14,78 ± 0,04	13,62 ± 0,07#	12,83 ± 0,04#	9,24 ± 0,05	9,85 ± 0,05*	9,26 ± 0,03*	8,27 ± 0,03
	Опережающие реакции	8,33 ± 0,06	8,48 ± 0,03	8,23 ± 0,02	8,7 ± 0,03#	9,52 ± 0,04#	11,24 ± 0,04	7,62 ± 0,02*	7,36 ± 0,02#*	8,84 ± 0,02
	Запаздывающие реакции	8,42 ± 0,04	8,13 ± 0,04	8,34 ± 0,03	8,95 ± 0,02	9,43 ± 1,02	9,72 ± 0,01	14,51 ± 0,04#	14,94 ± 0,02*	14,54 ± 0,03
Время выполнения теста «Красно-черная таблица», с		126,3 ± 1,9	132,4 ± 2,3	134,2 ± 2,7	142,1 ± 1,8*#	145,3 ± 2,1#	157,6 ± 1,7	165,4 ± 1,8#*	172,8 ± 2,5*#	204,5 ± 2,7
Количество ошибок теста «Красно-черная таблица»		2,26 ± 0,07	2,49 ± 0,05	3,31 ± 0,04	4,41 ± 0,04#	4,72 ± 0,03#	5,34 ± 0,05	6,14 ± 0,03#	7,38 ± 0,07#	8,96 ± 0,07

Примечание: # – различия относительно носителей генотипа TFAM Ser/Ser аналогичной стажевой группы; * – различия относительно контрольной группы; $p \leq 0{,}01$.

По результатам проведенных исследований было установлено, что по данным методики РДО у пожарных, носителей генотипа TFAM Ser/Ser, со стажем более 2 лет количество точных реакций почти в 2 раза меньше, чем в контрольной группе, что свидетельствует о негативном изменении нейродинамических свойств центральной нервной системы. В то же время различия показателей РДО у пожарных, носителей генотипа TFAM Ser/Ser, со стажем более 6 лет относительно контрольной группы более выражены, чем у пожарных со стажем до 5 лет, что свидетельствует об эффекте кумуляции нарушений регуляции высшей нервной деятельности под влиянием токсичных продуктов горения. Также это подтверждается анализом показателей скорости обработки информации по методике с кольцами Ландольта: у пожарных, носителей TFAM Ser/Ser, при стаже более 2 лет показатели достоверно ниже относительно пожарных, носителей TFAM Thr/Thr, той же стажевой группы и относительно данных контрольной группы. Анализ результатов теста «Красно-черная таблица» свидетельствует о большем количестве ошибок и времени выполнения теста у пожарных, носителей генотипа TFAM Ser/Ser, со стажем более 2 лет, чем у пожарных с таким же стажем и генотипом TFAM Thr/Thr, а также относительно данных контрольной группы.

Результаты, полученные в исследовании, свидетельствуют о снижении уровня нейродинамических свойств нервной системы у пожарных с генотипом TFAM Ser/Ser, ассоциированном с низкой аэробной производительностью. Аналогичные изменения показателей нейродинамических свойств нервной системы выявлены у пожарных, носителей генотипов ACTN3 R/R, PPARA C/C и PPARGC1A Ser/Ser.

Учитывая, что наибольшие негативные изменения определяются у носителей полиморфных вариантов генов регуляторов метаболизма, связанных с уменьшением аэробной производительности, можно говорить о значении в формировании этих изменений длительного воздействия монооксида углерода.

Список литературы

1. Алборова М.А., Доника А.Д. Монооксид углерода как токсический маркер урбанизированных территорий // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 8. – С. 80.

2. Бокатуев П.С. Влияние продуктов горения на здоровье пожарного и его трудоспособность // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности: материалы VI Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей / под общ. ред. Н.Ю. Ермиловой, И.Е. Степановой. – Волгоград, 22–27 апреля 2019 г. – С. 127–129.

3. Глотов О.С., Глотов А.С., Асеев М.В. Способ определения предрасположенности человека к различным видам физической работоспособности и генетическая панель для осуществления этого способа: патент на изобретение № 2304775. – 2006.

4. Ищенко А.Д., Коннова Л.А. Комплексный подход к минимизации последствий токсического воздействия дыма на пожарных // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России: научно-аналитический журнал. – 2012. – № 1. – С. 1–11.

5. Мартинович Н.В., Татаркин И.Н., Антонов А.В. Влияние монооксида углерода на личный состав пожарно-спасательных подразделений // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России: научно-аналитический журнал. – 2014. – № 2. – С. 1–6.

6. Мартинович Н.В., Татаркин И.Н., Антонов А.В. Некоторые токсикологические аспекты деятельности личного состава пожарной охраны // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2014. – № 1 (3). – С. 231–234.

7. Николаева Л.В., Горшков А.Г. Пути снижения негативного влияния опасных факторов рабочей среды пожарных // Актуальные вопросы пожаротушения: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – Иваново, 30 мая 2019 г. – С. 92–95.

8. Острое отравление монооксидом углерода – проблема токсикологическая и неврологическая / Ю.В. Зобнин, А.А. Немцева, Д.В. Перфилев, А.Б. Третьяков // Научный медицинский вестник Югры. – 2019. – № 1 (19). – С. 33–38. DOI: 10.25017/2306-1367-2019-19-1-33-38

9. Оценка влияния продуктов горения на личный состав пожарно-спасательных подразделений при выполнении действий по тушению пожаров / А.А. Мельник, А.В. Антонов, Н.В. Мартинович, И.Н. Татаркин // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2018. – № 3 (10). – С. 33–37.

10. Пузач С.В., Смагин А.В., Мань Доан Вьет. Оценка защищенности человека на пожаре от воздействия токсичных газов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2009. – № 1. – С. 28–37.

11. Серова Л.К. Профессиональный отбор в спорте: учебное пособие для высших учебных заведений физической культуры. – М.: Человек, 2011. – 160 с.

12. Сметанникова А.П. Воздействие продуктов горения пластмасс на организм человека // Новая наука: от идеи к результату. – 2016. – № 12–4. – С. 213–215.

13. Толкач П.Г., Башарин В.А., Сарманаев С.Х. Перспективные направления коррекции нейротоксических нарушений при поражении монооксидом углерода (обзор литературы) // Токсикологический вестник. – 2017. – № 2 (143). – С. 27–34. DOI: 10.36946/0869-7922-2017-2-27-34

14. Химические вещества как поражающий фактор пожаров / В.А. Башарин, А.Н. Гребенюк, Н.Ф. Маркизова [и др.] // Военно-медицинский журнал. – 2015. – Т. 336, № 1. – С. 22–28.

15. Чепрасов С.А. Вредные вещества, поступающие в атмосферу при пожарах // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2016. – № 1–1 (7). – С. 360–363.

16. Шебеко А.Ю., Константинова Н.И., Кривошапкина О.В. Роль декоративно-отделочных, облицовочных материалов стен и потолков, покрытий полов в развитии пожара и формировании его опасных факторов // Пожарная безопасность. – 2020. – № 1 (98). – С. 16–25. DOI: 10.37657/vniipo.2020.98.1.001

17. DNA elution from buccal cells stored on Whatman FTA Classic Cards using a modified methanol fixation method / H. Johanson, V. Hyland, C. Wicking, R.A. Sturm // Botechniques. – 2009. – Vol. 46, № 4. – P. 309–311. DOI: 10.2144/000113077

18. Effect of the peroxisome proliferator-activated receptor-γ gene Pro12Ala variant on body mass index: a meta-analysis / S. Masud, S. Ye, SAS Group // J. Med. Genet. – 2003. – Vol. 40, № 10. – P. 773–780. DOI: 10.1136/jmg.40.10.773

19. Kunkel G.H., Chaturvedi P., Tyagi S.C. Mitochondrial pathways to cardiac recovery: TFAM // Heart Fail. Rev. – 2016. – Vol. 21, № 5. – P. 499–517. DOI: 10.1007/s10741-016-9561-8

20. Regulation of mitochondrial genome replication by hypoxia: the role of DNA oxidation in D-Loop region / V.M. Pastukh, O.M. Gorodnya, M.N. Gillespie, M.V. Ruchko // Free Radic. Biol. Med. – 2016. – Vol. 96. – P. 78–88. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2016.04.011

Организация и проведение оздоровительной кампании в условиях продолжающегося распространения новой коронавирусной инфекции (COVID-19) в Амурской области

О.П. Курганова[1], М.С. Шептунов[1], Е.Н. Сергеева[1], О.М. Юргина[2], Е.Н. Бурдинская[2], Ю.А. Натыкан[2]

[1]Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Амурской области,
[2]ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Амурской области» Роспотребнадзора,
г. Благовещенск, Россия

27 марта 2020 г. в Амурской области зарегистрирован первый лабораторно подтвержденный случай новой коронавирусной инфекции (COVID-19). В оздоровительный сезон 2020 г. провели свои смены всего четыре оздоровительных учреждения с дневным пребыванием детей. В 2021 г., в условиях продолжающейся пандемии новой коронавирусной инфекции (COVID-19), в оздоровительный период отработало уже 287 учреждений, оздоровлено более 17 тыс. детей.

Внедрение методических документов Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, неукоснительное исполнение данных нормативных правовых актов хозяйствующими субъектами позволило провести оздоровительную кампанию 2021 г. с высоким оздоровительным эффектом, не допустив возникновения и распространения инфекционных заболеваний как среди детей и подростков, так и среди персонала оздоровительных учреждений.

Ключевые слова: оздоровительная кампания, новая коронавирусная инфекция (COVID-19), SARS-CoV-2, Амурская область.

В декабре 2019 г. весь мир столкнулся с таким заболеванием, как новая коронавирусная инфекция (COVID-19).

27.01.2020 распоряжением губернатора Амурской области № 10-р веден режим повышенной готовности, продолжающий действовать по настоящее время.

Первый случай COVID-2019 на территории Амурской области зарегистрирован 27.03.2020 у туриста, прибывшего из Марокко.

В течение 2020 г. зарегистрировано 14 тыс. случаев COVID-19, установлено более 54 тыс. лиц, контактных с заболевшими COVID-19. Максимальное количество заболевших (в первую волну распространения заболевания) было зарегистрировано как раз в летние месяцы – июнь и июль 2020 г., что представлено на рисунке[1].

В условиях введенных ограничительных мероприятий летняя оздоровительная кампания была проведена только на территории одного муниципального района с минимальными показателями заболеваемости COVID-19 среди населения,

[1] Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году» по Амурской области.

отработало всего четыре пришкольных оздоровительных учреждения с дневным пребыванием детей (Ромненский район Амурской области).

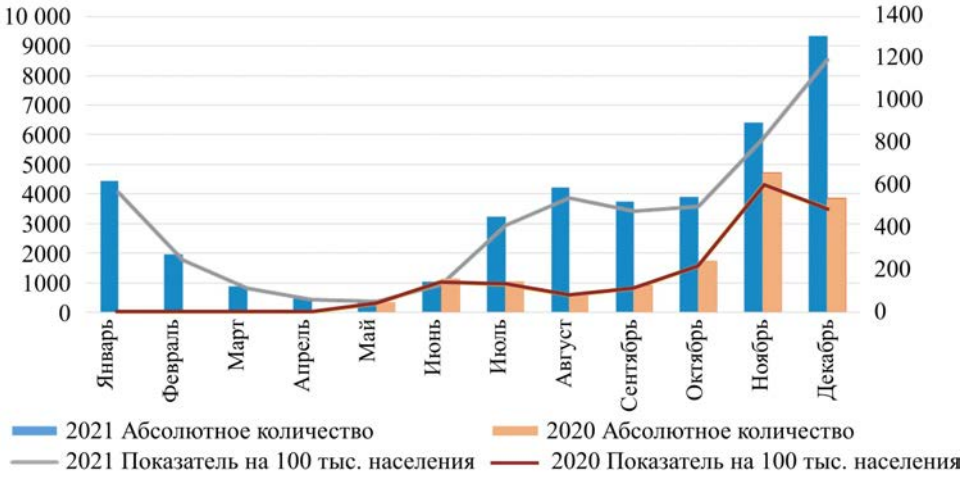


Рис. Ежемесячная динамика развития эпидситуации по COVID-19 в 2020–2021 гг. на территории Амурской области

В 2021 г. распространение COVID-19 в Амурской области характеризовалось двухволновым течением (см. рисунок)[2].

С начала января по апрель 2021 г. регистрировалось снижение заболеваемости с минимальными значениями к началу мая (17-я календарная неделя) – в мае зарегистрировано всего 416 случаев заболевания (показатель заболеваемости 53,21 на 100 тыс. населения).

Во второй половине июня (23-я календарная неделя) наблюдался интенсивный рост уровня заболеваемости в связи началом циркуляции новых штаммов SARS-CoV-2 – Alpha (британский) и Delta (индийский), с достижением максимальных показателей в августе (32-я календарная неделя) – в августе зарегистрировано 4230 случаев заболеваемости COVID-19 (показатель заболеваемости 541,03 на 100 тыс. населения).

В ноябре началась вторая волна заболеваемости, достигнувшая максимальных значений в декабре, – зарегистрировано 9347 случаев заболевания (показатель заболеваемости 1195,50 на 100 тыс. населения).

В целях недопущения возникновения и распространения заболеваемости COVID-19 у детей и подростков, а также персонала оздоровительных учреждений была проведена соответствующая организационная работа.

Решение о проведении летней оздоровительной кампании принято на заседании областной межведомственной комиссии по вопросам организации отдыха и оздоровления детей (протокол № 1 от 04.02.2021).

Подготовлено и опубликовано Постановление Главного государственного санитарного врача по Амурской области от 03.03.2021 № 2 «О дополнительных

[2] Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году» по Амурской области.

санитарно-противоэпидемических мероприятиях при организации отдыха и оздоровления детей в условиях пандемии новой коронавирусной инфекции (COVID-19) в 2021 году».

Работа оздоровительных учреждений была организована в соответствии с требованиями СП 3.1/2.4.3598-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации работы образовательных организаций и других объектов социальной инфраструктуры для детей и молодежи в условиях распространения новой коронавирусной инфекции (COVID-19)» [2], СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи», СанПиН 2.3/2.4.3590-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации общественного питания населения».

Учитывая, что проведение оздоровительной кампании осуществлялось в условиях распространения заболеваемости COVID-19, было принято решение по ограничениям допуска сотрудников к работе в летних оздоровительных организациях [1].

Был разрешен допуск только вакцинированных сотрудников, у которых по результатам лабораторных исследований не позднее чем за три дня до начала работы и перед каждой сменой получен положительный результат на наличие IgG к SARS-CoV-2 после вакцинации против COVID-19 или перенесенного заболевания COVID-19. А при отсутствии IgG к SARS-CoV-2 – отрицательный результат на COVID-19 любым из методов, определяющих генетический материал или антиген возбудителя COVID-19, с использованием диагностических препаратов и тест-систем, зарегистрированных в соответствии с законодательством РФ.

Кроме того, наполняемость детей в группах, отрядах была обеспечена не более 50 % от проектной вместимости, введен запрет на посещение родителями загородных лагерей, введен запрет на работу оздоровительных учреждений палаточного типа, внедрена практика использования бактерицидных облучателей рециркуляторного типа для обеззараживания воздушной среды помещений, обеспечено круглосуточное нахождение медицинских работников в организациях отдыха детей и их оздоровления с круглосуточным пребыванием на весь период смены.

Всего в оздоровительную кампанию 2021 г. отработало 287 учреждений, в том числе: 258 – с дневным пребыванием детей, 12 загородных стационарных лагерей, один лагерь с круглогодичным пребыванием, 16 лагерей труда и отдыха. Общее количество оздоровленных детей составило 17 641 человек.

За всё время работы оздоровительных учреждений зарегистрирован один случай заболеваемости новой коронавирусной инфекции (COVID-19) у работника оздоровительного учреждения с дневным пребыванием детей. Были оперативно организованы и проведены необходимые противоэпидемические мероприятия в соответствие с требованиями санитарно-эпидемиологического законодательства, работа оздоровительного учреждения не прекращалась.

Таким образом, в 2021 г., несмотря на более сложную, чем в 2020 г., эпидемическую ситуацию по заболеваемости новой коронавирусной инфекцией (COVID-19) летняя оздоровительная кампания была организована и проведена, не допущено возникновения групповых случаев заболеваемости новой коронавирусной инфекции (COVID-19) среди персонала, а также детей и подростков в оздоровительных учреждениях Амурской области, достигнуты выраженные показатели оздоровительного эффекта.

Список литературы

1. О дополнительных санитарно-противоэпидемических мероприятиях при организации отдыха и оздоровления детей в условиях пандемии новой коронавирусной инфекции (COVID-19) в 2021 году: Постановление Главного государственного санитарного врача по Амурской области от 03.03.2021 № 2. – Благовещенск, 2021. – 6 с.

2. СП 3.1/2.4.3598-20. Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации работы образовательных организаций и других объектов социальной инфраструктуры для детей и молодежи в условиях распространения новой коронавирусной инфекции (COVID-19) / утв. Главным государственным санитарным врачом РФ. – М., 2020. – 9 с.

Особенности показателей регуляторных систем у школьников, обучающихся в условиях воздействия физических факторов неионизирующей природы

Д.В. Ланин[1,2,3], К.Н. Лихачев[1,4], М.В. Зюлева[2]

[1]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2]ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
[3]ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера» Минздрава РФ,
[4]ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае»,
г. Пермь, Россия

Представлены данные о гигиенической оценке физических факторов неионизирующей природы двух общеобразовательных учреждений г. Перми (гимназия – группа наблюдения, школа – группа сравнения), имеющих различные условия образовательной среды, и проведен анализ иммунного и нейроэндокринного статуса детей, обучающихся в этих условиях. Исследования показали отсутствие превышений уровней измеренных физических факторов (освещенность, шум, электромагнитное излучение) от нормативных значений, за исключением аэроионного состава воздуха. Анализ регуляторных систем детей установил наличие различных возрастозависимых сочетаний изменений экспрессии ряда CD-рецепторов лимфоцитов, фагоцитарной активности и показателей гуморального иммунитета, дисбаланс маркеров цитокиновой регуляции, изменений гормонального фона в группах наблюдения. Проведенный анализ моделей логистической регрессии позволяет сделать вывод о взаимосвязи особенностей статуса регуляторных систем и воздействия физических факторов неионизирующей природы.

Ключевые слова: физические факторы, иммунная система, нейроэндокринная система, школьники.

Современный образовательный процесс предполагает широкое применение различных средств обучения, в том числе электронных, которые в свою очередь могут оказывать влияние на здоровье обучаемых, в том числе через генерацию различных физических факторов неионизирующей природы [1, 8]. Среди приоритетных органов и систем, на которые физические факторы способны оказывать влияние, прежде всего выделяют регуляторные, к которым вот уже более 30 лет кроме традиционных нервной и эндокринной систем относят и иммунную. Данные системы, учитывая их роль в адаптации организма к изменениям окружающей среды, могут испытывать как прямое негативное влияние физических факторов неионизирующей природы, так и опосредовать их влияние на другие органы и системы человека [5]. Имеются работы по гигиенической оценке ряда средств обучения на учащихся [2, 13], однако работ по комплексной оценке влияния факторов физической природы на регуляторные (адаптивные) системы до настоящего времени – недостаточно.

Цель исследования – изучить особенности показателей регуляторных систем у школьников, обучающихся в условиях воздействия физических факторов неионизирующей природы, и продемонстрировать связь изменений указанных параметров адаптивных систем и воздействия источников неионизирующего излучения.

Материалы и методы. Исследовались группы детей, обучающихся в общеобразовательных учреждениях г. Перми. Группа наблюдения – учащиеся одной из гимназий г. Перми в количестве 114 человек (далее – гимназия), группа сравнения – учащиеся школы, расположенной в центре г. Перми в количестве 125 человек (далее – школа). Группы были разделены на подгруппы в зависимости от «ступеней» обучения на начальную основную и среднюю (старшие классы) «школы», согласно классификации Федерального закона № 273 «Об образовании в РФ». Группа наблюдения была разделена на: начальную школу (возраст 6–8 лет, 27 девочек, 21 мальчик), основную школу (возраст 12–15 лет, 15 девочек, 13 мальчиков), среднюю школу (возраст 16–19 лет, 24 девушки, 14 юношей). Группа сравнения состояла из детей и подростков: начальная школа (возраст 6–8 лет, 15 девочек, 10 мальчиков), основная школа (возраст 12–15 лет, 30 девочек, 40 мальчиков), средняя школа (возраст 16–19 лет, 12 девочек, 18 мальчиков). В ходе исследования проведены измерения уровней физических факторов, связанных с образовательным процессом (школьная среда). В каждом учреждении обследовано по пять классных комнат (всего 10, их них восемь кабинетов для «теоретических» занятий – по четыре в каждом учреждении, и два кабинета информатики – по одному в каждом объекте наблюдения). В таблице приведены средства измерения и методологическая основа проведения измерений физических факторов неионизирующей природы [3, 4, 6, 7, 10–12].

Средства измерения и методологическая основа проведения измерений физических факторов неионизирующей природы

Прибор/аппарат	Метод
«Октава-110А»	ГОСТ 23337-2014; МУ № 1844-78
«Аргус-07»	ГОСТ 24940-2016; ГОСТ 33393-2015
ВЕ-метр-АТ-003	СанПиН 2.2.4.3359-16
«МАС-01»	МУК 4.3.1675-03

Проведено изучение показателей иммунной и нейроэндокринной систем учащихся. Все обследования детей были осуществлены с соблюдением этических принципов медицинских исследований с участием человека в качестве объекта исследования, изложенных в Хельсинкской декларации ВМА в редакции 2013 г. [14]. CD-фенотипирование, включающее определение относительного и абсолютного числа $CD3^+$-, $CD3^+CD25^+$-, $CD3^+CD95^+$-,$CD3^+CD4^+$-, $CD3^+CD8^+$-, $CD19^+$-, $CD16^+56^+$-лимфоцитов, проведено с помощью цитофлюориметра FACSCalibur при использовании коммерческих наборов (Becton Dickinson, США). Исследование системы общего фагоцитоза проводили с использованием в качестве объектов фагоцитоза формалинизированных эритроцитов барана. Содержание сывороточных иммуноглобулинов A, G, M исследовали методом радиальной иммунодиффузии по Манчини [15]. Концентрацию IgE и цитокинов (интерлейкины: IL-4, IL-10, интерферон-гамма (IFN-γ)) определяли с помощью тест-систем для ИФА («Вектор-Бест», РФ; «Хема-Медика», РФ). Определение гормонального фона включало изучение концентрации кортизола, тиреотропного гормона (ТТГ), T_4 свободного с помощью коммерческих наборов для ИФА.

Статистическая обработка материала: расчет средней арифметической и ее стандартной ошибки ($M \pm m$). Статистическую значимость различий определялась по непарному *t*-критерию Стьюдента. С целью верификации взаимосвязей использовалось построение моделей логистических регрессий при помощи специального программного комплекса.

Результаты. В ходе обследования исследуемых объектов установлено наличие источников неионизирующего излучения, которые могут (либо могли) оказать воздействие на обучающихся. А именно: световая среда: лампы общего освещения представленные в гимназии в основном светодиодными лампами, в школе – люминесцентными лампами, размещенными на потолке; звуковая среда (шумовое воздействие) – уровни звука (эквивалентный уровень) при образовательном процессе в естественных условиях; «электромагнитная среда» (за исключением сотовой связи) – в гимназии представлена наличием компьютерной техники, широко применяются вспомогательное электронное оборудование, такие как «умная доска» (Smartboard SBD600 series), маршрутизатор (Wi-Fi-роутер Huawei hg8145v5); электромагнитная среда школы представлена в основном ПЭВМ, используемыми в кабинетах информатики, имеется несколько проекторов BENQ. Wi-Fi-роутеры имеются в наличии, но не используются по распоряжению администрации школы, следовательно из электромагнитной нагрузки данный источник воздействия исключен. Воздушная среда: в данной работе с целью изучения качества воздушной среды определяли содержание отрицательных и положительных ионов в воздухе учебных кабинетов изучаемых объектов.

По результатам измерений физических факторов установлено, что уровни искусственной освещенности в обоих учебных заведениях составили (среднее значение и ошибка средней) от 527,9 ± 7,26 до 570,7 ± 2,46 лк, что более 300 лк и является нормативным значением для учебных классов в образовательных организациях согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Измеренные значения уровней звука на обоих исследуемых объектах показали, что средние значения колебались от 54,3 до 62,2 дБА. Уровень шума в обеих

исследуемых группах не превысил 65 дБА и был в основном комфортным для учеников и преподавателей согласно устному опросу. Однако существующая норма 40 дБ для классных комнат не учитывает человеческую речь, разговор, в том числе и громкий, включение звуковоспроизводящей аппаратуры, задействованной в образовательном процессе в естественных условиях. По разным данным шум громкой речи человека составляет от 50 до 70 дБ. В связи с отсутствием в санитарном законодательстве нормативного регулирования ПДУ для образовательного процесса нами была принята норма не более 65 дБА. При анализе электромагнитного излучения в гимназии в во всех подгруппах уровни напряженности электрического поля в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц составили от 5,97 ± 0,09 до 9,58 ± 0,69 В/м, в диапазоне 2–400 кГц – от 0,76 ± 0,04 до 1,38 ± 0,09 В/м; плотность магнитного потока в диапазоне от 5 Гц до 400 кГц составила от 69,2 ± 1,99 до 135,8 ± 3,91 мТл, на частоте 2–400 кГц – от 5,97 ± 0,07 до 10,1 ± 0,12 мТл соответственно. Измеренные показатели в школе: во всех подгруппах на каждом учебном месте величина напряженности электрического поля в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц составила менее 5 в/м, для диапазона от 2 до 400 кГц – менее 0,5 в/м; плотность магнитного потока для диапазона от 5 Гц до 2 кГц составляла менее 0,06 мТл, а для диапазона 2–400 кГц – менее 5 мТл, что ниже предела чувствительности прибора. Как видим, уровни электромагнитного излучения в гимназии повышены по сравнению со школой, хотя и находятся в пределах ПДУ, что может быть объяснено более значительной «электромагнитной нагрузкой» гимназии в связи с наличием и использованием в учебном процессе дополнительных источников излучения.

По результатам измерений уровней аэроионного состава воздуха были выявлено недостаточное количество отрицательных и положительных аэроионов в воздухе учебных кабинетов гимназии. Так, концентрация отрицательных (N^-) аэроионов составила от 113,0 ± 0,67 до 113,3 ± 1,42 ион/см^3, что не соответствует ПДУ, и положительных (N^+) аэроинов – менее 100 ион/см^3 (ниже предела обнаружения прибора) во всех кабинетах. В школе концентрация N^- составила от 1417,8 ± 4,23 до 1605 ± 26,1 ион/см^3, что соответствует норме. Положительные аэроионы во всех подгруппах школы составили от 1279 ± 8,33 до 1299,4 ± 8,8 ион/см^3, что также соответствует нормативным требованиям, предъявляемым к содержанию ионов в воздухе рабочих помещений.

Анализ статистически значимых изменений в иммунном и нейроэндокринном статусе детей группы наблюдения (гимназия) начальной школы по отношению к норме, а также по отношению к соответствующим показателям детей группы сравнения (школа) выявил тенденцию к снижению. Так, относительное число лимфоцитов $CD3^+CD8^+$ наблюдаемой группы снижено относительно данных группы сравнения (наблюдение – 22,8 ± 3,16, сравнение – 27,105 ± 3,0 %; $p < 0,05$). К снижению также стремится содержание IL-10 (наблюдение – 2,77 ± 0,519, сравнение – 4,888 ± 2,069 пг/мл; $p < 0,05$). IL-4 относительно группы сравнения также снижается (наблюдение – 1,555 ± 0,401, сравнение – 2,919 ± 0,675 пг/мл; $p < 0,05$). Содержание гормона T_4 свободного в группе наблюдения составило 12,882 ± 0,519 пмоль/л, что статистически значимо ниже показателей группы сравнения (14,727 ± 0,67 пмоль/л; $p < 0,05$). Единственным повышенным показателем в наблюдаемой группе было содержание IgM при сопоставлении с данными группы сравнения (наблюдение – 1,495 ± 0,097, сравнение – 1,293 ± 0,165 пг/мл; $p < 0,05$). Количество показателей сыворотки крови, в которых наблюдаются статистически значимые изменения, воз-

растают для детей группы наблюдения средней школы по сравнению с начальной школой. Так, можем наблюдать понижение таких показателей, как относительное число лимфоцитов (наблюдение – 24,3 ± 3,2, сравнение – 28,9 ± 1,937 %; $p < 0,05$), IL-4 (наблюдение – 0,971 ± 0,485, сравнение – 2,321 ± 0,704 пг/мл; $p < 0,05$), а также кортизола (наблюдение – 199,0 ± 21,8, сравнение – 309,6 ± 28,64 нмоль/см^3; $p < 0,05$). Кроме того, можно говорить о снижении фагоцитарной активности (процент фагоцитоза и фагоцитарное число) в крови детей наблюдаемой группы (количество проб со значениями меньше физиологической нормы составило 7,1 и 10,7 % соответственно). Однако эти изменения не достигают статистической значимости и не превышают соответствующие проценты в группе сравнения. Увеличение характерно для индексного показателя $CD4^+/CD8^+$ (наблюдение – 1,628 ± 0,301, сравнение – 1,253 ± 0,12 усл. ед.; $p < 0,05$), IL-10 (наблюдение – 4,758 ± 0,669, сравнение – 3,159 ± 0,218 пг/мл; $p < 0,05$), а также гормона ТТГ, для которого частота регистрации проб выше нормы составила 3,8 %. В крови детей группы наблюдения также увеличилось содержание иммуноглобулина (наблюдение – 1,714 ± 0,146, сравнение – 1,324 ± 0,075 г/дм^3; $p < 0,05$). Для учеников средней школы (старшие классы) статистически значимые изменения характерны для следующих показателей: абсолютное число лимфоцитов $CD16^+56^+$ (наблюдение – 0,368 ± 0,058, сравнение – 0,148 ± 0,038 10^9/л; $p < 0,05$); относительное число $CD16^+56^+$ (наблюдение – 17,04 ± 2,698, сравнение – 6,931 ± 1,701 %; $p < 0,05$); относительное число $CD19^+$-лимфоцитов (наблюдение – 18,36 ± 2,144, сравнение – 10,828 ± 1,683 %; $p < 0,05$); относительное число лимфоцитов $CD3^+$ (наблюдение – 55,84 ± 4,321, сравнение – 68,931 ± 2,955 %; $p < 0,05$).

Таким образом, при анализе иммунного и нейроэндокринного статусов обнаруживаются изменения показателей регуляторных систем у детей, обучающихся в условиях воздействия физических факторов различного генеза. Причем количество показателей со статистически значимыми изменениями у детей группы наблюдения средней школы возрастает относительно данных детей начальной школы. Таким образом, можно говорить о том, что со временем происходят изменения в регуляторных (адаптационных) системах организма детей, которые могут привести к более серьезным изменениям или патологиям.

С целью верификации наличия / отсутствия связей между измеренными показателями физических факторов неионизирующей природы школьной среды и показателями иммунной и нейроэндокринных систем организма проведены расчеты моделей логистической регрессии. При анализе моделей логистической регрессии физических факторов и показателей иммунной и нейроэндокринной систем установлены с высокой степенью значимости зависимости между указанными выше группами исследуемых параметров. Так, по результатам анализа выявлена ассоциация электромагнитного поля частотой 5 Гц – 400 кГц с показателями иммунной и нейроэндокринной системы обследованных детей. Отмечается прямая связь между параметрами электромагнитного излучения (ЭМИ) и лейкоцитами, а также отдельно лимфоцитами, эозинофилами, нейтрофилами (коэффициент детерминации (R^2) от 0,35 до 0,88). Также наблюдается прямая связь между ЭМИ и субпопуляциями лимфоцитов $CD3^+$-лимфоциты, отн.; $CD3^+CD4^+$-лимфоциты, абс.; $CD3^+CD8^+$-лимфоциты, абс.; $CD16^+56^+$-лимфоциты, абс.; $CD16^+56^+$-лимфоциты, отн. (R^2 от 0,38 до 0,87), при этом наблюдается обратная связь между электромагнитным излучением и $CD3^+CD95^+$-лимфоциты, абс. ($R^2 = 0,65$); $CD19^+$-лимфоциты,

отн. ($R^2 = 0{,}98$). Имеется прямая связь между ЭМИ и показателями, характеризующими сенсибилизацию организма (число эозинофилов, IL-4, IgE общий) (R^2 от 0,05 до 0,77). Обнаружена «отрицательная» связь между электромагнитным излучением и показателями, характеризующими фагоцитоз (абсолютный фагоцитоз, процент фагоцитоза, фагоцитарное число) (R^2 от 0,38 до 0,93). Определяемая ассоциация между ЭМИ и показателем гуморального иммунитета – IgA ($R^2 = 0{,}40$) имеет также «отрицательный» характер. Кроме того, установлены связи между электромагнитными полями и параметрами нейроэндокринной и гормональной систем организма. Так, прямая зависимость установлена для показателя, относящегося к гормональной системе – ТТГ ($R^2 = 0{,}44$). При анализе ассоциаций воздействия шума на детей, обусловленной образовательной средой, обнаружены следующие связи: прямая зависимость между эквивалентным уровнем звука и субпопуляциями лимфоцитов ($CD3^+CD25^+$-лимфоциты, абс.; $CD3^+CD25^+$-лимфоциты, отн.; $CD16^+56^+$-лимфоциты, отн.; R^2 от 0,51 до 0,68), прямая связь между параметрами шума и показателем гуморального иммунитета (Ig A), коэффициент детерминации составил 0,25. Анализ взаимосвязи между световой средой и показателями иммунной системы детей установил прямую зависимость между освещенностью и показателями сенсибилизации (эозинофилы в крови; коэффициент детерминации равен 0,71). Общее количество лимфоцитов и отдельных их субпопуляций ($CD16^+56^+$- лимфоциты, отн.) имеют прямые зависимости от уровня освещенности (R^2 от 0,14 до 0,57). Искусственная освещенность и IgM имеют «отрицательную» связь с коэффициентом детерминации, равным 0,26.

Выводы. Таким образом, гигиенический анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что в исследуемых общеобразовательных учреждениях комплекс изученных физических факторов, воздействующих на обучающихся, включающий показатели освещенности, шума, электромагнитного излучения, обусловленного электронными устройствами, не превышал предельно допустимых уровней ни по одному из изученных параметров, за исключением аэроионного состава воздуха. Однако вопрос влияния аэроионов на здоровье человека остается достаточно дискуссионным. Вместе с тем уровни измеренных показателей электромагнитной составляющей в гимназии были несколько повышены по сравнению с соответствующими данными школы, что может быть обусловлено использованием в гимназии в процессе обучения дополнительных источников неионизирующего излучения. Анализ иммунной и нейроэндокринной систем изучаемых групп установил наличия изменений показателей регуляторных систем у детей, обучающихся в условиях воздействия физических факторов различного генеза. По иммунным показателям исследуемых групп (начальная, основная, средняя школы) обнаружены изменения экспрессии субпопуляций лимфоцитов, имеющие разнонаправленный характер. В гуморальном звене найдены изменения иммуноглобулинов. Установлены изменения фагоцитарных показателей по отношению к физиологической норме и группе сравнения. Обнаружено наличие дисбаланса про- и противовоспалительных цитокинов у детей начальной и основной школы, обучающихся в гимназии. Анализ нейроэндокринного статуса показал возрастозависимые изменения гормонального фона в группе наблюдения по отношению к группе сравнения. Анализ моделей логистической регрессии позволяет сделать вывод о наличии зависимостей между особенностями статуса регуляторных систем и воздействием физических факторов неионизирующей природы.

Список литературы

1. Васильев А.В. Проблемы оценки сочетанного влияния шума и других физических факторов на здоровье человека // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14, № 6. – С. 158–165.

2. Влияние использования интерактивных панелей в процессе учебных занятий на основные параметры внутришкольной среды / М.В. Айзятова, И.Э. Александрова [и др.] // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2021. – № 2. – С. 15–21. DOI: 10.35627/2219-5238/2021-335-2-15-21

3. ГОСТ 23337-2014. Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданиях [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200114242 (дата обращения: 02.02.2022).

4. ГОСТ 24940-2016. Здания и сооружения. Методы измерения освещенности [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200140599 (дата обращения: 02.02.2022).

5. Лаптиева Л.Н., Крикало И.Н. Проблемы электромагнитной безопасности в школьном возрасте [Электронный ресурс] // Веснік МДПУ імя І.П. Шамякіна. – 2015. – № 2 (46). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-elektromagnitnoy-bezopasnosti-v-shkolnom-vozraste (дата обращения: 02.02.2022).

6. МУ № 1844-78. Методические указания по проведению измерений и гигиенической оценки шумов на рабочих местах [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200031860 (дата обращения: 02.02.2022).

7. МУК 4.3.1675-03. Общие требования к проведению контроля аэроионного состава воздуха [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200035494 (дата обращения: 02.02.2022).

8. Наумов А.Д. Влияние электромагнитных излучений на репродуктивную функцию // Охрана материнства и детства. – 2019. – № 2 (34). – С. 58–61.

9. Нейроиммуноэндокринология: современные представления о молекулярных механизмах / М.А. Самотруева, А.П. Ясеневская, А.А. Цибизова [и др.] // Иммунология. – 2017. – Т. 38, № 1. – С. 49–59.

10. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: http://docs.cntd.ru/document/573500115 (дата обращения: 02.02.2022).

11. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/901859404 (дата обращения: 02.02.2022).

12. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/420362948 (дата обращения: 02.02.2022).

13. Субъективная оценка студентами влияния факторов риска на зрение при использовании электронных устройств / Н.А. Скоблина, А.И. Шпаков [и др.] // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2020. – № 4. – С. 48–51. DOI: 10.35627/2219-5238/2020-325-4-48-52

14. Хельсинкская декларация Всемирной медицинской ассоциации (в редакции 64th WMA General Assembly, Fortaleza, Brazil, October 2013) [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/law/helsinskaya_ deklaraciya_vsemirnoj_ medicinskoj_associacii/ (дата обращения: 02.02.2022).

15. Mancini G., Carbonara A.O., Heremans J.F. Immunochemical quantitation of antigens by single radial immunodiffusion // Immunochemistry. – 1965. – № 2. – P. 235–254.

Совершенствование лечебно-профилактических мероприятий у пациентов с профессиональными дорсопатиями

И.В. Лапко, И.А. Богатырева

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, г. Мытищи, Россия

Обследовано 97 мужчин с установленными профессиональными заболеваниями пояснично-крестцового отдела позвоночника. Установлены основные неврологические синдромы профессиональных пояснично-крестцовых дорсопатий – болевой и мышечно-тонический. Апробирована методика воздушной локальной криотерапии на пациентах с профессиональными заболеваниями позвоночника. Выявлены анальгетическое и миорелаксирующее воздействия локальной криотерапии при нейродегенеративных заболеваниях, ассоциированных с условиями труда, что позволяет рекомендовать данный метод в лечебно-профилактические программы.

Ключевые слова: лечебно-профилактические программы, профессиональные дорсопатии, воздушная локальная криотерапия, болевой и мышечно-тонический синдром, пояснично-крестцовая радикулопатия.

Профессиональные дорсопатии (миофасциальные и компрессионно-ишемические синдромы шейного и пояснично-крестцового уровней, синдром пояснично-крестцовой радикулопатии при вибрационной болезни) – заболевания, развитие которых в период трудовой деятельности формируют тяжелые физические нагрузки, функциональное перенапряжение органов и систем, воздействие общей вибрации, возникающие преимущественно у людей трудоспособного возраста и приводящие к ухудшению состояния здоровья и инвалидизации. Среди клинических проявлений профессиональных дорсопатий наиболее часто встречается болевой синдром и напряжение мышц спины, обусловленные перегрузкой связочного аппарата и раздражением дисковых и внедисковых структур позвоночника, раздражением и сдавлени-

ем корешка, а также связанные с нарушением кровообращения в системе корешково-спинальных артерий [3]. Наряду с медикаментозной терапией физиотерапевтические методы обязательно используются в комплексе лечебно-профилактических мероприятий для купирования различных симптомов дегенеративно-дистрофических изменений в позвоночнике. В настоящее время широкое применение находят методы криотерапевтического воздействия. Влияние воздушной локальной криотерапии (ВЛК) на нервно-мышечный аппарат через возбуждение кожных рецепторов и перестройку обменных процессов приводит к замедлению скорости проведения болевых нервных импульсов, релаксации напряженных мышц, снижению боли за счет противоотечного и противовоспалительного эффекта [2].

Перечисленные механизмы воздействия воздушной локальной криотерапии могут быть использованы в разработке лечебно-профилактических программ для пациентов с неврологическими проявлениями профессиональных дорсопатий.

Обследование 97 мужчин с установленными профессиональными заболеваниями пояснично-крестцового отдела позвоночника показало, что миофасциальный синдром выявлен у 12,4 %, проявления радикулопатии – у 82,4 %, миелорадикулопатии – у 5,2 %. Возраст работников – от 37 до 58 лет (средний – 44,6 ± 4,2 г.), стаж – 17,4 ± 3,2 г. Обследованные представлены проходчиками (25,8 %), бурильщиками шпуров (18,6 %), крепильщиками (20,6 %), машинистами буровой установки (12,4 %), машинистами погрузочно-доставочной машины (22,6 %), которые в процессе трудовой деятельности имели контакт с тяжелыми физическими нагрузками (кл. 3.1–3.2), вынужденной неудобной позой (кл. 3.1) или общей вибрацией выше ПДУ на 3–8 дБ.

Пациентов разделили на две группы: I группа (n = 50) получала базисное лечение (НПВС, миорелаксанты, витамины группы В) в сочетании с воздушной локальной криотерапией (ВЛК) на пояснично-крестцовую область, II группа (n = 47) – только базисную терапию. Срок лечения – 14 дней. Проводилось комплексное обследование, состоящее из клинико-неврологического осмотра, лабораторных и инструментальных методов с целью выявления лиц с абсолютными противопоказаниями для локального криовоздействия: инфаркт миокарда в анамнезе, нарушение периферического кровообращения, облитерирующий эндартериит, серповидноклеточная анемия, гиперчувствительность к холоду [1]. Дополнительно применялась визуальная 100-миллиметровая аналоговая шкала (ВАШ) с регистрацией интенсивности боли в функциональных положениях лежа, сидя, стоя, при ходьбе, оценка выраженности мышечно-тонического синдрома в баллах – от 1 до 4.

Исследование показало, что до лечения выраженную боль (по шкале ВАШ) испытывали 22,7 % больных, боль умеренной интенсивности – 50,5 %, не резко выраженную – 26,8 %. Оценка мышечно-тонических проявлений квалифицировалась как умеренная (2–3 балла) – у 72,2 %, слабо выраженная (0–1 балл) – у 27,8 %. Клинико-неврологические проявления до лечения характеризовались болевым синдромом с вынужденной противоболевой позой и походкой (100 %), напряжением мышц спины (89,7 %), болезненностью паравертебральных точек (у 84,5 %), ограничением движений в пояснично-крестцовом отделе позвоночника (у 80,4 %), симптомами натяжения нервных стволов (у 74,2 %), зонами гипестезии, анестезии и парестезии (у 85,6 %), нарушениями коленного или ахиллового сухожильных рефлексов (у 87,6 %).

На фоне проводимого лечения болевой синдром в поясничной области уменьшился до 10–30 баллов в группе I и до 30–40 баллов в группе II, мышечно-тонический синдром нивелировал до 1,2 и 2,1 балла соответственно. Увеличилась повседневная двигательная активность и уменьшились ограничения при стоянии и ходьбе у 84 % в группе I, снизилось натяжение нервных стволов. Улучшение двигательной активности и клинико-неврологических проявлений у пациентов первой группы отмечалось после 3-й криопроцедуры, в то время как больные второй группы отмечали улучшение только на 5–6-е сутки (44,9 %) или после курса лечения.

На фоне криотерапевтического воздействия отмечено восстановление чувствительности в зоне иннервации L4, L5 или S1 корешков у 52 %, восстановление коленного или ахиллового рефлексов – в 14 % случаев. В результате проведения медико-оздоровительных мероприятий общее улучшение самочувствия и регресс неврологических проявлений выявлен у 88 % больных первой группы и у 78,7 % – второй, у 21,3 % больных, не получивших криотерапевтического лечения, положительного эффекта не обнаружено.

Применение воздушной локальной криотерапии в лечении больных с профессиональными нейродегенеративными заболеваниями позвоночника выявило ее эффективность, что обусловлено саногенным и анальгетическим воздействием методики. Данный метод характеризует узкий спектр противопоказаний, отсутствие выраженных побочных эффектов, возможность проведения курса в амбулаторных условиях без отрыва пациента от трудовой деятельности, а также высокая эффективность, полученная в наших исследованиях.

Таким образом, наряду с гигиеническими, санитарно-техническими, конструктивно-организационными мерами профилактики по улучшению условий труда, не позволяющими полностью исключить воздействие на работающих неблагоприятных физических факторов рабочей среды, значимость приобретает внедрение медико-профилактических мер по предотвращению развития и рецидивов дорсопатий, выявлению и купированию болевого и мышечно-тонического синдромов как одних из ранних и частых клинических проявлений дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника.

Разработка медико-профилактических мероприятий должна основываться на применении здоровьесберегающих принципов, направленных на сохранение и активное формирование здорового образа жизни у лиц трудоспособного возраста. Организация мониторинга здоровья работающих с прохождением предварительных и периодических медицинских осмотров, с выявлением факторов и групп риска по формированию нейроортопедических заболеваний позвоночника, проведение дифференцированных лечебно-профилактических курсов (витаминотерапия, хондропротекторы, массаж, плавание, регулярные занятия лечебной физкультурой, физиотерапевтические процедуры, в том числе с использованием эффективных и патогенетически обоснованных методов криовоздействия), формирование культуры здоровья у работника (обеспечение знаниями и навыками по правильному питанию, коррекции веса, двигательной активности, правильным рабочим приемам, недопущению травм, своевременному обращению за помощью к специалистам при первых признаках ухудшения самочувствия, выявлению и лечению сопутствующих заболеваний) являются необходимыми профилактическими мерами по предотвращению развития профессиональных дорсопатий.

Полученные данные свидетельствуют о необходимости включения предложенных методов в лечебно-профилактические программы медицинских учреждений, специализирующихся на ведении пациентов с неврологическими проявлениями дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника, обусловленных условиями труда.

Список литературы

1. Горбунова Н.И., Тибекина Л.М. Криотерапия в лечении больных с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями позвоночника // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета. Медицина. – 2018. – Т. 13, № 1. – С. 58–71. DOI: 10.21638/11701/spbu11.2018.106

2. Купеев Ч.Т., Горячева Н.Я., Торбин О.Н. Криотерапия в современном аспекте санаторно-курортного лечения при реабилитации работников производственной сферы // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2015. – № 3. – С. 28–30.

3. Пилипович А.А. Боль в спине: подбор терапии с точки зрения безопасности и эффективности // Неврология и ревматология. Приложение к журналу Consilium Medicum. – 2017. – № 2–3. – С. 56–62.

Особенности иммунного статуса мальчиков-подростков с патологией эндокринной системы в условиях контаминации крови ароматическими углеводородами

В.А. Лучникова[1], О.А. Казакова[1], О.В. Долгих[1,2,3]

[1]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2]ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
[3]ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
г. Пермь, Россия

Изучены особенности иммунного статуса мальчиков-подростков с патологией эндокринной системы в условиях контаминации крови ароматическими углеводородами. Сравнительный анализ индикаторных показателей группы наблюдения по отношению к аналогичным в группе школьников без патологии показал: повышение уровня экспрессии специфических антител к бензолу (IgG специфический к бензолу), угнетение экспрессии IgM, которая характеризовалась обратной достоверной зависимостью от контаминации крови бензолом, повышение содержания провоспалительных цитокинов IL-4, IL-6, ФНО.

Ключевые слова: ароматические углеводороды, патология эндокринной системы, подростки, цитокины, иммуноглобулины.

Ингаляционное поступление химических веществ в организм человека, как с атмосферным воздухом, так и с воздухом жилых помещений, является приоритетным путем поступления и формирует особенности контаминации биосред. Ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилол) являются одними из самых распространенных загрязнителей воздушной среды, которые относятся к веществам 2-го и 3-го классов опасности и выступают в качестве серьезной угрозы для формирования эндокринной патологии [2].

В период полового созревания детский организм претерпевает значительные изменения, которые в условиях воздействия внешних химических факторов могут сопровождаться формированием дисбаланса регуляторных систем, особенно эндокринной и иммунной.

Ряд авторов отмечают, что влияние ароматических углеводородов на иммунную систему характеризуется угнетением выработки IgM [3], увеличением выработки IL-4 и снижением концентрации IL-6, при этом уровень интерферона гамма значительно не меняется [1]. Воздействие бензола приводит к снижению уровня циркулирующих Т- и В-лимфоцитов и торможению пролиферации лимфоцитов [4], при этом наибольшее воздействие оказывается на Т-систему иммунитета, поскольку она участвует в биотрансформации бензола.

Изучение особенностей иммунной системы в условиях контаминации крови ароматическими углеводородами у детей-подростков, имеющих патологию эндокринной системы, является актуальной темой на сегодняшний день.

Цель исследования – оценить особенности иммунного статуса мальчиков-подростков с патологией эндокринной системы в условиях контаминации крови ароматическими углеводородами.

Материалы и методы. Исследование включало 79 мальчиков пубертатного возраста (10–17 лет), проживающих на территории г. Перми в условиях аэрогенного поступления ароматических углеводородов (бензол, толуол, о-, м-, п-ксилол). Группу наблюдения составили 27 школьников (13,29 ± 0,81 г.) с патологией эндокринной системы, группу сравнения – 52 школьника (12,93 ± 0,46 г.) условно здоровых.

Химико-аналитическое исследование по содержанию ароматических углеводородов в крови школьников выполнено методом газовой хроматографии «Газохроматографический метод количественного определения ароматических углеводородов (бензол, толуол, о-, м-, п-ксилол) в биосредах (кровь)» [2] на газовом хроматографе «Кристалл-5000».

Иммунологическое исследование включало: оценку цитокиновой активности (IL-4, IL-6, ФНО, IFN-γ) методом ИФА на приборе BioTec Elx808; оценку активности реагинов, в том числе специфических (IgM, IgG специфический к бензолу), методами радиальной иммунодиффузии по Манчини и аллергосорбентного теста с ферментной меткой.

Обработку полученных данных осуществляли в пакете прикладных программ Statistica 6.0 (Statsoft, США) и Microsoft Excel 2010. Оценивались параметры: X – среднее, SD – стандартное отклонение, t-критерий Стьюдента, U-критерий Манна – Уитни, r-критерий корреляции Спирмена. Различия считались значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. По результатам химико-аналитических исследований установлено, что группа наблюдения характеризовалась кратным увеличением уровня ароматических углеводородов в крови по бензолу в 1,4 раза, о-ксилолу – в 1,3 раза, п-, м-ксилолу – в 1,6 раза ($p < 0,05$), толуолу – в 1,5 раза ($p < 0,05$) (табл. 1).

Таблица 1

Оценка уровня контаминации крови ароматическими углеводородами исследуемых групп

Показатель	Норма	($X \pm SD$) наблюдение	($X \pm SD$) сравнение	p
Бензол, мкг/см^3	0	0,000637 ± 0,00041	0,00044 ± 0,000253	0,416
О-ксилол, мкг/см^3	0	0,004429 ± 0,001317	0,003289 ± 0,001033	0,175
П-,м-ксилол, мкг/см^3	0	0,00407 ± 0,001204	0,002504 ± 0,001035	0,049
Толуол, мкг/см^3	0	0,002501 ± 0,000672	0,001663 ± 0,000476	0,044

Примечание: X – среднее, SD – стандартное отклонение, p – уровень значимости.

По результатам иммунологического исследования установлено, что группа наблюдения отличалась: повышенным уровнем специфического иммунного ответа по критерию IgG специфический к бензолу относительно границ нормы в 3,2 раза ($p < 0,05$) и относительно группы сравнения – в 1,3 раза (процент проб выше нормы – 85,2 против 76,9 % соответственно); снижением экспрессии IgM на 12 % относительно группы сравнения ($p < 0,05$) (процент проб ниже нормы – 66,7 против 40,4 % соответственно), при этом выявлена достоверная обратная зависимость IgM от контаминации крови о-, м-, п- ксилолом и толуолом (r = -0,24–0,40, $p < 0,05$); повышением относительно группы сравнения уровня экспрессии цитокинов – IL-4 (регулятор гуморального иммунитета) в 1,2 раза относительно группы сравнения, IL-6 (медиатор острой фазы воспаления) – в 1,3 раза, ФНО (провоспалительный цитокин) – на 17 %; а также снижением уровня экспрессии маркера врожденного неспецифического иммунитета интерферона гамма в 1,3 раза относительно группы сравнения.

Таблица 2

Оценка особенностей иммунной системы у подростков с патологией эндокринной системы и контаминацией крови ароматическими углеводородами

Показатель	Норма	Наблюдение	Сравнение	p (t)	p (U)
IgG спец. к бензолу, усл. ед.	0–0,15	0,48 ± 0,101	0,375 ± 0,078	0,11	0,049
IgM, г/дм^3	1,26–2,2	1,202 ± 0,124	1,352 ± 0,09	0,05	0,044
Интерлейкин-4, пг/мл	0–4	1,195 ± 0,239	1,009 ± 0,32	0,35	0,118
Интерлейкин-6, пг/мл	0–10	2,706 ± 1,463	2,074 ± 0,974	0,46	0,219
Интерферон гамма, пг/мл	0–15	1,686 ± 0,341	2,248 ± 0,702	0,15	0,552
Фактор некроза опухолей, пг/мл	0–6	2,141 ± 0,624	1,833 ± 0,392	0,40	0,445

Примечание: t – критерий Стьюдента, U – критерий Манна – Уитни, p – уровень значимости.

Выводы. Таким образом, установлено, что у мальчиков-подростков, проживающих в условиях аэрогенного поступления ароматических углеводородов (бензол, толуол, ксилол) и имеющих патологию эндокринной системы, отмечаются изменения в иммунной системе в виде увеличения уровня экспрессии специфических реагинов (IgG специфический к бензолу), а также снижение первого сигнального белка на присутствие вирусного и бактериального агента IgM, достоверно ассоции-

рованного с содержанием ароматических углеводородов в крови ($p < 0,05$), увеличение экспрессии провоспалительных цитокинов IL-4, IL-6 и ФНО и угнетение маркера врожденного неспецифического ответа интерферона гамма, что свидетельствует о модифицирующем иммуноэндокринный профиль влиянии контаминации ароматическими углеводородами.

Список литературы

1. Влияние бензола на иммунную систему и некоторые механизмы его действия / И.В. Михайлова, А.И. Смолягин, С.И. Красиков, А.В. Караулов // Иммунология. – 2014. – № 1. – С. 51–55.

2. Особенности заболеваний эндокринной системы у детей, проживающих на территориях с загрязнением атмосферного воздуха бензолом, фенолом, бенз(а)пиреном / К.П. Лужецкий, О.Ю. Устинова, Л.Н. Палагина, О.А. Маклакова // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 7 (часть 4). – С. 732–735.

3. Acute suppression of serum IgM and IgA in tank workers exposed to benzene / J. Kirkeleit, E. Ulvestad, T. Riise [et al.] // Scand. J. Immunol. – 2006. – Vol. 64, № 6. – P. 690–698. DOI: 10.1111/j.1365-3083.2006.01858.x

4. Hprt mutant lymphocyte frequencies in workers at a 1,3-butadiene production plant / J.B. Jr. Ward, M.M. Ammenheuser, W.E. Bechtold [et al.] // Environ. Health Perspect. – 1994. – Vol. 102, Suppl. 9. – P. 79–85. DOI: 10.1289/ehp.94102s979

Состояние поствакцинального иммунитета против дифтерии у учащихся средних образовательных учреждений

В.Г. Макарова, О.Ю. Устинова, С.Л. Валина

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Вакцинопрофилактика дифтерии является единственным средством создания благоприятной эпидемической ситуации.

Для изучения состояния коллективного иммунитета против дифтерии были отобраны 180 учащихся в возрасте 7–17 лет – обучающиеся начальной, средней школы и старших классов гимназии и средней образовательной школы (СОШ), которым проведена полноценная и своевременная вакцинация и ревакцинация вакциной АКДС и АДС-М. Анализ противодифтерийного антитоксического иммунитета показал хороший уровень напряженности в обеих школах, где доля серопозитивных результатов достигала 95–100 %, что показывает высокую эффективность вакцинации против дифтерии. Среднегрупповой уровень антител у учащихся начальной школы гимназии в 1,2 раза достоверно ниже, а частота регистрации высоких титров антител, характеризующих долговременный поствакцинальный иммунитет против дифтерии в 1,5 раза меньше, чем в средней образовательной школе. Показано досто-

верное снижение уровня антител к дифтерийному анатоксину у учащихся с аллергическими заболеваниями – частота регистрации высоких титров антител в 1,8 раза ниже у старших школьников гимназии относительно учащихся СОШ. Среднегрупповой уровень антитоксических антител у учащихся среднего звена СОШ в 1,2 раза ниже, чем в той же группе школьников, не имеющих аллергических заболеваний. Учащиеся гимназии с аллергическими заболеваниями имеют более кратковременный поствакцинальный иммунитет против дифтерии относительно аналогичных данных сравнения – показатели «кратковременного» иммунитета в 1,3 раза выше, частота выявления высоких титров антител меньше, а среднегрупповой показатель антител у детей начальной школы, имеющих аллергию, в 1,4 раза ниже, чем в сравниваемой группе СОШ.

Ключевые слова: поствакцинальный иммунитет, дифтерия, учащиеся, гимназия, средняя образовательная школа, коллективный иммунитет.

Сохранение эпидемиологического благополучия – одно из приоритетных направлений здравоохранения в борьбе с управляемыми инфекционными заболеваниями. Широкая и повсеместная иммунизация населения позволила сократить заболеваемость дифтерией до спорадических случаев [1]. По данным официальной статистики в течение последних 10 лет на территории Пермского края отсутствует заболеваемость дифтерией. В то же время, несмотря на успехи иммунопрофилактики, в России зарегистрированы четыре случая заболеваемости дифтерией в 2019 г., один случай – в 2020 г., почти ежегодно регистрируются показатели носительства токсигенных штаммов коринобактерий.

Критерием эпидемиологического благополучия считают выявление в крови вакцинированных из индикаторных групп не более 7–10 % серонегативных лиц, имеющих уровень антител ниже защитного титра [3]. В исследованиях последних десятилетий большой интерес вызывает изучение влияния факторов среды обитания на формирование поствакцинального иммунитета к вакцинным антигенам. Установлено, что количество серонегативных реакций у населения к дифтерии (8,7 % случаев), а также низкий уровень поствакцинального иммунитета к управляемым инфекциям в 1,5–2,4 раза чаще регистрируется на территориях с высокой антропогенной нагрузкой [4, 6]. P. Zimmermann и N. Curtis (2019) в своем обзоре проанализировали результаты исследований, изучающих факторы, влияющие на гуморальные и клеточные реакции на вакцинацию [7]. Среди факторов были выделены так называемые внутренние, связанные с особенностями индивидуума (такие как возраст, пол, генетика и сопутствующие заболевания), перинатальные факторы (такие как гестационный возраст, масса тела при рождении, способ кормления) и группа внешних факторов, такие как ранее существовавший иммунитет, микробиота, инфекции, и антибиотики. Отдельно выделены факторы окружающей среды (географическое положение, время года, размер семьи и токсины), поведенческие факторы (курение, употребление алкоголя, упражнения и сон) и факторы питания (индекс массы тела, питательные микроэлементы). Неоднозначны результаты исследований влияния социально-экономических факторов, питания и образа жизни на сохранение длительности вакцинного иммунитета.

По данным ряда исследований, дети с аллергическими заболеваниями отвечают накоплением антител на уровне среднезащитных, а динамика снижения поствакцинальных антител к дифтерии регистрируется через год после вакцинации [2, 5].

Несмотря на широко представленные в литературе данные, посвященные проблеме вакцинации, вопрос влияния факторов современного образовательного

процесса, питания, образа жизни, а также соматической патологии на формирование специфического иммунного ответа на вакцинные антигены остается недостаточно изученным.

Цель исследования – выявить особенности поствакцинального иммунитета у учащихся средних образовательных организаций с различной направленностью образовательных программ, в том числе с аллергопатологией, проживающих в условиях крупного промышленного центра.

Материалы и методы. Для исследования поствакцинального иммунитета против дифтерии были отобраны 98 учащихся МАОУ «Гимназия» (группа наблюдения) и у 82 учащихся МАОУ СОШ (группа сравнения), которым была выполнена полноценная и своевременная вакцинация и ревакцинация вакцинами АКДС и АДС-М согласно Национальному календарю профилактических прививок (отклонения от графика не более трех месяцев).

С целью оценки популяционного иммунитета школьников было проведено исследование содержания специфических антител (IgG) к дифтерийному анатоксину через 1–3 и 6–7 лет после второй ревакцинации и через 1–3 года после третьей ревакцинации против дифтерии. Выполнен сравнительный анализ среднегрупповых показателей поствакцинального иммунитета относительно протективного уровня (для данных тест-систем) и частоты нарушений формирования специфического иммунитета у учащихся разных возрастных групп: учащихся 7–11 лет (начальная школа), 13–14 лет (средняя школа и 15–17 лет (старшая школа).

Интерпретация результатов специфического иммунитета против дифтерийного анатоксина проведена согласно прилагаемым нормативам к используемым тест-системам и нами расценивалась как:

антитела класса IgG к дифтерийному анатоксину:

< 0,1 МЕд/мл – отрицательный результат – отсутствие защитного уровня антител, рекомендована базовая иммунизация;

0,1–1,0 МЕд/мл – имеется поствакцинальная защита (кратковременный иммунитет), рекомендована повторная вакцинация;

> 1,0 МЕд/мл – долговременная поствакцинальная защита, вакцинация не требуется (долговременный иммунитет – степень защиты не менее 7–10 лет).

Для изучения состояния специфического иммунитета у детей с аллергическими заболеваниями учащиеся в каждой школе были разделены на группы «А» и «Б»: группу наблюдения «А» составили 34 учащихся с аллергопатологией, группу наблюдения «Б» – 64 школьника без аллергических заболеваний. Аналогично: в группе сравнения «А» – 29 детей с аллергопатологией, и в группе сравнения «Б» – 53 учащихся без аллергии. Проведен сравнительный анализ коллективного иммунитета в группах «А» и «Б» в каждой школе и группах «А» между школами.

Результаты. Проведенный анализ среднегрупповых значений антител против дифтерии среди учащихся школ показал достаточный уровень поствакцинальных антител во всех возрастных группах – 0,51–0,92 МЕ/мл. При этом прослеживается снижение показателя уровня антител через 6–7 лет после второй ревакцинации в 1,3 раза в группе наблюдения (0,66 и 0,51 МЕд/мл, $p = 0{,}03$) и в 1,5 раза в группе сравнения (0,78 и 0,52 МЕд/мл, $p = 0{,}008$) и значительное нарастание показателя после третьей ревакцинации в 1,7 раза в группе наблюдения (0,51 и 0,9 МЕ/мл, $p = 0{,}000$) и в группе сравнения (0,52 и 0,92 МЕд/мл, $p = 0{,}0000$) (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительный анализ содержания антител против дифтерии в группе наблюдения и сравнения

Группа	Среднегрупповой уровень содержания антител ($M \pm m$), МЕд/мл	Отсутствие протективного уровня (<0,1 МЕд/мл), %	Серопозитивные	
			Соответствует протективному уровню (0,1–1,0 МЕд/мл), %	Высокий протективный уровень (>1,0 МЕд/мл), %
Начальная школа				
Группа наблюдения	0,66 ± 0,09	0	68,3	31,7
Группа сравнения	0,78 ± 0,12	4,0	48,0	48,0
Средняя школа				
Группа наблюдения	0,51 ± 0,09	3,1	90,6	6,3
Группа сравнения	0,52 ± 0,14	3,7	81,0	14,3
Старшая школа				
Группа наблюдения	0,9 ± 0,07	0	32,0	68,0
Группа сравнения	0,92 ± 0,06	0	26,7	73,3
Всего				
Группа наблюдения	0,67 ± 0,06	1,0	66,3	32,7
Группа сравнения	0,74 ± 0,07	2,4	46,3	51,2
Достоверность различий				
p_1	0,12	0,19	0,1	0,18
p_2	0,91	0,9	0,31	0,35
p_3	0,73	-	0,66	0,66
p_4	0,12	0,46	0,007	0,01

Примечание: p_1 – достоверность различий у учащихся начальной школы в группе наблюдения и группе сравнения; p_2 – достоверность различий у учащихся средней школы в группе наблюдения и группе сравнения; p_3 – достоверность различий у учащихся старшей школы в группе наблюдения и группе сравнения; p_4 – достоверность различий у всех учащихся группы наблюдения и группы сравнения

Отсутствие защитного уровня антител выявлено лишь у 3,1 % учеников средней школы группы наблюдения и 4–4,7 % учащихся начальной и средней школы в группе сравнения.

Наиболее высокие показатели среднегрупповых антител установлены у учеников старшей школы (0,9 и 0,92 МЕд/мл), получивших третью ревакцинацию, что в 1,1–1,3 и 1,7 раза выше, чем у детей начальных классов (0,66 и 0,78 МЕд/мл, $p = 0{,}0001–0{,}04$) и среднего звена ().51 и 0,52 МЕд/мл, $p = 0{,}0001–0{,}00001$). Показатели «кратковременного» поствакцинального иммунитета имели 81–90,6 % учащихся среднего звена в обеих школах, что достоверно выше в 1,3–1,6 раза, чем в начальной (68,3 и 48 %, $p = 0{,}02$), и в 2,8–3,1 раза, чем в старшей школах (32 и 26,7 %, $p = 0{,}000$). А количество детей, имеющих высокие титры антител (долговременный» иммунитет) в старшей школе (68 и 73,3 %) больше в 1,5–2,4 раза, чем в начальной (31,7 и 48 %, соответственно, $p = 0{,}008$), и в 5,1–10,7 раз – чем в средней (6,3 и 14,3 %, $p = 0{,}000$) школах.

В группе наблюдения «А» и «Б» среднегрупповой уровень антител против дифтерии достоверных различий не имеет, но в группах «Б» этот показатель несколько выше, чем в группах «А». При этом высокие титры антител в 1,8 раза чаще установлены в группе «Б» у старших школьников группы наблюдения (81,3 и

44,8 %, $p = 0,05$), а среднегрупповой уровень антитоксических антител в группе сравнения «Б» достоверно выше, чем в группе сравнения «А» (0,97 и 0,84 МЕд/мл, $p = 0,038$).

Сравнительный анализ выявил достоверные отличия в частоте встречаемости протективных значений антител – в группе наблюдения в 1,4 раза больше детей, имеющих кратковременный иммунитет (66,3 против 46,3 %, $p = 0,007$) и в 1,5 раза меньше – имеющих высокие показатели антител против дифтерии (51,2 против 32,7 %, $p = 0,01$). Достоверных различий в возрастных группах между школами не выявлено. В группе наблюдения «А» частота выявления противодифтерийных антител с высоким протективным уровнем в 1,3 раза ниже, чем в группе сравнения «А» (55,2 против 73,5 %, $p = 0,03$), а среднегрупповой уровень антител у детей начальной школы в 1,4 раза ниже, чем в аналогичной группе сравнения «А» (0,6 против 0,89 МЕд/мл, $p = 0,007$) (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительный анализ содержания антител против дифтерии в группах наблюдения «А» и сравнения «А»

Группа	Среднегрупповой уровень содержания антител ($M \pm m$), МЕд/мл	Серопозитивные	
		Соответствует протективному уровню (<1,0 МЕд/мл), %	Высокий протективный уровень (>1,0 МЕд/мл), %
Начальная школа			
Наблюдения «А»	0,6 ± 0,15	77,8	22,2
Сравнения «А»	0,89 ± 0,17	50,0	50,0
Средняя школа			
Наблюдения «А»	0,5 ± 0,22	85,7	14,3
Сравнения «А»	0,53 ± 0,24	80,0	20,0
Старшая школа			
Наблюдения «А»	0,84 ± 0,18	55,4	44,6
Сравнения «А»	0,83 ± 0,13	38,5	61,5
Всего			
Наблюдения «А»	0,64 ± 0,1	73,5	26,5
Сравнения «А»	0,74 ± 0,11	55,2	44,8
Достоверность различий			
p_1	0,007	0,06	0,06
p_2	0,83	0,66	0,66
p_3	0,91	0,26	0,26
p_4	0,18	0,03	0,03

Примечание: p_1 – достоверность различий у учащихся начальной школы группы наблюдения и группы сравнения; p_2 – достоверность различий у учащихся средней школы группы наблюдения и группы сравнения; p_3 – достоверность различий у учащихся старшей школы группы наблюдения и группы сравнения; p_4 – достоверность различий у всех учащихся группы наблюдения и группы сравнения.

Проведенные исследования по изучению поствакцинального иммунитета против дифтерии у школьников разных образовательных организаций позволили выявить различия в напряженности иммунитета у привитых детей. Анализ противодифтерийного антитоксического иммунитета показал хороший уровень напряженности

в обеих школах, где доля серопозитивных достигала 95–100 %, что показывает высокую эффективность вакцинации против дифтерии. При изучении показателей гуморального иммунитета в динамике установлено, что среднегрупповой уровень антитоксических антител с возрастом снижается и резко возрастает после получения бустерной вакцины. Наименее защищены учащиеся 6–7-х классов в обеих школах, которым рекомендуется повторная бустерная вакцинация – у 81–90 % имели «кратковременный» иммунитет, серонегативных – 3–4 %, а доля детей с «долговременным» иммунитетом самая низкая – 6–14 %. Наиболее защищенной категорией лиц являются учащиеся старшей школы, получившие третью бустерную прививку в ближайшие 1–3 года и имеющие «долговременный» иммунитет в 68–73 % случаев. Следовательно, уровень защитных антител против дифтерии поддерживается за счет бустерных вакцинаций в обеих исследуемых группах. При этом в группе наблюдения интенсивность вырабатываемых антител меньше, а утрата поствакцинального иммунитета происходит быстрее, чем в группе сравнения. Так, среднегрупповой уровень антител у детей начальной школы группы наблюдения после второй бустерной прививки в 1,2 раза достоверно ниже, чем в аналогичной группе сравнения ($p = 0{,}007$). При достаточном уровне напряженности противодифтерийного антитоксического иммунитета в исследуемых группах в группе наблюдения количество детей с положительным протективным уровнем (>1,0 МЕ/мл), характеризующим долговременный поствакцинальный иммунитет против дифтерии, было в 1,5 раза меньше, чем группе сравнения (32,7 против 51,2 %, $p = 0{,}01$).

Формирование и сохранение специфического иммунного ответа обусловлено иммунным статусом организма ребенка. Дети с аллергическими заболеваниями имеют более низкие показатели антитоксического иммунитета – частота регистрации высоких титров антител в 1,8 раза достоверно ниже у старших школьников группы наблюдения «А» относительно группы наблюдения «Б» ($p = 0{,}05$), а в старшей школе в группе сравнения «А» среднегрупповой уровень антитоксических антител в 1,2 раза достоверно ниже, чем в группе сравнения «Б» ($p = 0{,}03$).

Учащиеся группы наблюдения «А» имеют более кратковременный поствакцинальный иммунитет против дифтерии относительно группы сравнения «А» – показатели «кратковременного» иммунитета в 1,3 раза выше, частота выявления высоких титров антител меньше, а среднегрупповой показатель антител у детей начальной школы в 1,4 раза ниже относительно группы сравнения «А». Снижение уровня гуморального специфического иммунитета против дифтерии, отказы от прививок, неполноценность проведения бустерных вакцинаций прививок, отклонения от сроков календаря прививок повышают вероятность увеличения «неиммунной прослойки» и создают угрозу вспышечной заболеваемости дифтерией среди детского населения.

Выводы. Приведенные данные могут свидетельствовать о том, что снижение иммунологической эффективности вакцинации против дифтерии, возможно, опосредовано особенностями образовательного процесса и общностью механизмов иммунного ответа при аллергических заболеваниях и формировании специфического иммунитета.

Список литературы

1. Дифтерия в России в 21 веке / Н.М. Максимова, Т.Н. Якимова, С.С. Маркина [и др.] // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2017. – Т. 16, № 5 (96). – С. 4–15.

2. Костинов М.П. Реальность и необходимость вакцинации детей с аллергическими заболеваниями // Фарматека. – 2003. – № 2. – С. 13–18.

3. МУ 3.1.2943-11. Организация и проведение серологического мониторинга состояния коллективного иммунитета к инфекциям, управляемым средствами специфической профилактики (дифтерия, столбняк, коклюш, корь, краснуха, эпидемический паротит, полиомиелит, гепатит В): методические указания / утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 15.07. – М., 2011. – 21 с.

4. Реакция иммунной системы и лимфоидной ткани на воздействие химических факторов окружающей среды [Электронный ресурс] / В.М. Боев, Д.А. Кряжев, В.В. Суменко, Е.А. Кряжева, А.И. Смолягин // Современные проблемы науки и образования: сетевое издание. – 2017. – № 4. – URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=26555 (дата обращения: 18.03.2022).

5. Соловьева И.Л. Оценка эффективности паротитно-коревой вакцины и ее влияния на показатели клеточного иммунитета у детей с аллергическими заболеваниями // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2005. – № 3 (22). – С. 11–14.

6. Устинова О.Ю., Макарова В.Г., Долгих О.В. Поствакцинальный иммунитет к дифтерии, кори, столбняку, коклюшу у детей в условиях воздействия химических факторов риска среды обитания // Анализ риска здоровью. – 2013. – № 2. – С. 27–38.

7. Zimmerman P., Curtis N. Factors That Influence the Immune Response to Vaccination // Clin Microbiol Rev. – 2019. – Vol. 32 (2). DOI: 10.1128/ CMR.00084-18

Особенности развития аллергического ринита у детей в различных условиях комплексного аэрогенного воздействия техногенных химических веществ

О.А. Маклакова[1,2], Н.В. Зайцева[1,2], С.Л. Валина[1]

[1] ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2] ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Пермь, Россия

Аллергическая патология имеет высокую распространенность на территориях санитарно-гигиенического неблагополучия. С целью выявления особенностей развития аллергического ринита у детей в различных условиях комплексного аэрогенного воздействия техногенных химических веществ проведено клиническое обследование 254 детей в возрасте 5–14 лет с хроническим аллергическим ринитом, проживающих на территории с аэрогенным загрязнением техногенными химическими веществами (группа наблюдения) и в условиях относительного санитарно-гигиенического благополучия (группа сравнения).

Установлено, что у экспонированных детей с хроническим аллергическим ринитом регистрировалось повышенное содержание в крови бензола, толуола, фенола и формальдегида, до 10,8 раза превышающее фоновые уровни и показатели группы сравнения. В услови-

ях комплексного аэрогенного загрязнения техногенными химическими веществами у детей аллергический ринит в 38,5 % случаев проявлялся выраженным затруднением носового дыхания, обусловленным повышенной концентрацией фенола в крови и уровнем среднесуточного содержания взвешенных веществ в атмосферном воздухе; сопровождался развитием воспалительной реакции (СРБ высокочувствительный), окислительного стресса (гидроперекиси липидов), снижением антиоксидантной защиты (АОС, СОД), обусловленных повышенной концентрацией в крови бензола, толуола, фенола, формальдегида и уровнем среднесуточного содержания взвешенных частиц в атмосферном воздухе; иммунными нарушениями (фагоцитарный индекс, IgG), общей сенсибилизаций, связанных с повышенной концентрацией в крови формальдегида, фенола и уровнем среднесуточного содержания взвешенных частиц. В 60,7 % случаев у экспонированных детей с аллергическим ринитом встречалась патология нервной системы: у каждого второго ребенка отмечались вегетативные дисфункции, проявлявшиеся в 22,2 % случаев симпатико-тоническим исходным вегетативным тонусом, в 63,3 % – гиперсимпатико-тонической вегетативной реактивностью, обусловленных повышенным содержанием бензола, фенола, формальдегида в крови и уровнем среднесуточного содержания взвешенных веществ в атмосферном воздухе.

Ключевые слова: дети, аллергический ринит, ароматические углеводороды, формальдегид, взвешенные вещества.

В настоящее время проблема аллергических заболеваний сохраняет свою актуальность. Согласно данным ВОЗ около 20–40 % населения страдают аллергической патологией, а за последние два десятилетия заболеваемость болезнями аллергической природы выросла в 3–4 раза. Среди всей аллергической патологии самым распространенным заболеванием является аллергический ринит, частота встречаемости которого может достигать 32 % [1, 7, 8]. Заболевание чаще всего дебютирует в дошкольном возрасте [1, 2].

Согласно данным Международного исследования астмы и аллергии у детей значительную роль в развитии аллергической патологии играют факторы окружающей среды, среди которых особое место занимают техногенные химические вещества. Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о повышенной заболеваемости болезнями аллергической природы, в том числе среди детей, на территориях экологического неблагополучия [5, 10]. В условиях аэрогенного загрязнения химическими веществами техногенного происхождения аллергические болезни имеют нетипичное течение, чаще приобретают затяжной, рецидивирующий характер течения с формированием в дальнейшем хронической формы заболевания [2, 4, 6].

Промышленные выбросы и автотранспорт формируют в атмосферном воздухе современных городов повышенные концентрации техногенных химических веществ, которые обладают не только ирритативным, но и сенсибилизирующим действие на организм человека [2–5]. Под действием аэрополлютанов в слизистой носовой полости развиваются воспалительные процессы, сопровождающиеся отеком, клеточной инфильтрацией, гиперсекрецией биологически активных веществ тучными клетками, нарушается мукоцилиарный клиренс и снижается местная противоинфекционная защита. Сочетанное воздействие эндогенных и экзогенных факторов усиливает в эпителии респираторного тракта процессы липопероксидации и снижение антиоксидантной защиты, что поддерживает хроническое аллергическое воспаление [3, 7, 8].

Таким образом, в настоящее время остаются актуальными вопросы изучения особенностей формирования аллергического ринита у детей на территориях эколо-

гического неблагополучия, что позволит в дальнейшем разработать комплекс лечебно-профилактических мероприятий, направленных на снижение риска развития и прогрессирования аллергических заболеваний дыхательной системы.

Цель исследования – выявить особенности развития аллергического ринита у детей, проживающих в условиях комплексного аэрогенного воздействия техногенных химических веществ.

Материалы и методы. Проведено комплексное клиническое обследование 254 детей в возрасте 5–14 лет с хроническим аллергическим ринитом. Группа наблюдения включала 211 детей (54,5 % мальчиков и 45,5 % девочек; средний возраст 8,39 ± 0,38 г.), проживающих на территории Пермского края с загрязнением атмосферного воздуха техногенными химическими веществами.

Группу сравнения составили 43 ребенка (55,8 % мальчиков и 44,2 % девочек; средний возраст 7,83 ± 0,63 г.), проживающих в условиях относительного санитарно-гигиенического благополучия. По данным натурных исследований качество атмосферного воздуха на территории сравнения соответствовало гигиеническим нормативам. Группы были сопоставимы по половозрастному и социальным критериям (p = 0,13–0,86).

В 2010–2016 гг. на территории наблюдения по данным мониторинговых наблюдений и натурных исследований качества атмосферного воздуха, проводимых ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае» и ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», максимальные разовые концентрации бензола составляли до 14,7 ПДК; среднегодовые концентрации фенола – 1,3–2,3 ПДК$_{сс}$, взвешенных частиц – 1,1–1,3 ПДК$_{сс}$, содержание формальдегида – 1,4–3,0 ПДК$_{сс}$ (в 2011–2013 гг.), толуол определялся в атмосферном воздухе ниже допустимого уровня.

Медико-биологические исследования выполнены с соблюдением международных и национальных этических принципов (Хельсинкская декларация (1975 г. с доп. 1983 г.), Национальный стандарт РФ ГОСТ-Р 52379-2005 «Надлежащая клиническая практика» (ICH E6 GCP)). Перед обследованием у законного представителя несовершеннолетнего получено добровольное согласие на медицинское вмешательство.

Клиническое обследование детей включало медико-социальное анкетирование, клиническое, функциональное и лабораторное обследование. Методами функциональной диагностики оценивалось состояние носового дыхания (риноманометрия), вегетативной нервной системы (кардиоинтервалография). Лабораторные исследования (общеклинический анализ крови, риноцитограмма, биохимический анализ крови, иммунологическое исследование). Все исследования проводились по стандартным методикам на поверенном оборудовании, полученные результаты оценивались согласно возрастным физиологическим нормативам.

Химико-аналитическое определение в крови формальдегида выполнено методом высокоэффективной жидкостной хроматографии по МУК 4.1.2111-06; бензола, толуола и фенола – методом газовой хроматографии в соответствии с МУК 4.1.765-99 и МУК 4.1.2108-06.

Анализ полученных данных проводился общепринятыми статистическими методами с использованием прикладной программы Statistica 6.0 и с помощью специально разработанных программных продуктов, сопряженных с приложениями MS-Office. С целью установления причинно-следственных связей между воздействием техногенных химических факторов и отклонениями функциональных, лабора-

торных показателей выполнено математическое моделирование. Достоверность численных значений оценивалась по критерию Фишера, *t*-критерию Стьюдента при заданном уровне значимости $p \leq 0{,}05$ [9].

Результаты. По данным химико-аналитического исследования установлено, что у детей с хроническим аллергическим ринитом, проживающих на территории с многокомпонентным загрязнением атмосферного воздуха техногенными химическими веществами, выявлено присутствие в крови бензола (0,00098 ± 0,0004 мг/дм^3) и толуола (0,0012 ± 0,0002 мг/дм^3), концентрация которых до 10,9 раза превышала показатели детей группы сравнения ($p = 0{,}0001$–$0{,}0002$). Следует отметить, что повышенное содержание бензола определялось у 34,0 % экспонированных детей, толуола – в 68,0 % случаев. Средняя концентрация фенола в крови детей группы наблюдения составила 0,019 ± 0,006 мг/дм^3, превысив в 1,9 раза фоновые значения ($p < 0{,}05$) и в 4,3 раза показатель группы сравнения (0,0044 ± 0,0032 мг/дм^3, $p = 0{,}0001$). У детей, проживающих в условиях комплексного аэрогенного воздействия техногенных химических веществ, среднее содержание формальдегида в крови находилось на уровне 0,011 ± 0,002 мг/дм^3, что в 1,3 раза превышало фоновый показатель ($p < 0{,}05$) и в 3,4 раза – средние значения сравниваемой группы (0,0032 ± 0,002 мг/дм^3, $p = 0{,}0001$). Повышенные концентрации фенола и формальдегида в крови экспонированных детей регистрировались в 40,5–40,8 % исследованных проб, что было в 2,6–4,3 раза чаще, чем в сравниваемой группе. Установлено, что средняя индивидуальная поступившая доза взвешенных веществ у детей группы наблюдения составила 0,039 ± 0,001 мг/(кг·сут).

Согласно результатам риноманометрии у 70,4 % детей с аллергическим ринитом группы наблюдения отмечалось затруднение носового дыхания (суммарная общая скорость потока (СОП) 435,52 ± 21,59 см³/с), что было в 1,3 раза чаще, чем в группе сравнения (53,8 %; СОП 547,76 ± 23,45 см³/с, $p = 0{,}0001$). Отмечено, что в 38,5 % случаев имела место выраженная носовая обструкция (15,4 % в группе сравнения, $p = 0{,}024$). Установлена достоверная причинно-следственная связь вероятности снижения суммарной общей скорости носового потока с обеих сторон при повышении концентрации фенола в крови и уровня среднесуточного содержания взвешенных веществ в атмосферном воздухе ($R^2 = 0{,}41$–$0{,}49$; $245{,}17 \leq F \leq 542{,}71$; $p = 0{,}0001$). Вероятность развития выраженной носовой обструкции была в 3,4 раза выше у детей группы наблюдения ($OR = 3{,}45$; $CI = 1{,}12$–$10{,}56$).

По результатам риноцитограммы 17,3 % детей группы наблюдения имели повышенный индекс носовой эозинофилии, в сравниваемой группе таких детей было в 4,1 раза меньше (4,2 %, $p = 0{,}05$). Выявлена достоверная причинно-следственная связь вероятности увеличения индекса носовой эозинофилии при повышении концентрации формальдегида в крови и уровня среднесуточного содержания взвешенных веществ в атмосферном воздухе ($R^2 = 0{,}22$–$0{,}29$; $167{,}82 \leq F \leq 188{,}83$; $p = 0{,}0001$).

Оценка биохимического анализа крови показала увеличение среднего уровня С-реактивного белка (СРБ) высокочувствительного, свидетельствующего о повышении активности воспалительного процесса, у детей группы наблюдения (4,29 ± 0,25 мг/дм^3) в 1,4 раза по отношению к физиологической норме ($p = 0{,}0001$) и в 1,3 раза – к показателю группы сравнения (3,24 ± 0,23 мг/дм^3, $p = 0{,}0015$). Повышенный уровень СРБ регистрировался в 1,2 раза чаще в группе наблюдения

(79,5 % случаев против 66,7 % в группе сравнения, $p = 0,15$). Выявлена зависимость между уровнем СРБ высокочувствительного и содержанием бензола в крови ($R^2 = 0,42$; $F = 233,00$; $p = 0,0001$).

Отмечено, что у детей с аллергическим ринитом, проживающих в условиях комплексного аэрогенного воздействия техногенных веществ, развивался дисбаланс антиоксидантной и оксидантной систем организма. Так, у 42,9 % детей группы наблюдения регистрировался повышенный уровень гидроперекиси липидов в сыворотке крови (391,29 ± 8,07 мкмоль/см^3), в отличие от группы сравнения, где таких детей было в 1,5 раза меньше (27,8 %, $p = 0,0001$). Установлена достоверная причинно-следственная связь вероятности повышения уровня гидроперекиси липидов в крови при повышенном содержании толуола и фенола в крови ($R^2 = 0,38–0,80$; $79,35 \leq F \leq 850,12$; $p = 0,0001$) и уровне среднесуточного содержания взвешенных частиц в атмосферном воздухе ($R^2 = 0,72$; $F = 1535,87$; $p = 0,0001$). У детей группы наблюдения общая антиоксидантная способность (АОС) сыворотки крови составила 269,96 ± 7,94 мкмоль/дм^3, что было ниже физиологического норматива и уровня группы сравнения (296,96 ± 10,57 мкмоль/дм^3, $p = 0,0002$). У 38,1 % детей группы наблюдения имела место сниженная активность супероксиддисмутазы (СОД) в сыворотке крови, что было в 1,5 раза чаще, чем в группе сравнения (25 %, $p = 0,28$). Установлена обратная зависимость снижения СОД при повышении в крови уровня бензола, фенола, формальдегида ($R^2 = 0,38–0,69$; $188,63 \leq F \leq 287,67$; $p = 0,0001$) и уровня среднесуточного содержания взвешенных частиц в атмосферном воздухе ($R^2 = 0,53$; $F = 291,03$; $p = 0,0001$).

Анализ иммунологического статуса показал, что у 25,6 % детей, проживающих в условиях многокомпонентного аэрогенного загрязнения техногенными химическими веществами, регистрировались повышенные значения фагоцитарного индекса, что было в 2,2 раза чаще, чем в сравниваемой группе (11,4 %, $p = 0,067$). Кроме того, в группе наблюдения среднее содержание иммуноглобулина G составило 11,05 ± 0,11 г/дм^3, превысив физиологический норматив и показатель группы сравнения (10,16 ± 0,19 г/дм^3, $p = 0,019$). Повышенный уровень IgG встречался у 29,9 % детей групп наблюдения (в группе сравнения – 21,1 %, $p = 0,27$). Установлена прямая причинно-следственная связь вероятности повышения фагоцитарного индекса от концентрации формальдегида в крови ($R^2 = 0,50$; $F = 465,57$; $p = 0,0001$).

В условиях многокомпонентного аэрогенного загрязнения техногенными химическими веществами у детей отмечалось развитие сенсибилизации в виде повышения содержания общего иммуноглобулина Е до 276,82 ± 16,46 МЕ/см^3, что в 2,1 раза выше возрастной нормы ($p = 0,0001$) и в 1,2 раза – показателя группы сравнения ($p = 0,0037$). Выявлена достоверная причинно-следственная связь вероятности повышения уровня общего IgE при увеличении содержания в крови формальдегида, фенола ($R^2 = 0,38–0,55$; $91,74 \leq F \leq 560,58$; $p = 0,0001$) и уровня среднесуточного содержания взвешенных частиц ($R^2 = 0,51$; $F = 627,25$; $p = 0,0001$).

Кроме того, по данным углубленного клинического обследования у 60,7 % детей с аллергическим ринитом группы наблюдения диагностировалась патология нервной системы, что было в 2,0 раза чаще, чем в сравниваемой группе (30,2 %, $p = 0,0001$). При этом синдром вегетативной дистонии встречался в 2,7 раза чаще, чем в группе сравнения ($p = 0,007$).

При анализе данных кардиоинтервалографии установлено, что у 22,2 % детей, проживающих в условиях комплексного аэрогенного воздействия техногенных

химических веществ, определялась исходная симпатикотония, в 63,3 % случаев – гиперсимпатико-тоническая вегетативная реактивность, что было в 1,7–1,8 раза чаще сравниваемой группы (12,5 и 37,5 % соответственно, $p = 0{,}20–0{,}04$). Установлена достоверная причинно-следственная связь повышения показателей АМо, ИН2/ИН1 при увеличении содержания бензола, фенола, формальдегида в крови и уровня среднесуточного содержания взвешенных веществ в атмосферном воздухе ($R^2 = 0{,}24–0{,}65$; $111{,}29 \leq F \leq 852{,}82$; $p = 0{,}0001$).

Выводы. В условиях комплексного аэрогенного загрязнения техногенными химическими веществами у 34,0–68,0 % детей с хроническим аллергическим ринитом регистрировалось повышенное содержание в крови бензола, толуола, фенола и формальдегида относительно фоновых уровней и показателей группы сравнения (до 10,8 раза).

У экспонированных детей аллергический ринит в 2,5 раза чаще проявлялся выраженным затруднением носового дыхания, обусловленным развитием окислительного стресса (гидроперекиси липидов), снижением антиоксидантной защиты (АОС, СОД) и сопровождавшимся в 1,4 раза чаще развитием воспалительных процессов (СРБ высокочувствительный), в 2,2 раза – иммунными нарушениями (фагоцитарный индекс, IgG), общей сенсибилизаций (индекс носовой эозинофилии, IgE общий). Установлено, что вероятность выраженной носовой обструкции у детей, проживающих в условиях комплексного аэрогенного загрязнения техногенными химическими веществами, выше в 3,4 раза.

У экспонированных детей аллергический ринит в 2,7 раза чаще сопровождался вегетативными дисфункциями преимущественно по симпатико-тоническому типу (симпатико-тонический исходный вегетативный тонус, гиперсимпатико-тоническая вегетативная реактивность).

Доказана связь клинико-лабораторных особенностей аллергического ринита с концентрацией бензола, толуола, фенола, формальдегида в крови и уровнем среднесуточного содержания взвешенных веществ в атмосферном воздухе.

Список литературы

1. Аллергический ринит у детей дошкольного возраста, проживающих в городских условиях Алтайского края: популяционное одномоментное исследование / Н.В. Шахова, Е.М. Камалтынова, Ю.Ф. Лобанов, Т.С. Ардатова // Вопросы современной педиатрии. – 2018. – Т. 17, № 3. – С. 228–235.

2. Балаболкин И.И. Возрастные особенности аллергической патологии у детей // Аллергология и иммунология в педиатрии. – 2012. – № 2. – С. 8–16.

3. Жерносек В.Ф. Аллергический ринит у детей: современное понимание проблемы, возможности контроля ринита резистентного типа // Медицинские новости. – 2013. – № 10. – С. 34–40.

4. Клинико-иммунологические особенности пациентов с различными формами аллергических ринитов при сенсибилизации микробными, бытовыми и пыльцевыми аллергенами / Ю.А. Тюрин, И.Д. Решетникова, А.А. Шарифуллина [и др.] // Практическая медицина. – 2018. – Т. 16, № 6. – С. 211–217.

5. Куропатникова Е.А. Аллергический ринит у детей // Аллергология и иммунология в педиатрии. – 2017. – № 3 (50). – С. 5–17.

6. Лещук С.И., Суркова И.В., Сенкевич Н.В. Взаимосвязь загрязнения окружающей среды и экологически обусловленной заболеваемости населения на тер-

ритории техногенного загрязнения // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказкий регион. Серия «Естественные науки». – 2017. – № 2. – С. 110–117.

7. Павлова К.С. Аллергический ринит // Медицинский совет. – 2013. – № 1. – С. 89–96.

8. Рязанцев С.В., Гончаров О.И. Аллергический ринит // Медицинский совет. – 2018. – № 20. – С. 76–79.

9. Флетчер Р., Флетчер С., Вагнер Э. Клиническая эпидемиология. Основы доказательной медицины. – Москва: Медиа Сфера, 1998. – 352 с.

10. Хоха Р.Н. Окружающая среда как фактор риска развития аллергических заболеваний у детей // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – 2016. – № 4. – С. 59–94.

Заболеваемость болезнями органов пищеварения учащихся образовательных учреждений

Е.Ю. Минченко, О.А. Маклакова, И.Е. Штина

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Контроль за состоянием здоровья школьников и мероприятия, направленные на его укрепление, на сегодняшний день являются первоочередными вопросами здравоохранения. С целью проведения сравнительного анализа заболеваемости школьников болезнями пищеварительной системы в образовательных учреждениях различного типа проведено углубленное клиническое обследование 270 детей, обучающихся в школе инновационного типа, и 184 учащихся общеобразовательной школы. В исследуемых образовательных учреждениях анализировались организация учебного процесса, организация школьного питания, оценивался уровень заболеваемости школьников болезнями пищеварительной системы. Установлено, что в школе инновационного типа учебный процесс является более напряженным. Выявлено, что горячее питание не получают 50 % старшеклассников. Питание учащихся носит несбалансированный характер, связанный с недостаточностью поступления витаминов с пищей и продуктов животного происхождения. Изучение заболеваемости болезнями органов пищеварительной системы школьников, обучающихся в образовательных учреждениях с различной интенсивностью учебной нагрузки, показало, что у младших школьников, обучающихся в учреждениях «инновационного» типа, в 1,5 раза чаще встречалась функциональная диспепсия, риск развития сочетанных функциональных нарушений у них был в 4,2 раза выше. В средних классах у обучающихся в школе инновационного типа риск развития сочетанной хронической и функциональной патологии в 2 раза превышал аналогичный показатель среди учащихся общеобразовательной школы. К окончанию обучения каждый пятый выпускник школы инновационного типа, имел хроническую патологию пищеварительного тракта.

Ключевые слова: школа «инновационного» типа, напряженность, учебный процесс, питание, заболеваемость школьников.

Наиболее актуальными вопросами здравоохранения и образования на сегодняшний день являются контроль за состоянием здоровья школьников и мероприятия, направленные на его укрепление [2].

В последние годы значительно изменилось качество обучения школьников. Внедряются новые, специализированные и авторские программы, отличающиеся большой вариативностью, сопровождающиеся интенсификацией учебного процесса, увеличением суммарной учебной нагрузки, снижением физической активности и ухудшением структуры режима дня учащихся [4, 6].

Высокая интенсивность учебного процесса в сочетании с неблагоприятными санитарно-гигиеническими условиями обучения, воздействием средовых факторов, а нередко и с неполноценным питанием создают предпосылки для дисгармоничности физического развития у школьников, переутомления, гиподинамии, снижения работоспособности, стресс-индуцированных функциональных расстройств органов и систем, формирования хронической патологии [1, 2].

Питание является одним из основных факторов, определяющих здоровье современного школьника. Правильно организованное и рациональное питание обеспечивает нормальный рост и гармоничное психофизиологическое развитие ребенка, профилактику заболеваний, высокую работоспособность, повышая неспецифическую резистентность организма к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды. Установлено, что нарушения режима и характера питания коррелируют с частотой морфофункциональных изменений желудочно-кишечного тракта. К алиментарным погрешностям относят: торопливую еду и еду всухомятку; большие интервалы между приемами пищи (более 5–6 ч); еду в разное время; перенесение обеда, состоящего из трех блюд, с дневного на вечернее время; переедание; употребление жирной и острой пищи; прием пищи менее чем за два часа до сна [1].

По литературным данным, наиболее выраженный рост хронической заболеваемости отмечается в период обучения в школе – в возрасте от 7 до 18 лет. За последнее десятилетие частота хронической патологии среди детей всех возрастных групп увеличилась на 22 %. Это связано с уязвимостью и зависимостью детей от условий и факторов среды обитания. В структуре хронических заболеваний у школьников одно из ведущих мест занимают болезни органов пищеварения (22,7 %) [2].

Согласно исследованиям Института возрастной физиологии РАО, за период обучения в школе у детей в 3 раза возрастает заболеваемость болезнями органов пищеварения. Исследования показали, что заболеваемость учащихся болезнями органов пищеварения, по данным медицинских осмотров, за время учебы в школе вырастает в 1,4 раза (со 105,9 ‰ в младших классах до 145,3 ‰ в старших классах). По данным медицинских осмотров увеличивается распределение заболеваний органов пищеварения у школьников: первое место – дискинезия пузырного протока и желчного пузыря (40 %); второе – хронический гастрит (19 %); третье – хронический холецистит, холецистохолангит (18,5 %); четвертое – хронический дуоденит (12,5 %); пятое – функциональные расстройства желудка (7 %). Установлено, что до 30 % выявленной в этот возрастной период патологии ЖКТ относится к группе функциональных нарушений, более половины из которых бесследно исчезают без какого-либо лечения. В то же время значительная часть функциональных нарушений при условии постоянного воздействия на ребенка негативных факторов среды обитания прогрессирует и переходит в хроническую патологию [3, 5, 7].

Цель исследования – провести сравнительный анализ заболеваемости школьников болезнями пищеварительной системы в образовательных учреждениях различного типа.

Материалы и методы. Проведено углубленное клиническое обследование 270 детей (группа наблюдения), обучающиеся в школе инновационного типа – лицее. Из них начальную школу посещали 128 человек (52 % мальчиков и 48 % девочек). В средней школе учились 76 человек (50 % мальчиков и 50 % девочек), в старших классах – 66 человек (48 % мальчиков и 52 % девочек). Группу сравнения составили 184 учащихся общеобразовательной школы. Начальную школу посещали 92 человека (50 % мальчиков и 50 % девочек), в средней школе обучалось 36 человек (52 % мальчиков и 48 % девочек), в старших классах – 56 (47 % мальчиков и 53 % девочек). Группы были сопоставимы по половозрастному составу (p = 0,15–0,82). Возраст детей в сравниваемых группах 7–17 лет.

Углубленное клиническое обследование включало: анализ амбулаторных карт развития (форма № 112/у); оценку клинического статуса детей врачами-специалистами (педиатр, гастроэнтеролог, невролог); ультразвуковое исследование печени, желчного пузыря, а также внепеченочных желчных протоков; проанализированы основные документы, регламентирующие деятельность общеобразовательных учреждений, в том числе СанПиН 2.4.2.2821-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях», СанПиН 2.4.5.2409-08 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации питания обучающихся в общеобразовательных учреждениях, учреждениях начального и среднего профессионального образования»; проведен анализ современного состояния проблемы интенсификации учебного процесса, а также закономерностей изменения состояния здоровья школьников, обучающихся по специализированным и авторским программам; рассмотрены вопросы, связанные с совершенствованием организации школьного питания. Для получения объективной информации о комплексном воздействии на здоровье школьников высоких интеллектуальных нагрузок, санитарно-гигиенических характеристик внутренней среды учебных помещений и качества питания были проанализированы данные недельных дневников питания, оценены показатели физического и нервно-психологического развития, а также уровень соматического здоровья детей, посещающих общеобразовательные учреждения с различными типами программ обучения.

Медико-биологические исследования проводились с соблюдением этических принципов, изложенных в Хельсинкской декларации (1983) и Национальном стандарте РФ ГОСТ-Р 52379-2005 «Надлежащая клиническая практика» (ICH E6 GCP). Программа исследования была одобрена этическим комитетом ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора (протокол № 2, 2015 г.). Для проведения социологических, клинико-функциональных и лабораторных исследований предварительно у всех законных представителей обследованных детей было получено добровольное информированное согласие.

Анализ информации проводили в пакете статистического анализа Statistica 6.0 и специально разработанных программных продуктов, сопряженных с приложениями MS-Office. Математическую обработку результатов исследования осуществляли с помощью параметрических методов статистики, предварительно оценивали соответствие полученных результатов закону нормального распределения. Стати-

стическая обработка результатов социологических исследований была выполнена путем расчета и сравнения среднеарифметических значений, определения частотных и структурных характеристик. Для оценки достоверности различий полученных данных использовался критерий Стьюдента и Фишера. Различия полученных результатов являлись статистически значимыми при $p \leq 0{,}05$.

Результаты. При сравнительной оценке напряженности образовательного процесса в обеих школах выявлено несоответствие требованиям к длительности перерыва малых перемен, перерыва между сменами, перерыва между основными и факультативными занятиями (п. 10.12. и п.10.13. СанПиН).

В школе инновационного типа у учащихся начальной, средней и старшей школы выявлено превышение максимально допустимой аудиторной недельной нагрузки и общего объема нагрузки в течение дня (п.10.5. и 10.6. СанПиН). В общеобразовательной школе данный показатель соответствовал требованиям. По совокупности нарушений требований пунктов СанПиН 2.4.2.2821-10 режим образовательного процесса в инновационной школе оценен как более напряженный.

При оценке интенсивности процесса обучения учащихся начальной школы по фактору «Время» методом анкетирования родителей установлено, что продолжительность учебной недели и учебного дня в школе инновационного типа выше и зависит от критерия «Тип образовательного учреждения», что подтверждается наличием связи среднего и умеренного типа (коэффициент сопряженности 0,3–0,56, $p = 0{,}00$–$0{,}002$). Для этих школьников характерна более высокая интенсивность учебной нагрузки по фактору «Дополнительная нагрузка»: 26,5 % детей посещают 2–3 учреждения дополнительного образования (против 14,9 % в общеобразовательной школе, коэффициент сопряженности 0,34, $p = 0{,}000$, связь умеренная). В результате анализа двигательной активности установлено, что регулярность посещения спортивных секций обучающимися в инновационной школе ниже, но при этом интенсивность нагрузок – выше (52,5 против 89,7 % и 74,6 против 44,2 % соответственно, коэффициент сопряженности 0,37–0,39, $p = 0{,}000$, связь умеренная) относительно группы сравнения.

При сравнительной оценке организации питания установлено, что охват горячим питанием в обоих образовательных учреждениях соответствует 80 %. При этом самый высокий показатель охвата горячим питанием (95–96,5 %) наблюдался среди учащихся начальной школы, для учащихся среднего звена этот показатель составил 75–76,1 %, для учащихся старших классов – 52–63,9 %. Таким образом, до 50 % старшеклассников предпочитают организованному питанию буфетную продукцию или не едят в школе вообще.

Одним из необходимых условий рационального питания является содержание в пищевом рационе достаточного количества витаминов и минералов. При изучении состава рационов по содержанию витаминов выявлено, что дефицит витаминов среди учащихся начальной школы составил 49 % в школе инновационного типа и 56 % в общеобразовательной школе ($p = 0{,}32$). Существенная разница в среднем потреблении витаминов формировалась за счет учащихся средней школы (в инновационной школе соответствие НФП на 108 % против дефицита в 48 % в общеобразовательной школе, $p < 0{,}001$). Среди учащихся старшей школы данный показатель составил 44 и 50 % соответственно, $p = 0{,}39$.

Анализ суточных рационов учащихся показал снижение потребления продуктов животного происхождения (молочные продукты, рыба, яйцо), овощей при одно-

временном увеличении потребления макаронных изделий, птицы и кондитерских изделий. Доля продуктов ежедневного потребления, предлагаемых в инновационной школе, составляет 33 % от суточного набора и в общеобразовательной школе – 29 % ($p = 0,54$). При этом вклад организованного питания в школе инновационного типа в формирование суточного потребления рекомендуемых необходимых продуктов более существенный, по сравнению с общеобразовательной школой.

Результаты проведенного исследования показали, что 68,1 % учащихся начального звена школы инновационного типа имели патологию ЖКТ, преимущественно функционального характера, в общеобразовательной школе таких детей было в 1,2 раза меньше (56,4 %, $p = 0,26$). Установлено, что вероятность развития сочетанной функциональной патологии (функциональная диспепсия и билиарная дисфункция) было в 4,2 раза выше у учащихся школы инновационного типа ($RR = 4,25$; $DI = 1,00–18,09$; $p = 0,05$) Хроническим гастродуоденитом страдали два ребенка, которые обучались в школе инновационного типа (2,5 %, $p = 0,01$).

В средней школе болезни органов пищеварения диагностированы у 51,3–58,3 % учащихся и были представлены в основном функциональными нарушениями. Установлено, что функциональная диспепсия встречалась в 2,1 раза чаще у детей, обучающихся в школе инновационного типа (17,1 % против 8,3 % группы сравнения, $p = 0,01$). Хронический гастродуоденит диагностировался в 1,7 раза чаще у учащихся средних классов общеобразовательной школы (19,6 и 11,8 % учеников в инновационной школе, $p = 0,33$). Однако сочетание хронической и функциональной гастропатологии среди обучающихся в школе инновационного типа встречалось в 1,9 раза чаще, чем в общеобразовательной школе (15,8 и 8,3 % соответственно, $p = 0,27$). Риск развития хронического гастродуоденита в сочетании с функциональными нарушениями верхних отделов пищеварительного тракта в 2 раза превышал аналогичный показатель у учащихся среднего звена общеобразовательной школы ($OR = 2,03$; $DI = 0,78–5,27$; $p = 0,21$).

У старшеклассников школы инновационного типа увеличилась частота встречаемости патологии ЖКТ в 1,2 раза по сравнению с учащимися общеобразовательной школы, где уровень заболеваемости остался практически тем же, что и на второй ступени обучения. Количество детей с хроническим гастродуоденитом в старших классах общеобразовательной школы осталось на прежнем уровне (19,6 %), а в школе инновационного типа среди учащихся произошел рост хронической патологии в 1,8 раза.

Выводы. Результаты проведенного исследования показали, что для инновационного образовательного учреждения характерен более напряженный режим образовательного процесса. Питание учащихся носит несбалансированный характер, связанный с недостаточностью поступления витаминов с пищей и продуктов животного происхождения. Горячим питанием охвачено только 50 % старшеклассников. Установлено, что у младших школьников, обучающихся в учреждениях «инновационного» типа, в 1,5 раза чаще встречалась функциональная диспепсия, риск развития сочетанных функциональных нарушений у них был в 4,2 раза выше. В средних классах у обучающихся в школе инновационного типа риск развития сочетанной хронической и функциональной патологии в 2 раза превышал аналогичный показатель среди учащихся общеобразовательной школы. К окончанию обучения у каждого пятого учащегося школы с интенсивной учебной нагрузкой формировалась хроническая патология пищеварительного тракта.

Список литературы

1. Белоусова И.Б., Макаренко В.К. Формирование этиологических факторов гастроэнтерологической патологии у школьников [Электронный ресурс] // Исследования в области естественных наук. – 2015. – № 1. – URL: http://science.snauka.ru/2015/01/8782 (дата обращения: 29.09.2017).

2. Гигиеническая оценка напряженности учебной деятельности обучающихся 5–10 классов общеобразовательных школ / Р.В. Кучма, Н.В. Ефимова, Е.А. Ткачук, И.В. Мыльникова // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95 (6). – С. 552–558.

3. Запруднов А.М., Григорьев К.И. Современные особенности подростковой гастроэнтерологии // Педиатрия. – 2011. – Т. 90 (2). – С. 6.

4. Макунина О.А., Якубовская И.А. Структура и динамика состояния здоровья школьников 7–17 лет // Здоровье и образование в 21 веке: электронный научно-образовательный вестник. – 2015. – Т. 17, № 2. – С. 29–31.

5. Печкуров Д.В., Щербаков П.Л., Каганова Т.И. Синдром диспепсии у детей. – М.: Медпрактика-М, 2007. – 144 с.

6. Теппер Е.А., Таранушенко Т.Е. Анализ здоровья школьников, начавших обучение в разном возрасте // Здравоохранение Российской Федерации. – 2013. – № 3. – С. 42–50.

7. Хузиханов Ф.В., Нурмиева А.А. Обоснование медико-социальной профилактики заболеваний органов пищеварения у школьников г. Казани [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования: сетевое издание. – 2011. – № 4. – URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id = 4743 (дата обращения: 29.03.2022).

Особенности клеточного иммунного профиля детского населения приполярной территории Восточной Сибири

Н.А. Никоношина[1], О.В. Долгих[1,2,3], Е.С. Паинова[2]

[1]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2]ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
[3]ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
г. Пермь, Россия

Проведен анализ особенностей клеточного иммунного профиля детского населения приполярной территории Восточной Сибири, подвергающегося воздействию неблагоприятных климатогеографических факторов данной территории. Иммунный статус обследованных детей характеризуется дефицитом содержания $CD3^+$- и $CD3^+CD25^+$-лимфоцитов, сни-

жением расчетного иммунорегуляторного индекса $CD4^+/CD8^+$ на фоне избытка $CD3^+CD8^+$-, $CD3^+CD95^+$- и CD127-лимфоцитов относительно группы сравнения ($p < 0,05$). Установленные признаки угнетения клеточного иммунитета (дефицит $CD3^+$- и $CD3^+CD25^+$-лимфоцитов), снижения иммунорегуляторного индекса ($CD4^+/CD8^+$), а также нарушения апоптоза ($CD3^+CD95^+$) и активации иммунорегуляторныз процессов (CD127) отражают особенности адаптации детей к климатогеографическим условиям данного региона. Следовательно, у детей в условиях жесткого климатогеографического режима формируется иммунный профиль взрослого человека, что обусловливает ускорение биологических событий в индивидуальном развитии организма и, как следствие, более раннее его «старение». Таким образом, выявленные изменения клеточного иммунного профиля (дефицит $CD3^+$ и $CD3^+CD25^+$ и избыток $CD3^+CD8^+$, $CD3^+CD95^+$ и CD127) формируют комплекс маркерных иммунологических показателей воздействия климатогеографических факторов приполярной территории Восточной Сибири, характеризующих ранние дезадаптационные изменения состояния здоровья обследованного контингента, которые могут быть использованы для профилактики и ранней диагностики экологически зависимых патологий детского населения данной территории.

Ключевые слова: иммунный профиль, приполярные территории, дети, климатогеографические факторы.

Приполярные территории Восточной Сибири характеризуются экстремальными климатогеографическими условиями среды обитания. Пониженная среднегодовая температура воздуха, длительная суровая зима и короткое прохладное лето, повышенная влажность, резкие колебания атмосферного давления, избыточная активность гелиокосмических факторов, регулярные значительные возмущения в ионосфере, а также возрастающая к северу напряженность и изменчивость магнитного поля Земли оказывают значительное влияние на состояние физиологических систем организма человека [4]. Кроме того, выраженная сезонная асимметрия фотопериодизма, проявляющаяся в удлиненном световом дне в весенне-летний период («полярный день») и максимально укороченном – в осенне-зимний период («полярная ночь») приводит к десинхронизации биологических ритмов у населения северных регионов [7]. Стоит отметить, что организм человека подвергается воздействию не отдельно взятого экологического фактора на данной территории, а совокупному влиянию всех климатогеографических детерминант. Частое, внезапное и резкое изменение периодических колебаний абсолютных величин данных факторов значительно снижает адаптационный потенциал и индуцирует нарушения гомеостатического равновесия, затрагивая изменения иммунного профиля и его клеточных детерминант [1, 3]. При этом дети наиболее чувствительны к воздействию неблагоприятных факторов среды обитания по причине несовершенства адаптационных и регуляторных систем и процессов в организме [2, 5, 6, 8]. Следовательно, изучение клеточного иммунного профиля детского населения, а именно выявление изменений субпопуляционного состава лимфоцитов у детей с использованием современных биомедицинских технологий, позволит выявить комплекс иммунологических маркерных показателей воздействия неблагоприятных климатогеографических факторов с целью их дальнейшего использования в профилактике и ранней диагностике экологически зависимых патологий детского населения приполярной территории Восточной Сибири.

Цель исследования – выявить особенности клеточного иммунного профиля детского населения, проживающих в условиях воздействия неблагоприятных климатогеографических факторов приполярной территории Восточной Сибири.

Материалы и методы. Проведено клинико-лабораторное обследование 350 детей в возрасте 4–12 лет, проживающих на территории Восточной Сибири. Группу наблюдения составили 205 детей, проживающих на приполярной территории (69° с.ш.). Группу сравнения составили 145 детей, проживающих на территории средней широты (55° с.ш.) Восточной Сибири.

Анализ клеточного иммунного профиля обследованных детей – изучение популяционного и субпопуляционного состава лимфоцитов по критерию экспрессии мембранных маркеров клеточной дифференцировки ($CD3^+$, $CD3^+CD4^+$, $CD3^+CD8^+$, $CD3^+CD25^+$, $CD3^+CD95^+$, CD127) проводили методом проточной цитометрии на приборе FACSCalibur (Becton Dickinson, USA) с использованием универсальной программы CellQuestPrO.

Для статистической обработки результатов исследования применялись методы математической статистики с помощью пакета прикладных программ Statistica 10.0 (StatSoft, USA). Для оценки уровня достоверности полученных данных использовали параметрический критерий Стьюдента с учетом нормального распределения переменных в сравниваемых группах. В случае отклонения от нормального распределения, для сравнения данных использовали непараметрический *U*-критерий Манна – Уитни. Различия между группами считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. В результате проведенного фенотипирования различных популяций и субпопуляций лимфоцитов детского населения приполярной территории Восточной Сибири выявлены изменения показателей клеточного иммунного профиля, указывающие на признаки нарушения адаптивного иммунного ответа, ассоциированные с неблагоприятным воздействием климатогеографических факторов данного региона (таблица).

Особенности клеточного иммунного профиля детского населения приполярной территории Восточной Сибири

Показатель	Референтный уровень	Группа наблюдения ($n = 205$)	Группа сравнения ($n = 145$)	p
$CD3^+$-лимфоциты, %	55–84	70,080 ± 3,360	74,944 ± 1,299	0,008
$CD3^+CD4^+$-лимфоциты, %	31–60	36,32 ± 3,148	39,556 ± 1,288	0,059
$CD3^+CD8^+$-лимфоциты, %	13–41	33,240 ± 2,762	25,208 ± 1,270	0,010
$CD4^+/CD8^+$, усл. ед.	0,8–4.2	1,23 ± 0,195	1,616 ± 0,096	0,001
$CD3^+CD25^+$-лимфоциты, %	5–12	4,167 ± 0,840	9,966 ± 0,582	0,001
$CD3^+CD95^+$-лимфоциты, %	15–25	20,200 ± 2,263	14,400 ± 0,787	0,019
CD127-лимфоциты, %	0,8–1,2	12,069 ± 1,300*	1,061 ± 0,160	0,001

Примечание: * – различия с референтным уровнем статистически значимы ($p < 0,05$).

Так, у 64 % детей из группы наблюдения общее содержание Т-лимфоцитов с мембранным $CD3^+$-маркером достоверно снижено по отношению к группе сравнения ($p < 0,05$). При этом повышенный уровень экспрессии $CD3^+CD8^+$-маркера цитотоксических лимфоцитов у 66,7 % обследованных детей на фоне незначительного снижения уровня $CD3^+CD4^+$-лимфоцитов относительно группы сравнения обусловливает достоверное снижение иммунорегуляторного индекса $CD4^+/CD8^+$ ($p < 0,05$), что указывает на первичные признаки развития клеточного иммунодефицита у обследованных детей (таблица).

Выявленный у 84 % детей пониженный уровень экспрессии $CD3^+CD25^+$-маркера ранней активации лимфоцитов относительно группы сравнения также свидетельствует об угнетении клеточного иммунитета в обследованной выборке ($p < 0,05$).

В свою очередь, гиперэкспрессия $CD3^+CD95^+$-рецептора лимфоцитами у 68 % детей, включенных в группу наблюдения, по отношению к группе сравнения ($p < 0,05$), демонстрирует признаки активации апоптоза лимфоцитов.

92 % детей, проживающих в приполярных районах Восточной Сибири, характеризуется избыточным содержанием CD127-лимфоцитов, которое превышает не только аналогичные значения данного показателя в группе сравнения, но и в 10 раз превосходят установленный референтный уровень ($p < 0,05$). Полученные результаты демонстрируют признаки активации иммуннорегуляторных и иммуносупрессивных реакций, что в условиях неблагоприятного воздействия климатогеографических факторов приполярной территории Восточной Сибири может обусловливать развитие экологически зависимого клеточного иммунодефицита с нарушениями апоптоза.

Выводы. Таким образом, клеточный иммунный профиль детского населения приполярной территории Восточной Сибири характеризуется снижением процентного содержания $CD3^+$- и $CD3^+CD25^+$-лимфоцитов, а также иммунорегуляторного индекса $CD4^+/CD8^+$ на фоне повышенного содержания $CD3^+CD8^+$-, $CD3^+CD95^+$- и CD127-лимфоцитов относительно группы сравнения ($p < 0,05$), что указывает на развитие клеточного иммунодефицита с нарушениями запрограммированной клеточной гибели. Выявленные адаптационные изменения иммунной регуляции к неблагоприятным климатогеографическим условиям приполярных территорий у обследованных детей отражают ускорение биологических событий в онтогенезе организма и его более раннее «старение», что повышает риск развития хронических экологически зависимых патологий в более раннем возрасте.

Список литературы

1. Гребенюк Г.Н., Кузнецова В.П. Современная динамика климата и фенологическая изменчивость северных территорий // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 11–5. – С. 1063–1077.

2. Долгих О.В., Мазунина А.А., Никоношина Н.А. Полиморфизм гена белка-переносчика органических анионов 1B1 OATP1B1 RS2306283 у детей с заболеваниями щитовидной железы, проживающих в условиях Крайнего Севера // Якутский медицинский журнал. – 2022. – № 1 (77). – С. 16–19.

3. Ениикиев А.В., Шумилов О.И., Касаткина Е.А. Сезонные изменения функционального состояния организма детей Кольского Заполярья // Экология человека. – 2007. – № 5. – С. 23–28.

4. Молчанова Е.В. Факторы здоровья населения северных регионов (на примере Республики Карелия) // Народонаселение. – 2012. – № 3 (57). – С. 028–033.

5. Никоношина Н.А., Долгих О.В. Особенности иммунной и эндокринной регуляции детского населения севера Сибири, ассоциированные с полиморфизмом гена MTNR1A (rs34532313) // Здоровье населения и среда обитания. – 2020. – № 5. – С. 25–28.

6. Новицкая В.П., Прахин Е.И. Влияние дополнительной витаминизации районов Заполярья на вариабельность морфофункциональных параметров иммунной системы //Якутский медицинский журнал. – 2019. – №. 3. – С. 91–93.

7. Шубик В.М. Проблемы экологической иммунологии на Крайнем Севере // Биосфера. – 2011. – № 3. – С. 390–407.

8. Approaches and considerations for the assessment of immunotoxicity for environmental chemicals: a workshop summary / D.R. Boverhof, G. Ladics, B. Luebke, J. Botham [et al.] // Regulatory Toxicology and Pharmacology. – 2014. – Vol. 68, № 1. – P. 96–107.

Методическое обеспечение определения потенциально опасных высокотоксичных соединений в биологических средах человека для оценки риска и биомедицинских исследований

Т.В. Нурисламова, Т.С. Уланова, Н.А. Попова

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Приведены результаты экспериментальных исследований по разработке комплекса газохроматографических методик определения N-нитрозоаминов и хлорорганических соединений в биологических средах (кровь, моча), акрилонитрила в выдыхаемом воздухе.

Разработка газохроматографических высокочувствительных и селективных методик определения N-нитрозоаминов в биологических средах включала отработку специальных приемов, позволяющих повысить чувствительность и получить эффективное извлечение определяемых соединений из биологической матрицы сложного состава. Комплексное использование дистилляции в сочетании с оптимальной схемой элюирования твердофазной экстракции и концентрированием дистиллята на угольный картридж Coconut 6 мл позволило достичь высокой полноты извлечения, которая составила для N-нитрозодиметиламина – 98,5 %, для N-нитрозодиэтиламина – 100 %. Разработанные газохроматографические методики позволяют определять N-нитрозоамины в крови и в моче в присутствии других органических соединений этого класса в диапазоне концентраций 0,002–0,1 мкг/см^3 для крови и для мочи 0,0095–0,6 мкг/см^3 с погрешностью определения 23 %.

Методика определения акрилонитрила в выдыхаемом воздухе основана на сорбции изучаемого соединения на сорбент Tenax TA в сочетании с оптимальными условиями пробоподготовки, термодесорбции и применением капиллярной газовой хроматографии и позволяет определять токсичное соединение на уровне 0,0003 мкг в анализируемом объеме пробы, со степенью извлечения 96,7 % селективно, достоверно, с высокой чувствительностью в соответствии с задачами социально-гигиенического мониторинга.

Модифицированные применительно к анализу крови и мочи газохроматографические методики определения алифатических хлорированных углеводородов (хлороформ, тетрахлорметан, 1,2-дихлорэтан, дибромхлорметан, дихлорбромметан) в биологическом материале (моча, кровь) позволяют выполнять определение с пределом обнаружения (мкг/см^3) для

крови и мочи соответственно: хлороформ – 0,005 и 0,0015, тетрахлорметан – 0,0006 и 0,0004, 1,2-дихлорэтан – 0,05 и 0,0125. Погрешность определения 9,1–28,9 %.

Ключевые слова: биологические среды (кровь, моча, выдыхаемый воздух), акрилонитрил, N-нитрозоамины, газохроматографический анализ, полнота извлечения, анализ равновесной паровой фазы (АРПФ), твердофазная экстракция.

Стратегия национальной безопасности РФ в качестве одного из приоритетов устойчивого развития страны рассматривает ее химическую безопасность. Актуальность данного стратегического направления обусловлена усиливающимся негативным влиянием химических факторов на население и экологическую систему [7].

Здоровье населения формируется под влиянием совокупности различных факторов, важным из которых является загрязнение среды обитания, условий труда и качество продуктов питания [7].

Приоритет охраны здоровья населения РФ продекларирован и закреплен в базовых федеральных законах «Об охране окружающей среды» и «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» как один из основных принципов природоохранной деятельности [3].

Современные гигиенические исследования во всем мире опираются на систему биологического мониторинга – «золотой стандарт» доказательной базы. Он позволяет выявлять и определять приоритетные загрязнители и маркерные вещества в объектах окружающей среды и биологических средах населения [1, 4, 5].

В связи с этим проведение исследований по оценке риска здоровью населения промышленных городов, обусловленное воздействием химических загрязнителей атмосферного воздуха и питьевой воды, пищевых продуктов с учетом характера и уровня загрязнения, времени экспозиции, являются необходимым условием последующей разработки и поэтапной реализации комплекса эффективных мероприятий по управлению здоровьем населения через оптимизацию качества среды обитания.

Вышеизложенное указывает на актуальность настоящей работы, адекватность **цели и задач исследований**, направленных на разработку методического обеспечения мониторинга потенциально опасных высокотоксичных соединений в биосредах населения, проживающего в условиях техногенного воздействия промышленно развитых регионов.

Материалы и методы. Исследования выполнялись специалистами химико-аналитического отдела ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения».

Определения органических соединений в биологических средах выполнялись на базе современного инструментального оборудования – газовой хроматографии с использованием селективных и высокочувствительных детекторов, капиллярных колонок, хромато-масс-спектрометрии.

В Центре используются современные способы пробоподготовки, основанные на жидкостной и твердофазной экстракции, дериватизации целевых компонентов, анализе равновесной паровой фазы и т.д.

N-нитрозоамины. Анализ образцов крови на содержание N-нитрозодиметиламина выполняли методом хромато-масс-спектрометрии: газовый хроматограф Agilent 7890A с квадрупольным масс-спектрометрическим детектором (MCD) 5975C. Для разделения N-нитрозоаминов использовали кварцевую капиллярную

колонку серии HP-FFAP длиной 30 м, внутренним диаметром 0,25 мм и толщиной пленки неподвижной фазы 0,25 μm [6]. Режим программирования колонки: начальная температура 50 °С, повышение температуры до 120 °С со скоростью 8 °С/мин; от 120 ºС до 185 °С со скоростью 12 °С/мин и от 185 °С до 240 °С со скоростью 25 °С/мин, с выдержкой при конечной температуре 5 мин. В качестве газа-носителя использовали гелий; скорость газа-носителя 1,0 мл/мин в режиме постоянного потока. Температура аналитического интерфейса 220 °С, время удерживания N-нитрозодиметиламина 7,85 мин. Ввод пробы осуществляли с помощью автосамплера Agilent ALS в режиме pulsed/splitless; объем пробы 2 мкл.

При подготовке образцов крови использовали автоматическую систему твердофазной экстракции (ТФЭ) Sepaths для концентрирования и выделения аналитов из матрицы биосреды в чистом виде.

Контингентом обследования являлись дети, посещающие детские дошкольные организованные учреждения и постоянно потребляющие питьевую воду с превышением гигиенического норматива в 1,2 раза по нитратам (среднегодовые концентрации 51,7 ± 12,92 мг/дм^3) и N-нитрозодметиламина – в 1,6 раза (среднегодовые концентрации 0,016 ± 0,003 мг/дм^3) (группа наблюдения, n = 39).

Акрилонитрил. Исследования образцов выдыхаемого воздуха на содержание акрилонитрила выполняли методом капиллярной газовой хроматографии с термоионным детектором. Отбор проб выдыхаемого воздуха летучих органических соединений проводился на сорбционные трубки с последующей термодесорбцией и анализом на газовом хроматографе «Кристалл-5000» с применением капиллярной колонки PoraPlot Q -25m•0,53mm•0,5μm.

Разработка методики определения акрилонитрила в выдыхаемом воздухе базировалась на следующих принципах: установлении хроматографического поведения вещества в условиях анализа (по критериям разделения); выборе оптимальных условий пробоподготовки (сорбция) и количественного определения; изучении полноты извлечения способом «введено – найдено»; установлении метрологических характеристик измерительного процесса.

Хлорорганические соединения. Исследования биосред (кровь) детей на содержание хлорорганических углеводородов (хлороформ, тетрахлорметан, 1,2-дихлорэтан, дибромхлорметан, дихлорбромметан) выполняли методом анализа равновесной паровой фазы на газовом хроматографе «Кристалл-5000» с капиллярной колонкой DB-624 и селективным детектором электронного захвата (ДЭЗ) [2].

Результаты. ***N-нитрозоамины.*** Основные трудности определения N-нитрозоаминов в биологических средах заключаются в высоком матричном эффекте и недостаточной селективности процедур пробоподготовки. В процедуре подготовки биопробы к анализу необходимо удалить мешающие компоненты матрицы (белки, аминокислоты, органические кислоты, спирты и соли) с минимальными потерями целевых компонентов, что существенно влияет на значение получаемого результата.

В связи с этим разработка газохроматографических высокочувствительных и селективных методик определения N-нитрозоаминов в биологических средах (кровь, моча) включала отработку специальных приемов, позволяющих повысить чувствительность и получить эффективное извлечение определяемых соединений из биологической матрицы сложного состава. Минимизировать влияние матрицы биосреды и достичь высокой полноты извлечения N-нитрозаминов из крови позво-

лила система твердофазной эктракции (ТФЭ), преимуществами которой являются все этапы пробоподготовки ТФЭ, которые выполняются селективно, и мешающие компоненты и целевые соединения успешно отделяются от матрицы. Как результат – получение высокоэффективных извлечений.

Комплексное использование дистилляции в сочетании с оптимальной схемой элюирования и концентрированием дистиллята на угольный картридж Coconut 6 мл позволило достичь высокой полноты извлечения N-нитрозоаминов, которая составила для НДМА – 98,5 %, для НДЭА – 100 %.

Разработанные газохроматографические методы позволяют определять N-нитрозоамины в крови и в моче в присутствии других органических соединений этого класса в диапазоне концентраций 0,002–0,1 мкг/см^3 для крови и для мочи 0,0095–0,6 мкг/см^3 с погрешностью определения 23 %.

Оценка установленных уровней содержания нитратов в моче и N-нитрозодметиламина в крови детей группы наблюдения выполнена на основании сравнительного анализа с результатами обследования детей группы сравнения ($n = 42$), потреблявших питьевую воду удовлетворительного качества по содержанию нитратов (среднегодовые концентрации 10,9 ± 2,7 мг/дм^3) и N-нитрозодметиламина (среднегодовые концентрации 0,003 ± 0,0006 мг/дм^3).

Разработанные методики использованы при реализации программных и информационных документов:

1. Информационно-методическое письмо «Цитогенетическая индикация у населения негативных эффектов при экспозиции нитратами для задач гигиенической экспертизы и расследований» (Приказ № 266 от 09.11.2016).

2. В рамках пилотного проекта «Оценка риска для здоровья населения Сылвенского сельского поселения, потребляющего воду с повышенным содержанием нитратов» результаты проведенных научных исследований использовались при подготовке экспертного заключения «О влиянии химических факторов среды обитания на здоровье населения Сылвенского сельского поселения» (ЭЗ № 9/1-15 от 24.12.2015).

Результатами выполненных комплексных химико-аналитических, биохимических, генетических исследований и эпидемиологических исследований подтверждены изменения показателей здоровья детского населения дошкольного и младшего школьного возраста, постоянно потребляющего питьевую воду с повышенным содержанием нитратов: содержание N-нитрозодиэтиламина в 3,5 раза (дети 3–7 лет) и N-нитрозодиметиламина в 3 раза (школьники 7–9 лет) достоверно ($p \leq 0{,}01$) выше в крови детей, проживающих в п. Ляды Сылвенского сельского поселения, чем у детей контрольной территории; биохимических исследований: уровень метгемоглобина в крови (специфического показателя воздействия нитратов на систему крови) у детей группы наблюдения достоверно выше показателя детей контрольной группы ($p \leq 0{,}02$); генетических исследований: в 2 раза повышена встречаемость мутантного геля васкулярного эндотелиального фактора роста (VEGF) по отношению к группе контроля ($p \leq 0{,}05$); эпидемиологических исследований: оценка заболеваемости по обращаемости позволила установить, что у исследуемой группы вероятность возникновения болезней крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм, в 3,2 раза выше, чем в группе контроля.

3. В рамках взаимодействия Управления Роспотребнадзора по Республике Алтай с ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, по оценке влияния ракетно-космической деятельности на здоровье населения, проживающего вблизи районов падения отделяющихся частей ракет-носителей (ОЧ РН), выполнена работа по идентификации метаболитов НДМГ в биологических средах жителей, проживающих и осуществляющих хозяйственную деятельность вблизи районов падения ОЧ РН. (Письмо № 460 от 20.07.2020, руководитель Управления Роспотребнадзора по Республике Алтай Л.В. Щучинов).

По результатам выполненной идентификации химических примесей в образцах крови жителей, проживающих и осуществляющих хозяйственную деятельность вблизи районов падения ОЧ РН, установлено, что в 94 % исследованных образцов крови зарегистрированы вещества, которые могут быть идентифицированы как несимметричный диметилгидразин, и в 6 % образцов крови продукт его распада N-нитрозодиметиламин. В образцах исследуемых образцов крови жителей Республики Алтай идентифицированы несимметричный диметилгидразин и N-нитрозодиметиламин ($n = 16$) методом количественного хромато-масс-спектрометрического анализа в режиме селективного ионного мониторинга (SIM) обнаружены N-нитрозоамины: N-диметилнитрозоамин и N-диэтилнитрозоамин в диапазоне концентраций 0,00095–0,346 мг/дм^3.

Акрилонитрил. Разработан и методически обоснован метод определения акрилонитрила в выдыхаемом воздухе, основанный на сорбции акрилонитрила из воздуха на сорбент Tenax TA в сочетании с оптимальными условиями пробоподготовки, термодесорбции и применением капиллярной газожидкостной хроматографии. Оптимальное сочетание аналитических параметров позволило выполнять определение акрилонитрила в выдыхаемом воздухе в присутствии других углеводородов селективно, достоверно, с высокой чувствительностью на уровне 0,002 мкг при объеме воздуха 1000 см^3.

Выполнены скрининговые исследования по определению акрилонитрила в выдыхаемом воздухе работников резинотехнического производства в соответствии с договором о сотрудничестве между ЗАО «Чайковский завод РТД» и ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения».

Анализируя полученные результаты содержания акрилонитрила в выдыхаемом воздухе обследуемых, следует отметить, что у 100 % работников (группа наблюдения) обнаружен акрилонитрил. В процессе исследований установлено, что средние концентрации акрилонитрила в выдыхаемом воздухе обследуемых рабочих в 5,5 раза достоверно ($p < 0,05$) выше, чем в выдыхаемом воздухе группы сравнения (работники аппарата управления).

Выполненные исследования по определению содержания акрилонитрила в выдыхаемом воздухе рабочих, занятых на резинотехническом производстве, показали возможность введения данной методики в практику медицины труда в качестве диагностического теста при скрининговых обследованиях здоровья работающих в условиях воздействия химических факторов производственной среды.

Хлорорганические соединения. Разработаны и апробированы газохроматографические методики определения алифатических хлорированных углеводородов

(хлороформ, тетрахлорметан, 1,2-дихлорэтан, дибромхлорметан, дихлорбромметан) в биологическом материале (моча, кровь).

Используя хлорид натрия в качестве высаливающего реагента, удалось повысить чувствительность анализа определения алифатических хлорированных соединений в биосредах в 3–4 раза. Средняя полнота извлечения изучаемых соединений из мочи с добавлением высаливателя составила для хлороформа 96 %, тетрахлорметана – 98 %, 1,2-дихлорэтана – 92 %; из крови: для хлороформа – 87,5 %, 1,2-дихлорэтана – 96 % и тетрахлорметана – 88,6 %, дибромхлорметана – 89 %, дихлорбромметана – 92 %.

Модифицированные применительно к анализу крови и мочи методы позволяют выполнять определение с пределом обнаружения (мкг/см^3) для крови и мочи соответственно: хлороформ – 0,005 и 0,0015, тетрахлорметан – 0,0006 и 0,0004, 1,2-дихлорэтан – 0,05 и 0,0125. Погрешность определения 9,1–28,9 %.

Разработанные методики использованы при реализации пилотных проектов:

1. В рамках пилотного проекта «Комплексные санитарно-гигиенические и клинико-лабораторные исследования по установлению и оценке вредного воздействия факторов среды обитания на здоровье детского населения Кировского района г. Перми, потребляющего воду с повышенным содержанием хлорорганических соединений» выполнены исследования с целью установления и оценки вредного воздействия факторов среды обитания на здоровье детского населения Кировского района г. Перми.

Результаты проведенных научных исследований использовались при подготовке экспертного заключения (ЭЗ «Санитарно-гигиеническая оценка воздействия факторов среды обитания и оценка риска для здоровья населения Кировского района г. Перми, потребляющего воду с повышенным содержанием хлорорганических соединений» № 17/1-14 от 24.12.2014).

При анализе содержания в биосредах детей органических соединений установлено, что в крови детей групп наблюдения зарегистрированы превышения относительно концентраций в крови детей группы сравнения по хлороформу в 1,5 раза ($p < 0{,}06$), тетрахлорметану – в 7,5 раза ($p < 0{,}00$). Дибромхлорметан обнаружен в значимых концентрациях выше фоновых в крови детей группы наблюдения.

2. В рамках пилотного проекта «О влиянии химических факторов среды обитания на здоровье населения г. Краснокамск Пермского края» выполнены исследования с целью выявления неблагоприятных факторов среды и источников их формирования.

С целью выявления опасности и вреда здоровью населения г. Краснокамска, обусловленных установленными нарушениями Федерального закона № 52 ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», СанПиН 2.1.4.1110-02, СанПиН 2.1.4.10740-01, ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора проведены исследования качества воды системы хозяйственного водоснабжения, поступающей в детские дошкольные учреждения г. Краснокамска. В результате проведенных исследований в питьевой воде обнаружены соединения, образующиеся при хлорировании, – хлороформ, тетрахлорметан, дихлорэтан, дихлорбромметан и дибромхлорметан. При этом оценка их по критерию суммы отношений обнаруженных концентраций, нормируемых по санитарно-токсикологическому признаку вредности к ПДК в соответствии

с СанПиН 2.1.4.1074-01, показала, что данный показатель превышает допустимый уровень до 2,5 раза.

В крови детей, посещающих обследованные детские дошкольные учреждения, идентифицированы токсичные соединения, являющиеся результатом хлорирования воды, которые в норме в крови не обнаруживаются. Содержание этих соединений зарегистрировано у всех обследованных детей (243 человека). При этом тетрахлорметан и дихлорбромметан идентифицированы в крови у всех обследованных детей, хлороформ – у 97,5 %, дихлорбромметан – у 97,9 %, дибромхлорметан – у 59,6 %, 1,2-дихлорэтан – у 51,5 % обследованных.

Выводы. Предлагаемый комплекс разработанных методик вносит практический вклад в решение проблемы методического обеспечения определения потенциально опасных высокотоксичных соединений в биологических средах человека для оценки риска и биомедицинских исследований для доказательства негативного воздействия химических факторов окружающей среды и оценки закономерностей формирования нарушений здоровья.

Комплекс разработанных методик использован для проведения контрольно-надзорных мероприятий, решения задач социально-гигиенического мониторинга, осуществления санитарно-эпидемиологических экспертиз и расследований.

Список литературы

1. Малышева А.Г., Юдин С.М.. Трансформация химических веществ в окружающей среде как неучтенный фактор опасности для здоровья населения // Химическая безопасность. – 2019. – Т. 3, № 2. – С. 45–66.

2. МУК 4.1.2115-06. Определение массовой концентрации хлороформа, 1,2-дихлорэтана, тетрахлорметана в биосредах (кровь) методом газохроматографического анализа равновесного пара // Сборник методик по определению химических соединений в биологических средах. МУК 4.1. 2102-4.1.2116-06. – М., 2008. – С. 162–173.

3. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481/ (дата обращения: 23.01.2022).

4. Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Уланова Т.С. Контроль содержания химических соединений и элементов в биологических средах. Руководство / под редакцией академика РАМН Г.Г. Онищенко. – Пермь: Книжный формат, 2011. – 520 с.

5. Ревич Б.А. Биомониторинг токсичных веществ в организме человека // Гигиена и санитария. – 2004. – № 6. – С. 26–31.

6. Современные аналитические технологии при определении высокотоксичных N-нитрозоаминов в крови / Т.В. Нурисламова, Т.С Уланова., Н.А. Попова, О.А. Мальцева // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 1. – С. 84–89.

7. Химическая безопасность Российской Федерации. Проблемы и пути решения / М.Ю. Комбарова, Е.И. Савельева, С.Г. Петунов, А.С. Радилов, В.Р. Рембовский, Л.А. Аликбаева // Medicine of Extreme Situations. – 2018. – Т. 20 (3). – С. 383–397.

Особенности индикаторных показателей нарушений здоровья взрослого населения мышьяковистой гидрогеохимической провинции

А.Д. Образцова[2], О.В. Долгих[1,2,3]

[1]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2]ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский политехнический университет»,
[3]ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Пермь, Россия

Проведены исследования по выявлению индикаторных показателей неблагоприятного воздействия на взрослое население, проживающее в условиях мышьяковистой геохимической провинции, избыточного загрязнения биологических сред мышьяком. По результатам данного исследования установлен дисбаланс показателей метаболизма и иммунной регуляции: маркерных показателей мочевыделительной системы – креатинина, мочевой кислоты, мочевины, а также избыточная экспрессия протеинов, отражающих специфическую чувствительность к мышьяку, по критерию уровня специфических IgG к мышьяку.

Ключевые слова: системы водоснабжения, кожная патология, мышьяк, мышьяковистая аномалия, гидрогеохимическая провинция, биохимический и иммуноферментный анализ.

В настоящее время состояние окружающей среды считается важнейшим условием, определяющим жизненные процессы и развитие человека. Значительное содержание многих химических компонентов и их соединений, в том числе загрязнение тяжелыми металлами, обусловлены естественными и техногенными процессами, происходящими в окружающем нас мире.

Загрязнение тяжелыми металлами является наиболее вредным для биосферы Земли, так как тяжелые металлы, в том числе мышьяк, обладают высокой токсичностью и отдаленными эффектами. Кроме того, тяжелые металлы обладают способностью накапливаться в организме человека, оказывать вредное влияние даже в сравнительно низких концентрациях или дозах. Мышьяк как токсикант принимает участие в формировании генетических мутаций, раковых заболеваний, сердечно-сосудистой патологии, отравлений, дерматозов, иммунодефицита [4–8].

Цель исследования – выявление индикаторных показателей нарушений здоровья у взрослого населения, проживающего в условиях мышьяковистой аномалии, формирующей избыточную контаминацию мышьяком.

Материалы и методы. Исследование проводилось на территории Забайкальского края. Поступление мышьяка в организм жителей связано преимущественно с употреблением воды из источников централизованного водоснабжения, а значит можно предполагать наличие «гидрогеохимической провинции», под которой понимается «территория, объединяющая комплекс гидрогеохимической провинции водоносных горизонтов артезианских бассейнов или гидрогеологических

массивов, подземные воды которых имеют повышенные (по отношению к ПДК) концентрации нормируемых химических элементов и веществ» [1].

По данным Роспотребнадзора, в воде централизованного подземного водоснабжения исследуемой территории содержание мышьяка превышало в 40 раз его допустимое содержание в питьевой воде – 0,05 мг/л [2]. Загрязнение соединениями этого металла водопроводной воды носит либо природный характер, либо объясняется близостью крупных месторождений золота, спутниками которого являются мышьяк и сурьма. Есть вероятность, что в скважинах создались геохимические условия, которые способствовали поступлению мышьяка в водоносные горизонты.

Для анализа данной территории было обследовано 157 человек взрослого населения мужского и женского пола. Проведено обследование 120 взрослых людей, проживающих на территории мышьяковистой геохимической аномалии, употребляющих воду скважин; 37 человек, употребляющих воду из колодцев, содержание мышьяка в которой не превышает нормативы, составили группу сравнения. Содержание мышьяка в биосредах определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Биохимические показатели крови определялись турбодиметрическим методом, специфические антитела к мышьяку (IgG) – аллергосорбентным методом. Также использовались традиционные статистические методы.

Результаты. Результаты определения содержания мышьяка в крови дали возможность установить его соответствие референсу в группе контроля (норма референсного уровня мышьяка в крови составила 0,0023 мкг/мл), тогда как в группе наблюдения выявлено превышение нормы в 2,95 раза [3]. Диапазон значений контаминации мышьяком в крови составил 0,0009–0,0636 мкг/мл (табл. 1).

Таблица 1

Результаты обследования взрослых на содержание мышьяка в крови

Показатель	Концентрация мышьяка в крови, мкг/мл
Среднее значение содержания мышьяка в крови у взрослых, употребляющих воду скважин	0,0068 ± 0,0002
Среднее значение содержания мышьяка в крови у взрослых, употребляющих воду из колодцев	0,0017 ± 0,0006

По итогам углубленного выборочного медицинского и лабораторного обследования пациентов, потребляющих питьевую воду с избыточным содержанием мышьяка, выявлено, что средний уровень контаминации крови составил 0,22 мкг/мл, в моче – 0,440 мкг/мл при норме 0,0023 мкг/мл.

У 50 % взрослых людей отмечалось увеличение уровня IgG к мышьяку (норма 0,1 усл. ед.). Высокий уровень контаминации биосред (крови и мочи) As прослеживался у всех обладающих клиническими проявлениями, которые патогенетически связаны с наличием в организме мышьяка. У всех наблюдаемых обнаружены соответствующие клинические проявления контаминации мышьяком: дисхромия, ишемическая болезнь сердца, меланоз, алопеция, полинейропатия, ревматический артрит, системная красная волчанка, гипертоническая болезнь.

По данным ВОЗ длительное воздействие мышьяка, содержащегося в питьевой воде, может приводить к развитию рака и к поражениям кожи. Мышьяк вызы-

вает дерматологические нарушения в виде меланоза или дисхромии. Выпадение волос, алопеция (облысение), токсическая полиневропатия также ассоциированы с отравлением мышьяком. Установлена связь интоксикации мышьяком с сердечно-сосудистыми заболеваниями и диабетом.

Биохимический анализ крови в группе наблюдения показал повышенные показатели печеночных и почечных тестов (гамма-ГТ, креатинин). В то же время получены достоверные отклонения изучаемых показателей от значений контрольной группы: повышение гамма-ГТ – в 1,6 раза; повышенная щелочная фосфатаза – в 1,2 раза; креатинин – превышение контроля в 1,15 раза; мочевина – в 1,24 раза; мочевая кислота – в 1,14 раза; скорость клубочковой фильтрации – снижение в 1,14 раза ($p < 0,05$) (табл. 2).

Таблица 2

Результаты лабораторного обследования взрослых, проживающих в зоне гидрогеохимической провинции, характеризующейся избыточным содержанием мышьяка в воде подземной системы водоснабжения (скважина) (маркеры эффекта)

Показатель	Группа наблюдения					Контрольная группа			Анализ частот по отношению к контролю, %		Межгрупповое различие (p)	
	физиолог. норма	среднее значение ($M \pm m$)	частота регистрации проб с отклонением от физ. нормы, %		различие с нормой по средним	среднее значение ($M \pm m$)	частота регистрации проб с отклонением от физ. нормы, %				по средним	по кратностям превышения нормы
			выше	ниже			выше	ниже	выше	ниже		
γ-ГТ, Е/дм^3	11–50	53,06 ± 12,94	38,9	0,0	0,641	32,9 ± 10,65	30,0	0,0	32,7	23,9	0,019	0,103
Креатинин, мкмоль/дм^3	44–80	85,28 ± 4,19	38,4	0,9	0,016	74 ± 6,127	15,0	5,0	55,4	17,9	0,003	0,001
Креатинкиназа, Е/дм^3	25–190	136,75 ± 54,66	10,6	0,0	Норма	121,35 ± 25,99	15,0	0,0	17,7	55,8	0,612	0,254
Мочевая кислота, мкмоль/дм^3	200–420	334,19 ± 16,87	31,9	0,0	Норма	292,7 ± 23,57	10,0	0,0	54,9	22,1	0,004	0,000
Мочевина, ммоль/дм^3	1,7–8,3	6,33 ± 0,39	11,5	0,0	Норма	5,185 ± 0,606	0,0	0,0	56,6	15,9	0,002	0,026
Скорость клубочковой фильтрации, мл/мин	90–130	91,95 ± 4,49	0,9	39,3	Норма	104,25 ± 9,33	5,0	20,0	21,4	45,5	0,017	0,001
Щелочная фосфатаза, Е/дм^3	64–306	107,80 ± 8,55	0,9	11,5	Норма	89,85 ± 10,9	0,0	15,0	42,5	26,5	0,011	0,618
С-пептид, нг/см^3	0,5–3,2	1,892 ± 0,348	17,6	2,9	Норма	1,35 ± 0,706	0,0	0,0	35,3	2,9	0,122	0,992
IgG к мышьяку, усл. ед.	0–0,1	0,266 ± 0,077	70,7	0,0	0,000	0,17 ± 0,024	100,0	0,0	0,0	25,3	0,010	0,169

Иммуноферментный анализ крови в группе наблюдения показал повышение по критерию IgG к мышьяку у 70,7 % обследованного населения (0,266 ± 0,017 усл. ед.) с достоверным различием с нормой и контролем ($p < 0,000$).

Итоги проведенного тестирования свидетельствуют о нарушении деятельности печени, почек и мочевыделительной системы в целом, а также о специфической гиперсенсибилизации к мышьяку по критерию IgG.

Проведен анализ экономического ущерба от нанесенного вреда здоровью населения в результате избыточного поступления мышьяка с питьевой водой на территории мышьяковистой геохимической аномалии, который позволил рассчитать частоту случаев заболеваний с чрезмерным употреблением токсичной воды, содержащей мышьяк [5].

На территории Забайкальского края, находящейся в зоне геохимической аномалии, проживает 1386 человек. Воду с избыточным содержанием мышьяка употребляло 264 человека:

$$\frac{\text{Число случаев неэпидемической заболеваемости}}{\text{Средняя численность населения}} \cdot 100\,\% = \frac{264}{1386} \cdot 100\,\% = 19{,}04\,\%.$$

В результате расчетов установлено, что 19,04 % населения территории мышьяковистой геохимической аномалии подвергается риску возникновения неэпидемической заболеваемости в связи с повышенным содержанием мышьяка в питьевой воде.

Применяя для верификации риска появления неэпидемических состояний здоровья жителей провинции, связанных с интоксикацией мышьяком, критерий избыточной контаминации As5+ биосред, рассчитали риск возникновения нарушений здоровья. Относительный риск *RR* для категории лиц, употребляющих токсичную питьевую воду, по сравнению с категорией населения, которые употребляют воду с допустимым уровнем мышьяка, составил 3,87, что считается показателем чрезвычайно высокого риска возникновения отравлений мышьяком.

Выводы. С целью раннего выявления нарушений здоровья у взрослого населения, живущего в условиях гидрогеохимической провинции, в результате мышьяковистой аномалии как индикаторной характеристики негативного эффекта употребления в качестве питьевой подземной скважинной воды рекомендовано применять: показатель уровня контаминации крови мышьяком, показатели функции выделительной системы – креатинин, мочевая кислота, мочевина, показатель специфической чувствительности к мышьяку – содержание специфического IgG к мышьяку.

Употребление питьевой воды с избыточным содержанием соединений мышьяка приводит к возникновению кожных заболеваний (меланоз, дисхромия), почечным и иммунным нарушениям.

Относительный риск интоксикации мышьяком составляет 3,87, что является условием возникновения дополнительной неэпидемической заболеваемости, связанной с отравлением мышьяком 19 % населения территории мышьяковистой аномалии.

Список литературы

1. Закутин В.П. Региональные геохимические провинции пресных подземных вод, некондиционных по содержаниям микроэлементов // Разведка и охрана недр. – 2005. – № 11. – С. 10–13.

2. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения [Электронный ресурс] // Библиотека нормативной документации. – URL: https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4294846/4294846957.htm (дата обращения: 05.03.2022).

3. Энциклопедия клинических лабораторных тестов / под ред. Н. Тица, В.В. Меньшикова. – М.: Лабинформ, 1997. – 960 с.

4. Arsenic levels in drinking water and mortality of liver cancer in Taiwan / H.-J. Lin, T.-I. Sung, C.-Y. Chen, H.-R. Guo // J. Hazard. Mater. – 2013. – Vol. 262. – P. 1132–1138. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2012.12.049

5. Kumagai Y., Sumi D. Arsenic: signal transduction, transcription factor, and biotransformation involved in cellular response and toxicity // Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol. – 2007. – Vol. 47. – P. 243–262. DOI: 10.1146/annurev.pharmtox.47.120505.105144

6. Ravenscroft P., Brammer H., Richards K. Arsenic Pollution: A Global Synthesis. – USA: Wiley-Blackwell, 2009. – 616 p.

7. The mechanistic basis of arsenicosis: pathogenesis of skin cancer / K.M. Hunt, R.K. Srivastava, C.A. Elmets, M. Athar // Cancer Lett. – 2014. – Vol. 354, № 2. – P. 211–219. DOI: 10.1016/j.canlet.2014.08.016

8. Tolins M., Ruchirawat M., Landrigan P. The developmental neurotoxicity of arsenic: cognitive and behavioral consequences of early life expo-sure // Ann. Glob. Health. – 2014. – Vol. 80, № 4. – P. 303–314. DOI: 10.1016/j.aogh.2014.09.005

Особенности иммунного статуса детей с расстройствами вегетативной нервной системы в условиях аэрогенной экспозиции алюминием

Е.А. Отавина[1], О.В. Долгих[1,2,3], Е.А. Красулина[2]

[1]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2]ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
[3]ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
г. Пермь, Россия

Представлены результаты изучения особенностей иммунного статуса детей дошкольного возраста с расстройствами вегетативной нервной системы, проживающих в зоне влияния промышленного комплекса по производству алюминия. Установлен повышенный уровень алюминия в биосредах (моча) детей группы наблюдения. Выявлено повышение экспрессии тормозного синаптического медиатора γ-аминомасляной кислоты в 1,4 раза в сравнении с группой контроля. У обследованных детей группы наблюдения установлены достоверные нарушения клеточного звена иммунитета, которые проявляются в избыточной экспрессии показателей клеточной гибели Annexin V-FITC^{+}7AAD^{-}, Annexin V-FITC^{+}7AAD^{+}, антиапоптотического белка Bcl-2, повышении факторов онкосупрессии Bax, p53 и уровня мембранного фактора TNFR, с одновременным угнетением проапоптотического рецептора клеточной смерти CD95^{+}. Наблюдается достоверно повышенный уровень специфического IgG к алюминию в 1,5 раза в сравнении с нормой, а также в 4 раза относительно данного

показателя в группе сравнения ($p < 0,05$). Установлена достоверная связь изменения содержания иммунологических маркеров с содержанием алюминия в моче.

Ключевые слова: иммунный статус, расстройства нервной системы, алюминий, нейромедиатор, апоптоз.

Негативные тенденции в изменении показателей состояния здоровья населения современных мегаполисов являются прямым отражением качества городской среды [3, 9]. Население современных развивающихся городов живет в условиях техногенного неблагополучия, поскольку предприятия промышленного комплекса, функционирующие на их территории, формируют загрязнение среды большим спектром химических соединений, оказывающих болезнетворное, токсическое и стрессорное влияние на организм [4, 8, 11]. К таким веществам относится алюминий – элемент с иммунотоксичным действием.

Неблагоприятное влияние на организм химических веществ техногенного происхождения проявляется напряжением адаптационно-компенсаторных механизмов и нарушением деятельности регуляторных систем, в том числе вегетативной нервной системы [2]. При избыточном содержании в организме алюминий может действовать как токсикант, особенно в отношении нервной системы, и вызывать нейродегенеративные нарушения [7, 14].

Существует тесная регуляторная взаимосвязь между нервной и иммунной системой, поддерживающих динамический гомеостаз целостного организма [10]. Длительное воздействие химических средовых факторов формирует хроническое стрессовое состояние, активирует нервную систему, запускающую стрессовую реакцию, которая подавляет иммунную систему и ослабляет организм [4, 12].

Чувствительным контингентом для определения влияния средовых факторов на организм являются дети, прежде всего младших возрастных групп, поскольку иммунная система этой части населения наиболее подвержена воздействию внешней среды и более уязвима в силу несовершенства адаптационных механизмов и неспособности эффективно поддержать гомеостаз [5, 6].

Особенности функционального состояния иммунной регуляции, определяющей адаптационный потенциал и резистентность организма в неблагоприятных условиях среды обитания, могут использоваться в качестве маркерных показателей для своевременного выявления предпосылок развития заболеваний и их последствий, проявляющихся в детском возрасте, а также дальнейшей коррекции работы иммунной системы.

Цель исследования – оценка иммунного статуса детей с расстройствами вегетативной нервной системы, проживающих на территории, характеризующейся экспозицией алюминием.

Материалы и методы. Обследовано 106 детей дошкольного возраста (4–7 лет). Группа наблюдения состояла из 54 детей с расстройствами вегетативной нервной системы, проживающих и посещающих детские дошкольные образовательные учреждения на территории влияния промышленного комплекса по производству алюминия. Группу сравнения составили условно здоровые дети ($n = 29$).

Определение алюминия в моче проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) с помощью масс-спектрометра Agilent 7900 (производство Agilent Technologies Inc., США) в соответствии с МУК 4.1. 3589–19 «Измерение массовой концентрации алюминия в биологических средах (кровь, моча) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой».

Оценка баланса нейромедиаторов ЦНС выполнена по содержанию γ-аминомасляной кислоты (ГАМК) в сыворотке крови, определение которой проводили с помощью коммерческих тест-систем на иммуноферментном анализаторе. Свободнорадикальное окисление оценивали по содержанию гидроперекиси липидов в сыворотке крови с помощью коммерческой тест-системы OxiStat (Австрия) и малонового диальдегида (МДА) в плазме крови колориметрическим методом с тиобарбитуровой кислотой.

Было выполнено исследование CD-кластеров дифференцировки клеток и внутриклеточных маркеров оценки системы апоптоза на проточном цитометре BD FACSCalibur (США) с использованием соответствующих моноклональных антител с помощью универсальной программы CellQuestPrO. Исследование включало определение количества $CD3^{+}CD95^{+}$-лимфоцитов, оценку внутриклеточной экспрессии белков Bax и Bcl-2, p53-протеина, уровня клеточной гибели лимфоцитов с окрашиванием Аннексином V-FITC (Annexin V-FITC, США) и одновременно витальным красителем пропидиум йодид (Propidium Iodium, PI, США).

Идентификация IgG специфического к алюминию осуществлялась с использованием конъюгированных с пероксидазой реагинов методом аллергосорбентного тестирования. Фотометрическое измерение оптической плотности проводилась на иммуноферментном анализаторе Sunrise (Tecan, Austria).

Результаты были оценены с помощью универсальной программы анализа данных Statistica, Statsoft, Inc. (США). Значимость различий оценивалась с помощью *t*-критерия Стьюдента. Модели зависимости «маркер экспозиции – маркер эффекта» определяли методом корреляционно-регрессионного анализа по критерию Фишера и коэффициенту детерминации (R^2). Различия между группами считали достоверным при $p < 0{,}05$.

Результаты. Химико-аналитическое исследование биосред позволило выявить достоверное превышение содержания алюминия в моче у всех детей обследованной группы в сравнении с референтным уровнем. Также концентрация контаминанта у 28 % детей, проживающих в зоне экспозиции, превышала верхнюю границу референтного диапазона (клиническое руководство Н. Тица по лабораторным тестам).

Оценка маркеров активности окислительных процессов показала повышение в 1,1–1,4 раза уровня МДА в плазме крови, гидроперекисей липидов в сыворотке крови у детей группы наблюдения относительно аналогичных показателей в группе сравнения (табл. 1), что, вероятно, связано с накоплением алюминия, вызывающим окислительную модификацию белков в результате ускорения свободно-радикального окисления [7, 15]. Установлена достоверная связь повышения уровня малонового диальдегида в плазме с повышенным содержанием алюминия в моче ($R^2 = 0{,}46$; $p < 0{,}05$).

Установлено повышение нейромедиатора торможения в нейронах γ-аминомасляной кислоты в 1,4 раза относительно аналогичного показателя группы контроля. Установлена достоверное увеличение уровня γ-аминомасляной кислоты при увеличении концентрации алюминия в моче ($R^2 = 0{,}83$; $p < 0{,}05$).

Иммунологическое обследование выявило особенности изменения показателей иммунной регуляции и апоптоза у детского населения группы наблюдения (табл. 1, 2). В группе наблюдения отмечена активация уровня клеток, окрашенных Annexin V (Annexin $V^{+}/7AAD^{-}$), значение которого достоверно ($p < 0{,}05$) выше в 2,5 раза соответствующего уровня в группе контроля. Кроме того, данный показа-

тель повышен по отношению к референтному диапазону в 7 раз. Уровень клеток, окрашенных с использованием PI (Annexin V^+/$7AAD^+$), в группе с патологией нервной системы, превышает значение нормы в 1,8 раза, а также аналогичный показатель группы сравнения в 1,7 раза ($p < 0,05$). Одновременное окрашивание клеток витальным красителем, позволяющее дифференцировать клетки на ранних и поздних стадиях апоптоза, выявило изменения, характеризующиеся повышенным содержанием апоптических лимфоцитов и быстром достижении клетками поздней стадии клеточной гибели или непосредственно гибели (некроза) [1, 8]. Анализ отношения шансов изменения показателей иммунитета при повышении концентрации контаминантов в биологических средах выявил достоверное увеличение уровня Annexin V^+/7AAD и Annexin V-FITC+7AAD+ при возрастании содержания алюминия в моче ($R^2 = 0,71–0,85$; $p < 0,05$).

Таблица 1

Показатели гомеостаза детей дошкольного возраста в условиях проживания в зоне промышленного воздействия

Показатель	Референтный уровень	Группа наблюдения	Группа сравнения
Малоновый диальдегид в плазме крови, мкмоль/дм^3	1,8–2,5	2,64 ± 0,19 */**	2,496 ± 0,16
Гидроперекиси липидов в сыворотке крови, мкмоль/дм^3	0–350	256,741 ± 31,46 **	186,667 ± 28,56
γ-аминомасляная кислота в сыворотке крови, мкмоль/дм^3	0,039–0,319	0,23 ± 0,04	0,167 ± 0,06

Примечание: * – разница достоверна относительно референтного интервала ($p < 0,05$); ** – разница достоверна относительно группы сравнения ($p < 0,05$).

Различий в содержании проапоптического белка Bax с референтным уровнем выявлено не было, но наблюдалось значительное увеличение этого показателя – в 4,1 раза – по отношению к группе сравнения. Установлено увеличение уровня белка Bcl-2 относительно нормы (у 78 % детей) и группы сравнения в 2,4 раза. Наблюдается повышенная экспрессия рецептора к фактору некроза опухоли (TNFR) и клеточного опухолевого антигена p53 в сравнении с нормой в 3,5 и 7,2 раза соответственно. Повышение данных показателей сохраняется в сравнении с аналогичными показателями, полученными у детей контрольной группы, разница составила 2,9 и 1,3 раза. Отмечается снижение уровня рецептора CD95 у 46 и 35 % обследуемых группы наблюдения (абсолютное и относительное значения соответственно). Снижение количества лимфоцитов с CD95-рецепторами, которые опосредуют апоптоз, может спровоцировать накопление аутоагрессивных лимфоцитов и привести к развитию аутоиммунных заболеваний, а также повышению вероятности опухолевой трансформации [13]. Использование приема оценки шансов показало достоверное увеличение уровня TNFR и Bcl-2, а также снижение относительного содержания $CD95^+$-лимфоцитов при увеличении концентрации алюминия в моче ($R^2 = 0,64$; 0,61; 0,42 $p < 0,05$).

Кроме того, сравнение с референтными показателями выявило у обследованного детского населения повышение уровня специфических антител IgG к алюминию в 1,5 раза, увеличенное также относительно группы сравнения в 4 раза.

Таблица 2

Показатели иммунной регуляции у детей дошкольного возраста в условиях аэрогенной экспозиции алюминием

Показатель	Референтный уровень	Группа наблюдения	Группа сравнения
Annexin V-FITC^{+}7AAD^{-}, %	0,5–1,0	6,96 ± 3,783 */**	2,762 ± 2,625
Annexin V-FITC^{+}7AAD^{+}, %	5,0–7,0	12,88 ± 5,243 **	7,764 ± 3,084
Bax, %	5–9	7,78 ± 2,678 **	1,889 ± 1,144*
Bcl-2, %	1–1,5	5,79 ± 1,711 */**	2,414 ± 1,684
CD3^{+}CD95^{+} лимфоциты, абс., 10^9/дм^3	0,4–0,7	0,437 ± 0,07 */**	0,316 ± 0,046*
CD3^{+}CD95^{+} лимфоциты, отн., %	15–25	16,808 ± 2,273 **	13,1 ± 0,92*
TNFR, %	1–1,5	5,285 ± 2,079 */**	1,843 ± 0,875
p53, %	1,2–1,8	12,945 ± 2,84*	9,978 ± 2,308*
IgG к алюминию, усл. ед.	0–0,1	0,152 ± 0,067 */**	0,038 ± 0,023

Примечание: * – разница достоверна относительно референтного интервала ($p < 0,05$); ** – разница достоверна относительно группы сравнения ($p < 0,05$).

Выводы. Результаты проведенного обследования детского населения дошкольного возраста, проживающего на территории влияния промышленного комплекса по производству алюминия, позволили установить угнетение процессов синаптической передачи нервного импульса, а также активизацию процесса пероксидации. Выявлен дисбаланс клеточного звена иммунитета, обусловленного избыточной экспрессией факторов клеточной гибели: Annexin V-FITC^{+}7AAD^{-}, Annexin V-FITC^{+}7AAD^{+}, антиапоптотического белка Bcl-2, угнетением проапоптотического рецептора клеточной смерти CD95+ и повышенным содержанием факторов онкосупрессии Bax и p53 на фоне повышенной чувствительности организма к алюминию по критерию специфической сенсибилизации IgG.

Список литературы

1. Апоптоз и его роль в нарушении функций нейронов / И.В. Рева, Т.Т. Ямамото, И.А. Одинцова [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 6. – С. 36.

2. Белоконь Н.А., Кубергер М.Б. Болезни сердца и сосудов у детей: руководство для врачей: в 2 т. – М.: Медицина, 1987.

3. Боровкова Н.В., Александрова И.В., Валетова В.В. [и др.] Апоптоз лимфоцитов в крови в норме и при патологии // Молекулярная медицина. – 2013. – № 4. – С. 41–45.

4. Булгакова О.С. Иммунитет и различные стадии стрессорного воздействия // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 4. – С. 31–35.

5. Вклад факторов окружающей среды в формирование здоровья детского населения / В.В. Васильев, Н.В. Ефимова, И.В. Безгодов [и др.] // Медицина труда и экология человека. – 2015. – № 3. – С. 71–74.

6. Доршакова Н.В., Карапетян Т.А. Состояние здоровья детей и подростков в контексте влияния факторов окружающей среды // Фундаментальные исследования. – 2006. – № 12 – С. 93–94.

7. Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В. Изменения биохимических показателей нейропередачи у детей с повышенной концентрацией алюминия в моче // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. – 2018. – № 3. – С. 308–312.

8. Прусаков В.М., Прусакова А.В. Динамика адаптационных процессов и риска заболеваемости населения на территории промышленных городов // Гигиена и санитария. – 2014. – Т. 93, № 5. – С. 79–87.

9. Смагулов Н.К., Ажиметова Г.Н., Цой В.А. Актуальные проблемы комплексной оценки риска для здоровья городского населения факторов окружающей среды // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 10. – С. 267–270.

10. Созаева Д.И., Бережанская С.Б. Основные механизмы взаимодействия нервной и иммунной систем. Клинико-экспериментальные данные // Кубанский научный медицинский вестник. – 2014. – № 3. – С. 145–150.

11. Техногенное загрязнение окружающей среды и здоровье населения: анализ ситуации и прогноз / Е.Д. Савилов, Е.В. Анганова, С.В. Ильина [и др.] // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 6. – С. 507–512.

12. Трошин В.В. Экология и нервно-психическое здоровье // Медицинский альманах. – 2010. – № 1 (10). – С. 69–77.

13. Черний В.И., Нестеренко А.Н. Нарушения иммунитета при критических состояниях: особенности диагностики // Внутренняя медицина. – 2007. – № 4 (4). – С. 16–28.

14. Becaria A., Campbel A., Bondy S.C. Aluminum as a toxicant // Toxicology and Industrial Health. – 2002. – № 18. – P. 309–320.

15. Reactive Oxygen Species and the Central Nervous System / B. Halliwell [et al]. // Free Radical in the Brain. – 1992. – Vol. 59, № 5. – P. 1609–1623.

Структура и динамика заболеваемости учеников кадетской школы в процессе обучения

Л.В. Ошева, А.И. Матьянина, О.В. Ермакова

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Образовательный процесс оказывает неоднозначное влияние на здоровье школьников и приводит к трехкратному снижению числа здоровых выпускников к концу периода обучения. Воздействующие в ходе обучения факторы риска вызывают так называемые школьно-обусловленные заболевания – болезни костно-мышечной системы, органа зрения, нервной системы. Особенностью кадетского обучения является сочетание интенсивной учебной программы с занятиями по военной подготовке и регулярными физическими нагрузками.

Проведено комплексное клинико-лабораторное и инструментальное обследование 89 мальчиков, учащихся кадетской школы, из них группу исследования 1 составили 50 пер-

воклассников и группу исследования 2 – 39 учеников 10–11-х классов. Болезни костно-мышечной системы занимали первое ранговое место среди учащихся 10–11-х классов, при этом сколиоз регистрировался в 3 раза, а плоскостопие в 1,5 раза чаще. Болезни ЛОР-органов встречались среди учеников 10–11 классов в 1,6 раза реже, в 5,5 раза реже выявлялась гипертрофия небных миндалин и в 10 раз реже – аденоидные вегетации. Болезнями органов пищеварения страдают около половины учащихся обеих групп, при этом к концу обучения отмечается трехкратное уменьшение доли функциональных расстройств и появление отсутствующего у первоклассников хронического гастрита. В процессе обучения наблюдалось достоверное увеличение вегетососудистой дистонии: от 1,5 до 23,5 %. Установлен достоверный рост распространенности эндемического зоба: от 6,2 % в начале обучения до 25,5 % к 10–11-му классу. Выявлено достоверное увеличение числа детей, страдающих алиментарно-зависимой патологией (избыточная масса тела), в группе старшеклассников. В группе исследования 2 в 3 раза чаще относительно группы исследования 1 диагностировались болезни глаза, при этом миопия регистрировалась только в группе старшеклассников (15,7 %) на фоне ее отсутствия среди учеников первых классов.

Ключевые слова: кадеты, заболеваемость, школьно-обусловленные заболевания.

Исследования, проведенные в последние годы в различных регионах России, свидетельствуют об ухудшении состояния здоровья детского населения, что во многом отражает итог взаимодействия экологии, экономики, социально-гигиенических и медико-организационных факторов в обществе [7, 9, 13]. Школьники представляют собой специфическую социальную группу, характеризующуюся особыми условиями жизни, манерой поведения, нормами культуры. О том, что образовательный процесс оказывает на здоровье школьников неблагоприятное влияние, свидетельствует сравнение числа практически здоровых детей, пришедших в школу, с числом здоровых выпускников, количество которых снижается в 3 раза [7, 11, 12]. Воздействующие в процессе обучения факторы риска приводят к формированию так называемых школьно-обусловленных заболеваний [11, 14]. Многочисленные исследования показывают, что в динамике школьного обучения отмечается рост патологии костно-мышечной системы (за счет кифоза, лордоза и сколиоза), болезней глаза и его придаточного аппарата (преимущественно за счет миопии), болезней органов пищеварения (патологии желчного пузыря и желчевыводящих путей, хронического гастрита) и нервной системы (головных болей, вегетативной дисфункции) [5, 10–12]. Реформирование школьного образования в последние десятилетия предусматривало создание новых видов учреждений с внедрением инновационных учебных программ и технологий, что привело к существенной интенсификации обучения. Высокая учебная нагрузка, в сочетании с неблагоприятными санитарно-гигиеническими условиями обучения, воздействием средовых факторов создают предпосылки для развития у школьников дисгармоничности физического развития, переутомления, гиподинамии, снижения работоспособности, стресс-индуцированных функциональных расстройств органов и систем, формирования хронической патологии [6, 11]. К инновационным образовательным учреждениям относятся и кадетские школы, отличительными особенностями которых являются дополнительные образовательные программы по военной подготовке, сочетающиеся с регулярными физическими нагрузками [1, 2]. Результаты проведенной ранее комплексной оценки состояния здоровья воспитанников кадетского корпуса в сравнении с показателями учащихся школ обычного профиля выявили, что заболевания нервной, эндокринной, мочеполовой систем, органов зрения, желудочно-

кишечного тракта, ЛОР-органов достоверно чаще встречались у школьников из общеобразовательных школ, тогда как патология опорно-двигательного аппарата и сердечно-сосудистой системы диагностировались с одинаковой частотой в обеих группах [3, 4]. Изучение особенностей заболеваемости в динамике обучения в кадетских классах позволит разрабатывать и проводить целенаправленные профилактические мероприятия, обеспечивающие снижение риска развития и прогрессирования хронической патологии, обусловленной воздействием факторов образовательного процесса.

Цель исследования – изучить особенности структуры заболеваемости учеников кадетской школы в динамике учебного процесса.

Материалы и методы. Проведено обследование 89 школьников, учащихся кадетской школы, из них группу исследования 1 составили ученики 1-го класса (50 мальчиков в возрасте 7 лет) и группу исследования 2 – ученики 10–11-х классов (39 мальчиков в возрасте 16–17 лет). Комплексное клиническое обследование детей включало осмотр педиатром и узкими специалистами (неврологом, гастроэнтерологом, оториноларингологом, эндокринологом, окулистом, врачом ЛФК, аллергологом) с анализом первичной медицинской документации (форма № 026/у) и анамнеза жизни ребенка. Лабораторная диагностика состояла из определения общеклинических и биохимических показателей крови и мочи, иммунологических показателей, оценки гормонального профиля по стандартным методикам, выполненным с помощью гематологического, биохимического и иммуноферментного анализаторов. Оценка функции внешнего дыхания проведена по результатам спирографии, выполненной на спирографе Schiller SP-1. Дыхательная функция носа оценивалась методом передней активной риноманометрии. Исследование сердечно-сосудистой системы осуществлялось путем записи электрокардиограммы (ЭКГ) с использованием аппарата Schiller AT-2 plus, анализ вариабельности сердечного ритма проводился с помощью кардиоинтервалографии на компьютерном электрокардиографе «Поли-Спектр-8/ЕХ» с использованием кардиоритмографической программы по стандартной методике, основанной на математическом анализе сердечного ритма. Инструментальные методы диагностики включали ультразвуковое сканирование щитовидной железы, печени, желчного пузыря, желчных протоков и селезенки, выполненное на аппарате экспертного класса VIAMO SSA-640A (Toshiba, Япония). Исследования проведены с соблюдением этических принципов Хельсинкской декларации (1975 г. с дополнениями 1983 г.) и Национального стандарта РФ ГОСТ-Р 52379-2005 «Надлежащая клиническая практика» (ICH E6 GCP) при наличии письменного информированного добровольного согласия от законных представителей обучающихся. Статистическая обработка полученного материала проведена с помощью стандартных методов статистики и специальных программных продуктов с приложениями MS-Office. Различия считали статистически значимыми при заданном $p \leq 0{,}05$.

Результаты. Сопоставительный анализ результатов клинического обследования детей, обучающихся в кадетской школе, показал, что «Болезни опорно-двигательного аппарата» занимают первое ранговое место среди учащихся 10–11-х классов и второе – у первоклассников (66,2–64,7 %, $p = 0{,}87$). При этом у учеников группы 2 сколиоз регистрировался в 3 раза чаще (9,8 и 3,1 %, $p = 0{,}13$), а плоскостопие в 1,5 раза чаще (18,5 и 27,5 %, $p = 0{,}25$). Относящиеся к группе школьно-обусловленных заболеваний «болезни костно-мышечной системы» закономерно увеличиваются от начала обучения к старшим классам. По данным ряда авторов, плоскостопие у кадетов регистрируется чаще, чем у школьников, что может быть связано

с отдельными видами физического воспитания – строевой подготовкой, которая может рассматриваться как возможный фактор риска развития подобных нарушений [1]. Остеопенический синдром регистрировался только у учащихся первых классов – 7,4 % ($p = 0,05$), что может быть обусловлено влиянием регулярных физических нагрузок, способствующих укреплению костной ткани у старших детей [2].

В структуре общей заболеваемости детей в Российской Федерации первое ранговое место традиционно занимают болезни органов дыхания, при этом респираторная патология чаще выявляется в возрастной группе от 0 до 14 лет, чем у подростков [9]. Среди учеников кадетской школы мы наблюдали аналогичную динамику: болезни ЛОР-органов занимали ведущую позицию в структуре заболеваемости у детей группы исследования 1 и регистрировались 1,6 раза чаще, чем в группе 2 (73,8 и 45,1 %, $p < 0,01$). У первоклассников преобладали гипертрофия нёбных миндалин (32,3 % в группе исследования 1 против 5,9 % в группе исследования 2, $p = 0,001$) и аденоидные вегетации (10,8 % в группе исследования 1, отсутствовали в группе исследования 2, $p = 0,001$). Хронические микст-инфекции выявлялись в группе 1 у 9,2 % и отсутствовали в группе исследования 2 ($p = 0,03$), что могло объяснять развитие гипертрофии лимфоидной ткани лимфоглоточного кольца у первоклассников. Таким образом, установлена отчетливая тенденция к снижению выявляемости ЛОР-патологии у старшеклассников ($OR = 3,38$; $DI = 1,87–6,10$; $p = 0,001$). Среди учеников старших классов у 3,9 % регистрировался хронический тонзиллит, отсутствующий среди учеников первых классов ($p = 0,11$).

Заболевания аллергической этиологии и состояния, вовлекающие иммунный механизм, у детей младших классов регистрировались до 1,2 раза чаще, чем у старшеклассников (41,5 и 33,3 %, $p = 0,37$). Среди заболеваний по классу «Болезни аллергической этиологии и состояния, вовлекающие иммунный механизм» у каждого пятого ребенка обеих групп диагностирован аллергический ринит (18,5–21,6 %, $p = 0,68$). Дальнейший сравнительный анализ структуры нозологических форм показал, что атопический дерматит в группе исследования 1, регистрировался у 23,1 % детей, что превышало аналогичные показатели в группе исследования 2 в 3,9 раза, имея статистически значимые различия ($p = 0,01$) и отчетливую тенденцию к уменьшению распространенности данной патологии у детей старшей школы. Бронхиальная астма встречалась в обеих группах практически с одинаковой частотой (1,5–2 %).

Результаты клинического обследования показали, что «Болезнями органов пищеварения» страдают около половины учащихся обеих групп (52,3 и 59,6 %, $p = 0,58$), приоритетное место в данном классе принадлежало функциональным нарушениям билиарного тракта, распространенность которых составляла 41 %. При этом с возрастом мы наблюдаем почти трехкратное уменьшение доли функциональных расстройств – функциональной диспепсии (16,9 и 5,9 %, $p = 0,07$) и появление отсутствующей у первоклассников органической патологии – хронического гастрита (5,9 %, $p = 0,05$).

Заболевания по классу «Болезни нервной системы» у детей групп 1 и 2 диагностированы практически с равной частотой (27,5–29,4 % соответственно, $p = 0,84$). Анализ структуры патологии нервной системы показал, что у детей группы 1 преобладали функциональные расстройства в виде астеновегетативного синдрома, характеризующегося головными болями, быстрой утомляемостью, невнимательностью, двигательной и эмоциональной лабильностью, который был диагностирован практически у каждого пятого ребенка группы исследования 1 – 21,5 %, с сущест-

венным уменьшением распространенности заболевания у детей старшей школы (*OR* = 17,49; *DI* = 3,76–53,84; *p* = 0,001).

В процессе обучения наблюдался достоверный рост вегетососудистой дистонии: от 1,5 до 23,5 % (*p* = 0,001). Высокая общая суммарная образовательная нагрузка с учетом внеучебной деятельности приводят к перенапряжению адаптационных процессов и нарушению вегетативных реакций [9]. В исследовании О.В. Кожиновой установлено, что особенно сложной для воспитанников кадетской школы является старшая ступень обучения, сопровождающаяся быстрой утомляемостью, нарушениями сна (80 %), чрезмерными учебными и физическими нагрузками (78 %), головными болями, слабостью (64 %), чувством тревоги, напряжения и раздражительности (58 %) [6].

В результате сравнительного анализа выявлен высокий уровень распространенности заболеваний по классу «Болезни эндокринной системы» в обеих группах (не имеющий достоверных различий): в группе исследования 1 – у 45,1 %; в группе исследования 2 – у 35,4 %. В структуре эндокринной патологии в группе исследования 1 доминировала высокорослость – 21,5 %, что достоверно превышало данный показатель группы исследования 2 (7,8 %, *p* = 0,04). В ходе сопоставительного анализа установлен достоверный рост распространенности эндемического зоба и тенденция роста распространенности гипотиреоза. Так, если в группе исследования 1 гипотиреоз выявлялся только у 1,5 % обследованных, то в группе исследования 2 – у 3,9 %, что в 3,3 раза больше (*p* = 0,42). В начале обучения эндемический зоб регистрировался у 6,2 % школьников, а к 10–11-му классу – у каждого четвертого ученика (*p* = 0,04). Дальнейший анализ структуры эндокринных заболеваний выявил достоверное увеличение числа детей, имеющих избыточную массу тела, с 3,1 % в группе исследования 1 до 13,7 % в группе исследования 2 (*p* = 0,03). Нарушения качественного и количественного состава пищи и режима питания негативно влияют на здоровье учащихся [5]. Проведенные ранее исследования по анализу фактического питания школьников крупных городов выявили недостаток потребления овощей и фруктов на фоне преобладания картофеля, избытка макаронных и кондитерских изделий, что приводит к увеличению с возрастом числа школьников, страдающих алиментарно-зависимыми патологиями [11, 12].

В группе исследования 2 достоверно чаще относительно группы исследования 1 диагностировались болезни глаза – 23,5 и 7,7 % соответственно (*p* = 0,02). Анализ динамики частоты встречаемости в возрастном аспекте показал, что миопия регистрировалась только в группе старшеклассников (15,7 %) на фоне ее отсутствия среди учеников первых классов (*p* = 0,001). Данные литературы подтверждают неуклонный рост снижения остроты зрения среди учеников на фоне постоянно нарастающей интенсификация учебной нагрузки [7, 11, 12].

Выводы. Таким образом, в процессе обучения у учеников кадетской школы с возрастом отмечается рост школьно-обусловленной патологии: сколиоза – в 3 раза, миопии и вегетативной дистонии – в 15 раз. Также достоверно чаще встречается хроническая патология желудочно-кишечного тракта – хронический гастрит – в 5 раз и такие эндокринные заболевания, как эндемический зоб – в 6 раз, избыток массы тела – в 4,4 раза. От младших классов к старшим снижается частота патологии ЛОР-органов, регистрируемая среди учеников 10–11-х классов в 1,6 раза реже. У 7,4 % первоклассников выявляется остеопенический синдром, отсутствующий среди учеников 10–11-х классов.

Список литературы

1. Бородина И.Г. Кадетские классы и проблемы сохранения здоровья обучающихся в них детей // Инновационные проекты и программы в образовании. – 2009. – № 4. – С. 3–6.

2. Вазлеев В.А. Содержание кадетского воспитания и образования // Молодой ученый. – 2018. – № 3. – С. 178–181.

3. Жилина М.А., Шестакова В.Н., Соколова М.В. Здоровье мальчиков подросткового возраста, обучавшихся в кадетском корпусе и лицее гуманитарного профиля // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2010. – № 1. – С. 49–53.

4. Здоровьесберегающие возможности кадетского образования / М.И. Степанова, З.И. Сазанюк, Б.З. Воронова [и др.] // Матер. X съезда гигиенистов и санит. врачей. – М., 2007. – Кн. 1. – С. 698–701.

5. Иванов Д.О., Орел В.И. Современные особенности здоровья детей мегаполиса // Медицина и организация здравоохранения – 2016. – № 1. – С. 6–11.

6. Кожинова О.В. Психологические особенности повышения психической работоспособности учащихся кадетских корпусов // Системная психология и социология. – 2011. – № 4. – С. 86–93.

7. Комплексная оценка состояния здоровья городских школьников по данным углубленных медицинских осмотров / Е.С. Богомолова, Ю.Г. Кузмичев, Т.В. Бадеева [и др.] // Медицинский альманах. – 2016. – № 2. – С. 63–66.

8. Кучма В.Р., Ткачук Е.А., Тармаева И.Ю. Психофизиологическое состояние детей в условиях информатизации их жизнедеятельности и интенсификации образования // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95 (12). – С. 1183–1188.

9. Основные тенденции заболеваемости среди детского населения / А.А. Антонова, Г.А. Яманова, В.Ф. Боговденова, Д.Н. Умарова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 1 (103). – С. 6–9.

10. Поленова М.А., Сазанюк З.И., Шумкова Х.Б. О реализации комплексного подхода к оптимизации обучения в условиях повышенной образовательной нагрузки // Здоровье населения и среда обитания. – 2012. – № 11. – С. 42–44.

11. Сизова Н.Н., Исмагилова Ю.Д. Анализ состояния здоровья современных школьников // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 5 (95) Часть 3. – С. 133–137. DOI: 10.23670/IRJ.2020.95.5.109

12. Состояние здоровья детей и подростков и факторы, влияющие на его формирование / В.Н. Лучанинова, М.М. Цветкова, Л.В. Веремчук [и др.] // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96 (6). – С. 561–568. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-6-561-568

13. Тенденции заболеваемости и динамика хронизации патологии у детей 0–14 лет в Российской Федерации [Электронный ресурс] / М.Н. Бантьева, Е.М. Маношкина, Т.А. Соколовская, Э.Н. Матвеев // Социальные аспекты здоровья населения: сетевое издание. – 2019. – № 65 (5). – С. 10. – URL: http://vestnik.mednet.ru/content/view/1105/30/lang,ru (дата обращения: 01.12.2021).

14. Morgan I.G., Rose K.A. Myopia and international educational performance // Ophthalmic Physiol Optics. – 2013. – Vol. 33 (3). – P. 329–338. DOI: 10.1111/opo.12040

Влияние температуры атмосферного воздуха на артериальное давление у взрослого населения в условиях, приравненных к Крайнему Северу

Т.Н. Растокина

ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава РФ,
г. Архангельск, Россия

Проведена оценка влияния температуры атмосферного воздуха на артериальное давление у взрослого населения в районе, приравненном к Крайнему Северу. Использованы данные измерения артериального давления у участников исследования «Узнай свое сердце» в возрасте 35–69 лет, проведенного в 2015–2017 гг. в городе Архангельске. В теплый сезон года высокие значения температуры атмосферного воздуха относительно средних значений вызывают снижение систолического и диастолического артериального давления в группе участников без артериальной гипертензии и у лиц с леченой артериальной гипертензией. Однако у лиц, сообщивших о ранее диагностированной артериальной гипертензии и не принимающих гипотензивные препараты, изменение температуры атмосферного воздуха выше и ниже средних значений для этого периода вызывает повышение как систолического, так и диастолического артериального давления, а высокие значения температур не оказывают влияния на артериальное давление. В холодный сезон года при повышении температуры атмосферного воздуха относительно средних значений отмечается снижение диастолического артериального давления в группе участников с нелеченой артериальной гипертензией, а также снижение и систолического, и диастолического артериального давления в группе лиц, принимающих гипотензивные препараты.

Ключевые слова: артериальное давление, артериальная гипертензия, температура окружающей среды, метеофакторы, погодные условия.

Город Архангельск является административным центром Архангельской области, занимающей 40 % территории европейского севера России [2] и, согласно постановлению Правительства Российской Федерации № 1946 от 16.11.2021 г., приравнен к районам Крайнего Севера [6]. Несмотря на развитие технологий здравоохранения, в Архангельской области сохраняется тенденция роста заболеваемости болезнями системы кровообращения среди взрослого населения (315,6 на 1000 населения в 2017 г. против 333,5 на 1000 в 2019 г.). Наиболее часто встречаются болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением, на долю которых приходится 48,4 % всех болезней системы кровообращения у взрослого населения. Распространенность артериальной гипертензии (АГ) в Архангельской области среди лиц в возрасте старше 18 лет также растет и составляет 161,3 на 1000 населения соответствующего возраста в 2019 г. (151,6 на 1000 населения в 2017 г.) [3].

Архангельская область характеризуется особыми климатогеографическими условиями, связанными с периодами ледостава и ледохода, частой сменой воздушных масс, поступающих из Арктики, колебаниями температур и атмосферного давления. Среднегодовая температура составляет 0,4–0,8 ºС. Среднемесячные отрицательные температуры сохраняются с ноября по апрель [4]. Холодовой фактор на Севере ощущается постоянно вследствие слабости солнечного тепла, высокого

ветрового режима в условиях повышенной влажности [2, 4, 7]. Поэтому по совокупности климатических характеристик, их степени выраженности и сочетаниям районы Архангельской области могут быть отнесены к зоне дискомфортных природно-климатических условий проживания с элементами экстремальности по ряду параметров, предъявляющих повышенные требования к человеку. Таким образом, высокая распространенность и рост заболеваемости болезнями, характеризующимися повышенным кровяным давлением, особенности климата Архангельска, приравненного к районам Крайнего Севера, обусловили актуальность проведения данной работы.

Цель исследования – изучить связь между температурой атмосферного воздуха и артериальным давлением среди взрослого населения в г. Архангельске.

Материалы и методы. Настоящая работа выполнена по данным исследования «Узнай свое сердце», которое проводилось в Архангельске с ноября 2015 г. по октябрь 2017 г. [10]. Это поперечное исследование проведено с использованием случайной выборки взрослого населения в возрастной группе от 35 до 69 лет. Было обследовано и включено в работу 2342 человека, у каждого из которых проанализированы переменные: возраст, пол, масса тела, уровень физической активности, употребление алкоголя, курение, длительность проживания в Архангельске, показатели артериального давления, дата и время его измерения, наличие ранее установленного диагноза артериальной гипертензии, принимаемые гипотензивные препараты.

Метеорологические данные получены с общедоступного веб-сайта «Расписание погоды» [9]. Для анализа взяты показания температуры атмосферного воздуха на уровне станции, расположенной в г. Архангельске по координатам: 64°30' 40°43'. Всего проанализировано 2918 показаний температуры атмосферного воздуха, измеренных с периодичностью 8 раз в сутки (в 00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00 часов) с 1 ноября 2015 г. по 31 октября 2017 г.

Для оценки влияния температуры атмосферного воздуха на артериальное давление участники были разделены на три группы: 1) лица без артериальной гипертензии; 2) группа тех, кто указал на наличие артериальной гипертензии и не получает гипотензивные препараты, и 3) участники, получающие гипотензивную терапию. Доля обследованных, указавших на наличие ранее диагностированной артериальной гипертензии, составила 53 %. При разделении на группы выявлено 114 человек (5 %), не указавших на наличие артериальной гипертензии, но принимающих гипотензивные препараты. Эта группа исследуемых отнесена к лицам, принимающих гипотензивные препараты.

Учитывая климатические особенности Архангельска – стойкие отрицательные температуры с ноября по апрель, а также длительность залегания устойчивого снежного покрова с октября по апрель – выделили два сезона года: теплый (с 16 апреля по 15 октября) и холодный (с 16 октября по 15 апреля).

Статистический анализ: определение типа распределения данных проводилось с помощью квантильной диаграммы и критерия Колмогорова – Смирнова, описание показателей температуры и артериального давления – с помощью медианы и процентилей (P25 и P75), описание категориальных переменных выполнено в виде абсолютных чисел и относительных частот. Для сравнения среднего артериального давления по сезонам использован критерий Манна – Уитни, среднего артериального давления в группах по артериальной гипертензии – критерий Краскела – Уоллиса. Оценка влияния температуры атмосферного воздуха на артериальное

давление проведена с применением линейного регрессионного анализа. При выполнении регрессионного анализа показатели температуры атмосферного воздуха разделены на пентили и введены в регрессионную модель как дамми-переменные. За референтную категорию приняты средние значения температуры в каждый сезон. Статистический анализ данных проведен с помощью программы Stata 14.2 (StataCorp LLC, USA).

Результаты. В проекте «Узнай свое сердце» данные собирались с ноября 2015 г. по октябрь 2017 г. за исключением июля 2016 и 2017 гг. В дальнейшем результаты представлены с учетом этого факта. В изучаемый период в Архангельске среднегодовая температура атмосферного воздуха составила 1,7 ºС, среднемесячный максимум наблюдался в августе и составлял 17,4 ºС, а минимум – в январе – -10,5 ºС.

При анализе показателей артериального давления в исследуемой выборке среди всех участников максимальное систолическое АД составило 223 мм рт. ст., минимальное – 83,5 мм рт. ст., медиана 129,5 (P25 = 118,0; P75 = 144,0) мм рт. ст. Максимальное диастолическое АД – 142,5 мм рт. ст., минимальное – 49,5 мм рт. ст., медиана – 82,5 (P25 = 72,0; P75 = 90,5) мм рт. ст.

Характерные для общей популяции особенности наблюдаются и в исследуемой выборке. Так, среднее систолическое и диастолическое АД статистически значимо выше среди мужчин ($p < 0{,}001$). Систолическое АД увеличивается с возрастом в большей мере, чем диастолическое ($p < 0{,}001$). В группе больных артериальной гипертензией, как получающих, так и не получающих лекарственных препаратов, выявлено статистически значимо более высокое систолическое и диастолическое давление ($p < 0{,}001$) в сравнении с группой исследуемых без артериальной гипертензии.

Во внутригодовой динамике артериального давления прослеживаются два пика как систолического, так и диастолического артериального давления: в сентябре (133 и 84 мм рт. ст. соответственно) и в ноябре (133,5 и 84,5 мм рт. ст. соответственно). Минимум систолического артериального давления приходится на май–июнь и составляет 125,5 и 125,75 мм рт. ст. соответственно. Минимум диастолического артериального давления наблюдается в июне и составляет 80 мм рт. ст. Полученные данные согласуются с ранее опубликованными результатами исследований [1, 5, 8, 9].

При сравнении показателей артериального давления в теплый и холодный сезоны года выявлено статистически значимое более высокое как систолическое, так и диастолическое АД в холодный сезон ($p = 0{,}009$ для систолического и диастолического АД). Это сопоставимо с общеизвестными данными о более высоком артериальном давлении в зимние месяцы.

В ходе анализа влияния температуры атмосферного воздуха на артериальное давление наибольший эффект обнаружен в теплый сезон года. Так, в группе лиц без артериальной гипертензии и в группе получающих гипотензивные препараты выявлено влияние высокой температуры атмосферного воздуха на артериальное давление. Высокие значения температуры относительно средней для сезона (более 17,5 ºС) вызывают понижение систолического артериального давления на 7,9 мм рт. ст., а диастолического – на 5,1 мм рт. ст. в группе лиц без артериальной гипертензии (таблица). В группе лиц, получающих гипотензивные препараты, высокие уровни температуры воздуха относительно среднего значения вызывают понижение систоличе-

ского АД на 8,5 мм рт. ст., а диастолического – на 4,5 мм рт. ст. Полученные результаты в этих группах сходны с данными ранее опубликованных исследований. Но совершенно другие закономерности выявлены в группе лиц, указавших на наличие артериальной гипертензии, но не получающих лекарственные препараты. Эффекта снижения артериального давления при высоких температурах не обнаружено, но есть значимое повышение как систолического, так и диастолического АД при изменениях температуры воздуха на один пентиль выше и ниже средних значений. Так, понижение температуры воздуха ниже средней вызывает повышение систолического АД на 16,9 мм рт. ст., а диастолического АД – на 13,8 мм рт. ст. Повышение температуры воздуха относительно средних значений в теплый сезон (но менее 17,2 ºС) вызывает также повышение систолического АД на 11,7 мм рт. ст., а диастолического АД – на 8,9 мм рт. ст. Низкие для теплого сезона температуры воздуха относительно средних значений вызывают повышение диастолического АД на 7,6 мм рт. ст. в группе исследуемых с нелеченой АГ (таблица).

Влияние температуры атмосферного воздуха на артериальное давление в трех группах участников, теплый сезон года

Температура, ºС	Систолическое артериальное давление, мм рт. ст.			Диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.		
	b	95 % ДИ	*p*	*b*	95 % ДИ	*p*
Группа лиц без артериальной гипертензии, n = 424						
Низкая (–5,5–5,9)	–4,6	–10,0; 0,9	0,099	–1,8	–5,2; 1,5	0,283
Ниже средней (6,0–8,7)	–4,7	–10,1; 0,7	0,087	–1,6	–4,9; 1,7	0,336
Выше средней (12,3–17,2)	–2,1	–7,5; 3,3	0,449	–0,3	–3,7; 3,0	0,839
Высокая (17,5–26,5)	–7,9	–13,1; –2,6	0,004	–5,1	–8,3; –1,8	0,002
Группа лиц с нелеченой артериальной гипертензией, n = 92						
Низкая (–5,5–5,9)	7,7	–3,1; 18,7	0,160	7,6	0,7; 14,6	0,032
Ниже средней (6,0–8,7)	16,9	5,7; 28,2	0,004	13,8	6,5; 21,1	< 0,001
Выше средней (12,3–17,2)	11,7	0,3; 23,1	0,044	8,9	1,6; 16,3	0,018
Высокая (17,5–26,5)	6,9	–4,1; 17,8	0,215	4,7	–2,4; 11,7	0,194
Группа принимающих гипотензивные препараты, n = 378						
Низкая (–5,5–5,9)	–4,7	–11,2; 1,8	0,154	–2,0	–5,8; 1,7	0,289
Ниже средней (6,0–8,7)	–5,1	–11,3; 1,2	0,114	–3,6	–7,2; 0,1	0,055
Выше средней (12,3–17,2)	–1,3	–7,4; 4,9	0,692	–0,3	–3,9; 3,3	0,876
Высокая (17,5–26,5)	–8,5	–15,2; –1,9	0,012	–4,5	–8,4; –0,7	0,021
Референтная группа: средняя температура (8,8–12,2 ºС)						

В холодный сезон влияния температуры воздуха на артериальное давление в группе лиц без артериальной гипертензии не выявлено. В группе лиц с нелеченой АГ повышение температуры (в среднем до 0 ºС) относительно средних значений вызывает снижение диастолического АД на 6,0 мм рт. ст. (95 % ДИ – (–12,0; –0,1), p = 0,049). В группе лиц, получающих лечение по поводу артериальной гипертензии, повышение температуры воздуха относительно средних значений в данный сезон вызывает понижение систолического АД на 8,5 мм рт. ст. (95 % ДИ – (–13,5; –3,5), p = 0,001), а диастолического – на 3,6 мм рт. ст. (95 % ДИ – (–6,4; –0,8), p = 0,011). Интересно, что в изучаемой выборке отсутствует феномен повышения артериального давления при низких температурах воздуха, описываемый в большинстве исследований. Возможно, это связано с тем, что известные исследования были проведены в странах с более теплым климатом (Франция, Италия, Великобритания, Япо-

ния). В Архангельске же среднегодовая температура составляет 0,8 ºС. Также в исследуемой выборке 53 % участников проживали в Архангельске с рождения, 46 % – более 10 лет, поэтому отсутствие эффекта повышения артериального давления при низких температурах может быть объяснено сформировавшимися процессами адаптации к низким температурам, и, следовательно, другими реакциями внутреннего гомеостаза на меняющиеся условия окружающей среды.

Необходимо отметить, что в настоящей работе существуют определенные ограничения. Во-первых, отсутствие данных артериального давления в июле могло повлиять на полученные результаты в теплый сезон года. Во-вторых, при анализе получена группа людей, получающих гипотензивные препараты, но не указавших на наличие артериальной гипертензии. В-третьих, полученные ассоциации обнаружены в самой малочисленной группе исследуемых, но это также говорит о том, что, вероятно, они являются достаточно весомыми, чтобы проявиться даже в условиях маленькой мощности. Поэтому требуется дальнейшее изучение этих взаимосвязей в большей выборке.

Выводы. По результатам проведенного исследования климат г. Архангельска характеризуется специфическими особенностями, заключающимися в том числе в низкой среднегодовой температуре атмосферного воздуха, свойственной северным широтам. Также установлены характерные для полярных и субполярных типов климата закономерности внутригодовой вариабельности температуры атмосферного воздуха с максимумом в августе и минимумом в январе.

У участников исследования выявлены наибольшие показатели систолического и диастолического артериального давления в сентябре (133,0 и 84,0 мм рт. ст. соответственно) и ноябре (133,5 и 84,5 мм рт. ст. соответственно), минимальные значения систолического артериального давления – в мае (125,5 мм рт. ст.), диастолического артериального давления – в июне (80,0 мм рт. ст.). Систолическое (130,5 мм рт. ст.) и диастолическое (83,5 мм рт. ст.) артериальное давление выше в холодный сезон по сравнению с теплым ($p = 0{,}009$).

Влияние температуры атмосферного воздуха на артериальное давление наиболее выражено в теплый сезон года. Согласно общей закономерности высокие относительно средних значений температуры атмосферного воздуха показатели (17,5–26,5 ºС) вызывают понижение как систолического, так и диастолического артериального давления в группе участников без артериальной гипертензии (САД – на 7,9 мм рт. ст., ДАД – на 5,1 мм рт. ст.) и в группе получающих гипотензивную терапию (САД – на 8,5 мм рт. ст., ДАД – на 4,5 мм рт. ст.). В группе участников с наличием артериальной гипертензии и не принимающих гипотензивные препараты связь между высокими значениями температуры атмосферного воздуха (более 17,5 ºС) и уровнем артериального давления не установлена. Однако изменение температуры атмосферного воздуха выше и ниже средних значений для этого периода вызывает повышение как систолического, так и диастолического АД. Так, температура атмосферного воздуха в диапазоне от -8,7 до -5,5 ºС вызывает повышение систолического артериального давления на 16,9 мм рт. ст., а диастолического АД – на 13,8 мм рт. ст.; температура в диапазоне от 12,3 до 17,2 ºС вызывает повышение систолического артериального давления на 11,7 мм рт. ст., а диастолического АД – на 8,9 мм рт. ст.

В холодный сезон года при повышении температуры атмосферного воздуха относительно средних значений выявлено снижение диастолического АД в груп-

пе участников с нелеченой АГ на 6,0 мм рт. ст., а также снижение и систолического, и диастолического АД в группе лиц, принимающих гипотензивные препараты, на 8,5 и 3,6 мм рт. ст. соответственно. В группе участников без артериальной гипертензии влияния температуры атмосферного воздуха на артериальное давление не выявлено.

Список литературы

1. Грищенко И.В. Климат Архангельской области. – Архангельск, 2017. – 203 с.
2. Гудков А.Б., Лукманова Н.Б., Раменская Е.Б. Человек в приполярном регионе Европейского Севера. Эколого-физиологические аспекты. – Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. – 181 с.
3. Доклад о состоянии здоровья населения и организации здравоохранения в Архангельской области по итогам деятельности за 2018 год [Электронный ресурс] // Минздрав Архангельской области. – URL: http://minzdrav29.ru/ministry/Open_data/Госдоклад 2018 на сайт.doc/ (дата обращения: 13.06.2019).
4. Климат Архангельск (Российская Федерация) [Электронный ресурс] // Climate-Data.org. – URL: https://ru.climate-data.org/азия/россииская-федерация/архангельская-область/архангельск-3447/ (дата обращения: 03.05.2020).
5. Кузьменко Н.В., Плисс М.Г., Цырлин В.А. Зависимость цирканнуальной динамики артериального давления от сезонных колебаний метеорологических и гелиофизических факторов. Мета-анализ // Российский кардиологический журнал. – 2019. –Т. 24, № 1. – С. 80–93. DOI: 10.15829/1560-4071-2019-1-80-93
6. Об утверждении перечня районов Крайнего Севера и местностей, приравненных к районам Крайнего Севера, в целях предоставления государственных гарантий и компенсаций для лиц, работающих и проживающих в этих районах и местностях, признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации и признании не действующими на территории Российской Федерации некоторых актов Совета Министров СССР: Постановление правительства Российской Федерации № 1946 от 16.11.2021 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: справочно-правовая система. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_400590/92d969e26a4326c5d02fa79b8f9cf4994ee5633b/ (дата обращения: 19.03.2021)
7. Общая характеристика климата Архангельской области и Ненецкого автономного округа [Электронный ресурс] // Северное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. – URL: http://www.sevmeteo.ru/files/arh-nao.pdf (дата обращения: 03.05.2020).
8. Патология: руководство / под ред. М.А. Пальцева, В.С. Паукова, Э.Г. Улумбекова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2002. – 960 с.
9. Погода в Архангельске [Электронный ресурс] // rp5.ru: расписание погоды – URL: https://rp5.ru/Погода_в_Архангельске,_Архангельская_область (дата обращения: 09.03.2019).
10. Know Your Heart: Rationale, design and conduct of a cross-sectional study of cardiovascular structure, function and risk factors in 4500 men and women aged 35–69 years from two Russian cities, 2015–18 / S. Cook, S. Malyutina, A.V. Kudryavtsev [et al.] // Wellcome Open Res. – 2018. – Vol. 3. – P. 67. DOI: 10.12688/wellcomeopenres.14619.2

Изучение характера употребления алкогольной продукции и табакокурения взрослого населения Нижегородской области по данным эпидемиологического мониторинга в 2021 г.

С.О. Семисынов[1], М.А. Позднякова[1], С.М. Лаврентьева[1], Н.Н. Савицкая[2], В.Г. Харыбин[2]

[1]ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора,
[2]ГБУЗ НО «Нижегородский областной центр общественного здоровья и медицинской профилактики»,
г. Нижний Новгород, Россия

В 2021 г. на территории Нижегородской области сотрудниками ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора совместно с ГБУЗ НО «Нижегородский областной центр общественного здоровья и медицинской профилактики» было проведено исследование распространенности факторов риска хронических неинфекционных заболеваний среди взрослого населения методом эпидемиологического мониторинга.

Одним из разделов исследования являлось изучение характера употребления алкогольной и табачной продукции. В ходе изучения было установлено, что половина обследованных употребляли алкоголь, причем мужчины достоверно чаще, чем женщины. Предпочтение отдавалось крепким алкогольным напиткам, затем – пиву и сухому вину.

Пятая часть обследованных (18,0 %) употребляла табачную продукцию, мужчины – достоверно чаще, чем женщины; треть курящих имели низкую мотивацию в здоровому образу жизни.

Ключевые слова: эпидемиологический мониторинг, хронические неинфекционные заболевания, алкоголь, курение, факторы риска.

В повседневной жизни остро стоит вопрос о влиянии алкоголя и табакокурения как на индивидуальное, так и на общественное здоровье. Ежегодно от алкоголя умирают около 500 тыс. человек. Потребление алкоголя является одной из приоритетных проблем в сфере здравоохранения. По данным Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, отравления спиртосодержащей продукцией занимают третье место в структуре острых отравлений и составляют 21,2 % [3]. От последствий употребления табака ежегодно гибнет более 8 млн человек. Более 7 млн из них – потребители и бывшие потребители табака, более 1,2 млн – некурящие, подвергающиеся воздействию вторичного табачного дыма [2]. Известно, что на фоне злоупотребления спиртными напитками и курения растет уровень хронических неинфекционных заболеваний. В настоящей работе приводятся данные о характере употребления алкогольной продукции и табакокурения взрослым населением Нижегородской области по данным эпидемиологического мониторинга, проведенного в 2021 г. отделом медико-профилактических технологий управления рисками общественному здоровью ФБУН «ННИИГП» Роспотребнадзора совместно с ГБУЗ НО «НОЦОЗМП».

Цель исследования – изучение частоты употребления алкогольной продукции и табакокурения взрослым населением Нижегородской области как факторов риска возникновения и развития хронических неинфекционных заболеваний.

Материалы и методы. В 2021 г. на территории Нижегородской области было обследовано 1244 человека в возрасте от 25 до 64 лет. Среди обследованных 41,2 % составляли мужчины, 58,8 % – женщины, средний возраст – 45,2 ± 0,3 г. (41,1 ± 1,4 г. – мужчины и 58,8 ± 1,4 г. – женщины). Статистическое наблюдение проводилось в форме опроса с помощью специально разработанных опросников, форма которых была утверждена приказами Министерства здравоохранения Нижегородской области (№ 65 от 16.01.2014 г., № 1102 от 14.04.2016 г., № 315-30/20П/од от 23.01.2020 г.).

Результаты. На вопрос «Употребляете ли вы алкоголь?» 53,0 ± 1,5 % ответили положительно. Из них: мужчины – 52,2 ± 1,9 %, а женщины – 47,8 ± 1,9 %, $p \leq 0{,}05$.

На вопрос «Вам никогда не казалось, что следует уменьшить употребление алкоголя?» 94,5 ± 0,9 % опрашиваемых из числа ответивших утвердительно на предыдущий вопрос дали отрицательный ответ (93,2 ± 1,4 % мужчин и 96,0 ± 1,1 % женщин, $p \leq 0{,}05$). Таким образом, лишь 5,5 ± 0,9 % опрошенных сочли вредной привычку употреблять алкоголь, гендерная разница не наблюдалась.

7,0 % респондентов испытывали чувство вины от того, с какой частотой они пили спиртное (8,3 % – мужчины, 5,6 % – женщины).

4,0 ± 0,8 % обследованных вообще испытывали эмоциональное раздражение из-за вопросов об употреблении алкоголя (4,6 ± 1,2 % – среди мужчин, 3,4 ± 1,1 % – среди женщин, $p \leq 0{,}05$).

В ходе исследования выяснилось, что обследованные отдают предпочтение пиву (49,2 ± 2,0 %) и крепким алкогольным напиткам, таким как водка или коньяк (50,9 ± 2,0 %).

Довольно большая часть трудоспособного населения употребляла спиртное домашнего изготовления (до 24,6 ± 1,7 %). Такое распределение по видам употребляемой алкогольной продукции свидетельствовало не только о личных вкусовых предпочтениях и традициях винопития, но и о материальном статусе трудоспособного населения. Сухие, шампанизированные и марочные вина остаются сегодня малодоступными для подавляющего числа граждан. Вкусовые предпочтения достоверно отличались в зависимости от пола. Мужчины в подавляющем большинстве предпочитали крепкую алкогольную продукцию (68,2 ± 2,6 %), женщины – сухие вина (70,7 ± 2,6 %).

Было установлено, что лицами, признавшими употребление алкоголя, в течение недели, предшествующей обследованию, было выпито в среднем 867,7 ± 46,7 мл пива, 525,0 ± 323,2 мл крепленого вина и 306,3 ± 56,5 мл водки на человека. Безусловно, по всем позициям женщины имели достоверно более низкие показатели в сравнении с мужчинами ($p \leq 0{,}001$).

Курение является одной из самой актуальных проблем в сфере охраны здоровья населения, и о пагубном влиянии никотина известно давно [3].

На вопрос «Курите ли Вы?» 69,0 ± 1,3 % респондентов ответили, что никогда в своей жизни не курили (39,2 ± 2,2 % – среди мужчин, 90,3 ± 1,1 % – среди женщин, $p \leq 0{,}001$). 12,5 ± 1,3 % респондентов курили в прошлом, но к моменту обследования отказались от данной привычки (22,8 ± 2,2 % – среди мужчин, и 5,3 ± 1,1 % – среди женщин, $p \leq 0{,}001$).

На момент обследования никотиновую зависимость имела примерно пятая часть опрошенных (18,5 ± 1,3 %) с достоверным преобладанием мужчин – 38,0 ± 2,2 % против 4,4 ± 1,1 % женщин, $p < 0,001$.

Также следует обратить внимание, что мужчины существенно чаще курили в среднем возрасте – 40–59 лет, а женщины – в более молодых возрастных группах.

Регулярность табакокурения была ежедневной у 70,7 ± 2,4 % курящих: у 84,9 ± 2,3 % мужчин, и у 15,1 ± 2,3 % женщин, $p < 0,001$.

В среднем респонденты начали употреблять табачную продукцию в 17,5 ± 0,2 г., мужчины – достоверно раньше, нежели женщины (17,1 ± 0,2 г. и 18,9 ± 0,5 г. соответственно, $p < 0,05$). Средний возраст, в котором опрашиваемые бросали курить, – 33,5 ± 0,8 года. Мужчины бросали курить в достоверно более старшем возрасте, чем женщины (в 35,3 ± 1,0 г. – мужчины, 27,3 ± 1,0 г. – женщины, $p < 0,001$).

На вопрос «Бросали ли вы курить раньше?» 51,0 ± 3,5 % курящих опрашиваемых ответили утвердительно (80,6 ± 3,9 % мужчин, 19,4 ± 3,9 % женщин).

Была изучена степень мотивации к отказу от табакокурения на момент исследования. Установлено, что по субъективным ощущениям у 32,4 ± 2,6 % опрошенных она была довольно сильной (достоверно чаще у женщин – 40,6 ± 6,1 %, против 30,5 ± 2,8 % – у мужчин, $p < 0,001$).

В среднем обследованные выкуривали по 13,9 ± 0,6 сигареты в день: мужчины – 14,8 ± 0,7 сигареты, женщины – 8,7 ± 1,5 сигареты, $p < 0,05$.

Важное негативное значение имеет тот факт, как скоро от момента пробуждения человек начинает курить [1]. В пределах 30 мин от пробуждения закуривали 44,3 ± 3,4 % (45,8 ± 3,7 % мужчин, 34,4 ± 8,8 % женщин, $p < 0,001$).

Выводы. В результате проведенного исследования было установлено, что:

1. Более половины респондентов (53,0 %) употребляли алкогольную продукцию, предпочитая крепкий алкоголь (50,9 %), пиво (49,2 %) и сухое вино (43,3 %);

2. Пятая часть опрошенных курила (18,5 %), при этом лишь треть из них (32,4 %) имела довольно сильную мотивацию к отказу от курения.

Полученные данные позволили сделать вывод о довольно высокой распространенности среди трудоспособного населения Нижегородской области таких факторов риска для здоровья, как употребление алкоголя и табакокурение, а также о слабой мотивации к полному отказу от них.

Список литературы

1. Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации: Федеральный закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовое обеспечение. – URL: https://base.garant.ru/12191967/ (дата обращения: 14.12.2021).

2. Табак [Электронный ресурс] // ВОЗ. – 2021. – URL: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/tobacco (дата обращения: 17.12.2021).

3. Чан-Ман-Го В.А., Сутыгин И.С., Толмачев Д.А. Влияние на организм человека алкоголя и курения: современные представления // Modern Science. – 2019. – № 12–2. – С. 206–212.

Полиморфизм MMP9 836A>G и маркеры остеометаболизма у детского населения в условиях экспозиции стронцием

К.Г. Старкова[1], О.В. Долгих[1,2,3], Т.А. Легостаева[1], Д.В. Ланин[1], А.Д. Образцова[3]

[1]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2]ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
[3]ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
г. Пермь, Россия

Специфика микроэлементного окружения у населения отдельных геохимических провинций определяет особенности процессов регуляции гомеостаза. В условиях избыточного поступления стронция с питьевой водой возможно формирование патологических изменений костного метаболизма с вовлечением цитокиновых механизмов регуляции.

Выполнено обследование детей дошкольного возраста, постоянно проживающих на территории стронциевой геохимической провинции и потребляющих питьевую воду с избыточным содержанием стронция. Группу сравнения составили дети, потребляющие в качестве питьевой воду с допустимым содержанием стронция. Содержание стронция в крови исследовали методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Маркеры остеометаболизма определяли иммуноферментным анализом. Генотипирование проводили методом полимеразной цепной реакции в режиме реального времени.

Выявлены избыточные уровни стронция в крови детей группы наблюдения, одновременно связанные с повышенным содержанием ионизированного Ca^{2+}. Показаны изменения в системе цитокиновых маркеров остеометаболизма при снижении OPG в 1,51 раза и дисбалансом в системе RANKL/OPG ($p < 0,05$). Генетический анализ позволил установить повышенную (в 2,55 раза) частоту вариантного аллеля *G* гена *MMP9 836A>G* матриксной металлопротеиназы-9 у детей основной группы относительно группы сравнения (*OR* = 3,48; 95 % Cl = 1,44–8,43), регулирующей связывание кальция и гидроксиапатитов внеклеточного матрикса и экспрессию провоспалительных медиаторов. Выявлено достоверное повышение RANKL в 1,83 раза у носителей *G* аллеля *MMP9 836A>G*, что указывает на участие MMP9 в развитии патологических изменений в условиях дисбаланса стронциево-кальциевого взаимодействия, активацию процессов костной резорбции, опосредованной повышенной экспрессией провоспалительных цитокиновых медиаторов, и формирование у детского населения стронциевой геохимической провинции, потребляющего питьевую воду с избыточным содержанием стронция, специфической стронциевой оссификации.

Ключевые слова: генетический полиморфизм, ген *MMP9*, RANKL, OPG, стронций.

Особенности воздействия макро- и микроэлементного окружения на состояние здоровья населения, определяющие специфику отдельных природных геохимических провинций, обусловливаются функциональным состоянием адаптационных резервов организма и связаны с индивидуальной генетической вариабельностью, детерминирующей развитие патологических процессов [4]. В условиях

стронциевой геохимической провинции избыточное поступление солей стронция с питьевой водой может опосредовать нарушения показателей гомеостаза, ассоциированные с патологией костной системы и кальциевого обмена, с вовлечением межклеточных механизмов регуляции остеометаболизма.

Матриксные металлопротеиназы, относящиеся к семейству цинкзависимых эндопептидаз, осуществляют метаболизм внеклеточного матрикса и принимают активное участие в процессах костного ремоделирования, регулируя минеральную плотность костной ткани [1, 3]. В частности, матриксная металлопротеиназа-9 (MMP9) является важнейшим медиатором остеогомеостаза и экспрессируется остеокластами при различных условиях, обеспечивая их дифференцировку и активацию и усиливая расщепление костного матрикса. Эпидемиологические исследования доказывают участие MMP9 в патогенезе различных заболеваний, включая потенциальную роль клинически значимых SNP вариантов, затрагивающих промоторный и кодирующий участки гена MMP9 [2, 6].

Цель исследования – исследовать особенности регуляции остеометаболизма, ассоциированные с генетическим полиморфизмом *MMP9 836A>G* у детей, проживающих на территории стронциевой геохимической провинции и потребляющих питьевую воду с избыточным содержанием стронция.

Материалы и методы. Обследовано детское население стронциевой геохимической провинции, группу наблюдения составили 59 детей (средний возраст 4,72 ± 0,101 г.), потребляющих воду с повышенным содержанием стронция – с превышением гигиенических регламентов по содержанию стронция в подземных водах до 1,3 раза (норматив предельно допустимой концентрации стронция составляет 7,0 мг/л). Группу сравнения составили 24 ребенка (средний возраст 5,79 ± 0,104 г.), проживающие на территории, удаленной от стронциевой провинции, с допустимым содержанием стронция в воде (0,7 мг/л). Группы были сопоставимы по полу, возрасту, соматической заболеваемости.

Все законные представители обследованных детей подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование выполнено в соответствии с Хельсинкской декларацией (пересмотр 2013 г.) и одобрено этическим комитетом ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения».

Содержание стронция в крови определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на масс-спектрометре Agilent 7500cx (Agilent Technologies Inc., США). Ионизированный Ca^{2+} исследовали на анализаторе EasyLyte (Medica Corporation, США). Иммуноферментным методом определяли остеопротегерин (OPG), лиганд рецептора активации ядерного фактора NF-κB (RANKL), используя коммерческие тест-системы на анализаторе Elx808 (BioTek, США).

Полученные результаты обрабатывали с помощью программы Statistica 10.0 (StatSoft, США). Использовали *t*-критерий Стьюдента для сравнения групп по количественным признакам. Результаты исследования представлены в виде среднего арифметического (*M*) и ошибки среднего (*m*). Достоверными считались различия при уровне значимости $p < 0,05$.

Генетический анализ проводили методом полимеразной цепной реакции в режиме реального времени на термоциклере CFX96 (Bio-Rad, США) с использованием наборов по определению однонуклеотидных (SNP) полиморфизмов, биоматериал получали со слизистой оболочки ротоглотки, ДНК выделяли сорбентным ме-

тодом. Частоты генотипов рассчитывали по равновесию Харди – Вайнберга на основе диагностики однонуклеотидных полиморфизмов (SNP). Достоверность межгрупповых различий определяли при расчете точного критерия Фишера (*P*) с уровнем значимости $p < 0{,}05$, данные по частотам аллелей анализировали с расчетом отношения шансов (*OR*, 95 % *CI*).

Результаты. Химико-аналитический анализ выявил присутствие стронция в крови обследованной группы детей в концентрации выше в 1,71 раза относительно референтных значений и в 3,88 раза относительно показателей группы сравнения (группа наблюдения – 0,132 ± 0,008 мг/дм^3; группа сравнения – 0,034 ± 0,0024 мг/дм^3; референтный интервал 0,01–0,077 мг/дм^3; $p = 0{,}000$). При этом наблюдалось достоверное повышение ионизированного Ca^{2+} относительно референтного интервала у 81,6 % обследованных группы наблюдения (группа наблюдения – 1,132 ± 0,005 ммоль/дм^3; референтный интервал 1,03–1,1 ммоль/дм^3; $p = 0{,}000$).

Содержание регуляторных показателей остеометаболизма по уровню концентрации RANKL превосходило референтные значения у 60,0 % обследованных (группа наблюдения 18,36 ± 2,56 пг/см^3; референтный интервал 5,5–11,5 пг/см^3), при этом продукция OPG достоверно снижалась в 1,51 раза относительно данных группы сравнения (группа наблюдения – 73,60 ± 13,74 пг/см^3; группа сравнения – 110,87 ± 6,53 пг/см^3; $p = 0{,}026$). Таким образом, изменялось соотношение показателей RANKL/OPG в направлении повышения – в 2,78 раза относительно группы сравнения ($p = 0{,}013$).

Результаты генетического анализа (табл. 1) показали особенности распределения аллелей и генотипов *MMP9 836A>G* в обследованной группе детей с появлением минорного гомозиготного генотипа *GG* и повышением частоты вариантного аллеля *G* в 2,55 раза относительно группы сравнения ($p = 0{,}005$). При этом аллель *G* полиморфного маркера *MMP9 836A>G* может рассматриваться в качестве маркера чувствительности детской популяции стронциевой геохимической провинции (*OR* = 3,48; 95 % *CI* = 1,44–8,43).

Таблица 1

Особенности генетического полиморфизма *MMP9 836A>G* у детей стронциевой геохимической провинции

Генотип, аллель	Группа наблюдения, %	Группа сравнения, %	*P*	*OR* (95 % *CI*)
Общая модель				
AA	37,3	70,8	0,012	0,24 (0,09–0,68)
AG	50,8	29,2		2,51 (0,91–6,95)
GG	11,9	0,0		7,00 (0,38–127,5)
Мультипликативная модель				
A	62,7	85,4	0,005	0,29 (0,12–0,70)
G	37,3	14,6		3,48 (1,44–8,43)
Доминантная модель				
AA	37,3	70,8	0,008	0,24 (0,09–0,68)
AG+GG	62,7	29,2		4,08 (1,46–11,40)
Рецессивная модель				
AA+AG	88,1	1,0	0,102	0,14 (0,01–2,60)
GG	11,9	0,0		7,00 (0,38–127,56)

Примечание: *P* – точный критерий Фишера.

Анализ распределения генотипов показал адекватность доминантной модели ($p = 0{,}008$) и определил возможную ассоциацию носительства генотипов *AG* и *GG* полиморфного маркера *MMP9 836A>G* с развитием нарушений остеометаболизма, опосредованных регуляторными медиаторами остеометаболизма в условиях избыточного поступления стронция (*OR* = 4,08; 95 % *CI* = 1,46–11,40). Отмечено достоверное повышение уровня RANKL (табл. 2) в 1,83 раза у носителей аллеля *G* относительно генотипа *AA* ($p = 0{,}048$) при тенденции к снижению соотношения RANKL/OPG, в среднем в 2,43 раза.

Таблица 2

Изменение регуляторных маркеров остеометаболизма у детей группы наблюдения, ассоциированное с полиморфизмом *MMP9 836A>G*

Показатель	Генотип		*p*
	AA	*AG+GG*	
RANKL, пг/см^3	12,26 ± 3,10	22,43 ± 3,40	0,048
OPG, пг/см^3	80,0 ± 29,27	69,34 ± 13,01	0,712
RANKL/OPG	0,224 ± 0,057	0,554 ± 0,140	0,078

Примечание: *p* – уровень значимости межгрупповых различий по генотипам по *t*-критерию Стьюдента.

Особенности влияния стронция в организме определяются, прежде всего, его физико-химическими свойствами и способностью замещать ионы Ca^{2+}, взаимодействуя с минеральным компонентом кости. Длительное поступление высоких доз стронция приводит к нарушению процессов костного ремоделирования и проявлению костных аномалий с дефектом минерализации, с замещением ионов Ca^{2+} в костной ткани и повышением его уровня в крови, что может приводить к изменению функциональной активности многих физиологических процессов [9].

Регуляция остеокластогенеза осуществляется в основном при помощи цитокинов RANKL и OPG. При этом RANKL индуцирует дифференцировку и активацию остеокластов через ядерный фактор NF-κB, запуская внутриклеточные геномные трансформации, а OPG является растворимым рецептором для RANKL и действует как эндогенный рецептор-ловушка, угнетая формирование зрелых многоядерных клеток остеокластов и понижая активность резорбции костной ткани. Баланс между RANKL и OPG обусловливает степень изменения минеральной плотности кости и интенсивность костной резорбции [8, 10].

Функционально MMP9 принимает участие в процессах воспаления, мобилизации матрикс-связанных факторов роста и процессинге цитокинов, индуцируя провоспалительные факторы, поскольку промоторная область MMP9 имеет в своем составе сайты связывания энхансеров, NF-κB и AP-1 сайты [7]. Полиморфизм *MMP9 836A>G* затрагивает коллаген-связывающий домен фермента, изменяет конформацию белка и ферментативную активность, усиливая связывание субстрата и, таким образом, формируя дополнительные условия для развития патологических событий в условиях стронциево-кальциевого дисбаланса [5]. Регуляция остеометаболизма, опосредованная MMP9, реализуется, по-видимому, как через непосредственное воздействие на процессы ремоделирования внеклеточного матрикса, так и через активацию провоспалительных факторов, в частности RANKL, что приводит к стимуляции процесса костной резорбции и нарушению кальциевого гомеостаза.

Выводы. У детского населения, подверженного избыточному воздействию стронция, с повышением генетической вариабельности по полиморфному маркеру *MMP9 836A>G*, наблюдались существенные нарушения регуляции остеометаболизма, которые способствовали повышению уровня ионов Ca^{2+} в крови. При этом дисбаланс стронциево-кальциевого взаимодействия определялся изменениями регуляторных механизмов, опосредованных цитокиновыми медиаторами RANKL и OPG. Выявленные ассоциации полиморфного маркера *MMP9 836A>G* с изменением в системе RANKL-OPG указывают на возможную перспективность использования генетически детерминированных индивидуальных особенностей метаболизма для решения задач ранней диагностики и профилактики нарушений здоровья детского населения в условиях стронциевой геохимической провинции.

Список литературы

1. Воропаева А.А., Фаламеева О.В., Садовой М.А. Регуляция ремоделирования костной ткани матриксными металлопротеиназами // Междунар. ж. прикл. и фундам. исслед. – 2017. – № 11. – С. 45–49.

2. Классификация, регуляция активности, генетический полиморфизм матриксных металлопротеиназ в норме и при патологии / А.С. Шадрина, Я.З. Плиева, Д.Н. Кушлинский [и др.] // Альм. клин. мед. – 2017. – № 45 (4). – С. 266–279.

3. Матриксные металлопротеиназы их взаимосвязь с системой цитокинов, диагностический и прогностический потенциал / Е.В. Маркелова, В.В. Здор, А.Л. Романчук, О.Н. Бирко // Иммунопатология, аллергология, инфектология. – 2016. – № 2. – С. 11–22.

4. Особенности регуляции иммунной системы у детей, проживающих в условиях стронциевой геохимической провинции / Д.Г. Дианова, О.В. Долгих, А.В. Кривцов [и др.] // Гигиена и санитария. – 2017. – № 97 (1). – С. 25–28.

5. Association of matrix metalloproteinase (mmp) gene polymorphisms with knee osteoarthritis: a review of the literature / C. Milaras, P. Lepetsos, D. Dafou [et al.] // Cureus. – 2021. – Vol. 13 (10). – P. e18607.

6. Dataset of allele and genotype frequencies of the three functionally significant polymorphisms of the MMP genes in Russian patients with primary open-angle glaucoma, essential hypertension and peptic ulcer / O. Minyaylo, D. Starikova, M. Moskalenko [et al.] // Data in brief. – 2020. – Vol. 31. – P. 106004.

7. Hardy E., Fernandez-Patron C. Destroy to rebuild: the connection between bone tissue remodeling and matrix metalloproteinases // Front. Physiol. – 2020. – Vol. 11. – P. 47.

8. Recent advances in osteoclast biological behavior / Y. Sun, J. Li, X. Xie, F. Gu [et al.] // Front. Cell Dev. Biol. – 2021. – Vol. 9. – P. 788680.

9. Strontium and strontium ranelate: Historical review of some of their function / M. Pilmane, K. Salma-Ancane, D. Loca [et al.] // Mater. Sci. Eng. C. Mater. Biol. Appl. – 2017. – Vol. 78. – P. 1222–1230.

10. The macrophage-osteoclast axis in osteoimmunity and osteo-related diseases / Y. Yao, X. Cai, F. Ren [et al.] // Front. Immunol. – 2021. – Vol. 12. – P. 664871.

Экспериментальные исследования по выбору метода пробоподготовки к химическому анализу фурана и метилфурана в пищевых продуктах на примере детских каш методом хромато-масс-спектрометрии

Д.Ю. Субботина, Т.В. Нурисламова

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

В процессе исследований по отработке способа пробоподготовки проб пищевой продукции к химическому анализу фурана и метилфурана использовали традиционный метод экстракции и автоматический метод твердофазной экстракции (ТФЭ). Отработаны схемы жидкостной экстракции с учетом влияния температуры, природы растворителя, pH среды, наличия высаливающих реагентов. Результаты показали, что традиционный метод экстракции извлечения фурана и метилфурана неэффективен, полнота извлечения составила менее 1 %. Для повышения эффективности степени извлечения фурана и метилфурана из детских каш применяли метод ТФЭ. Разработана оптимальная схема элюирования с учетом подбора картриджа, растворителя для элюирования и метода дистилляции с использованием стандартных растворов пищевого продукта. Установлено, что степень извлечения фурана и метилфурана достигнута при использовании ТФЭ. Полнота экстракции составила 100 % для фурана и метилфурана.

Ключевые слова: хромато-масс-спектрометрический метод (ГХ/МС), детские каши, фуран (метилфуран), твердофазная экстракция, жидкостная экстракция.

Одним из важных факторов, определяющих здоровье человека, является безопасность продуктов питания. Определению фурана и его производных в пищевых продуктах в странах Евросоюза, США и Китае уделяется большое внимание, так как эти соединения проявляют канцерогенные и цитотоксические свойства *in vivo* [6].

Европейское управление по безопасности пищевых продуктов (EFSA), Агентство по пищевым стандартам (FSA) провели исследования по изучению образования фурана в различных пищевых продуктах [6, 8, 9]. Результаты исследований показали, что фуран и метилфуран образуются во время термической обработки, производятся из таких предшественников, как аскорбиновая кислота, аминокислоты, углеводы, ненасыщенные жирные кислоты и каротиноиды, содержатся в различных продуктах, включая кофе, консервы, зерновые продукты. Фуран всасывается из желудочно-кишечного тракта и в наибольшем количестве обнаруживается в печени, метаболизируется цитохромом до цис-бут-2-ен-1,4-диальдегида (БДА), обладающего высокой реакционной способностью, и может легко реагировать с ДНК, что может привести к онкологическим заболеваниям [5].

В зарубежной научно-исследовательской литературе известно большое количество методов, посвященных мониторингу фурановых производных в различных средах, в том числе в продуктах детского питания. Анализ зарубежных источников

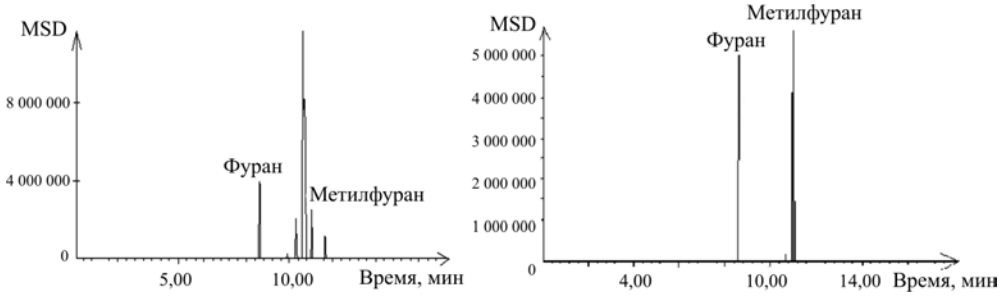
показал, что для определения фуранов в продуктах детского питания используют следующие методы пробоподготовки: твердофазная микроэкстракция [4], жидкостно-жидкостная экстракция (ЖЖЭ) [7], жидкостная микроэкстракция [3]. Контроль содержания фурана и метилфурана в пищевых продуктах в настоящее время в Российской Федерации не проводится из-за отсутствия методической базы. С учетом токсичности фурана и его производных вопрос о разработке методики определения фурана и метилфурана является актуальным. В техническом регламенте ТРТС 021/2011 о безопасности пищевой продукции [2] данные соединения не нормируются, вместе с тем в руководстве по оценке риска известна референтная доза фурана, которая составляет 0,001 мг/кг [1].

Материалы и методы. Объектами исследования являлись стандартные образцы фурана и метилфурана (массовая доля вещества 99 %) Sigma Aldrich (USA), безмолочные сухие каши для детского питания, растворители гексан Merck и гептан «Экос-1», картриджи Coconut Charcoal SPE Tubes 2g/6ml, Chromobond C18 6ml/500mg, Oasis HLB 6 cc/500 мг и схемы для пробоподготовки по определению фурана и метилфурана с помощью жидкостной экстракции и автоматической системы ТФЭ.

При отработке метода пробоподготовки пищевых продуктов для анализа фурана и метилфурана применяли два метода: традиционный метод экстракции и современный метод твердофазной экстракции (ТФЭ).

Метод экстракции органическим растворителем. Известно, что на полноту экстракции химических соединений пищевых продуктов влияют природа растворителя, температура, водородный показатель, наличие высаливающих реагентов.

На первом этапе исследования изучали природу растворителя. Фуран и метилфуран хорошо растворяются в неполярных растворителях. Для выбора органического растворителя необходимо установить оптимальную растворимость фурана и метилфурана. Для этого использовали неполярные органические растворители с разными физико-химическими свойствами. Эксперимент заключался в следующем: в исследуемый образец органического растворителя 2 мл добавляли стандартный раствор фурана и метилфурана с концентрацией 1 мкг/мл. Хроматограмма растворимости стандартных образцов фурана и метилфурана в гексане и гептане представлена на рисунке.



а *б*

Рис. Хроматограмма растворимости стандартных образцов фурана и метилфурана с концентрацией 1 мкг/мл в гексане (*а*), в гептане (*б*)

Выполненные исследования показали, что высокая растворимость фурана и метилфурана достигается в гептане. Проведен расчет полноты растворения соединений в гептане и гексане. Значения полноты растворения фурана и метилфурана с использованием стандартных образцов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Средние значения полноты растворения фурана и метилфурана с использованием стандартных образцов в различных растворителях

Экстрагент	Фуран			Метилфуран		
	введено, мкг	найдено, мкг	полнота растворения %	введено, мкг	найдено, мкг	полнота растворения %
Гексан	2	2,4	120	2	0,133	7
Гептан		2,3	115		0,285	14

Результаты анализа (см. табл. 1) показали, что полнота растворения составила 115 и 14 % для фурана и метилфурана соответственно.

Следующий этап исследования заключался в изучении эффективности извлечения фурана и метилфурана из стандартных образцов различными растворителями и изменениями pH среды. Результаты степени экстракции представлены в табл. 2.

Таблица 2

Полнота экстракции фурана и метилфурана из стандартного раствора с использованием разной pH среды

Компонент	Фуран			Метилфуран		
	введено, мкг	найдено, мкг	полнота извлечения, %	введено, мкг	найдено, мкг	полнота извлечения, %
pH = 3						
Гексан	1	0,00548	Менее 1	1	0,00107	Менее 1
Гептан		0,00003	Менее 1		0,00003	Менее 1
pH = 10						
Гексан	1	0,00008	Менее 1	1	0,00007	Менее 1
Гептан		0,00528	Менее 1		0,00003	Менее 1

В результате выполненных исследований (см. табл. 2) установлено, что полнота извлечения фурана и метилфурана из стандартных образцов из кислой и щелочной среды составила менее 1 %.

Температура раствора при проведении процесса экстракции также оказывает влияние на полноту экстракции. В условиях лаборатории изучена эффективность извлечения фурана и метилфурана из стандартных образцов при различной температуре. Результаты степени экстракции представлены в табл. 3.

По полученным результатам (см. табл. 3) экстракции можно сделать вывод, что температура не оказывает существенного влияния на полноту экстракции для фурана и метилфурана из стандартных образцов. При температуре 25 °С полнота извлечения фурана составила 0,56, при температуре 40 °С полнота извлечения составила 0,58. Для метилфурана при температуре 25 °С и 40 °С полнота извлечения составила 0,003 и 0,004 % соответственно.

Таблица 3

Полнота экстракции фурана и метилфурана из стандартного раствора при изменении температуры процесса экстракции

Компонент	Фуран			Метилфуран		
	введено, мкг	найдено, мкг	полнота извлечения, %	введено, мкг	найдено, мкг	полнота извлечения, %
t = 25°C						
Гептан	1	0,00561	0,56	1	0,00003	0,003
t = 40°C						
Гептан	1	0,00582	0,58	1	0.00004	0,004

Одним из факторов, влияющих на степень извлечения фурана и метилфурана из стандартных образцов, является использование электролитов. При отработке способа подготовки проб к химическому анализу фурана и метилфурана изучено влияние высаливающих реагентов на степень извлечения соединений при использовании солей щелочных металлов (Na_2SO_4, NaCl). Результаты степени экстракции представлены в табл. 4.

Таблица 4

Полнота экстракции фурана и метилфурана из стандартного раствора с использованием высаливающих реагентов

Компонент	Фуран			Метилфуран		
	введено, мкг/мл	найдено, мкг	полнота извлечения, %	введено, мкг	найдено, мкг	полнота извлечения, %
NaCl, Na_2SO_4						
Гексан	1	0,00007	Менее 1	1	0,00104	Менее 1
Гептан		0,00561	Менее 1		0,00003	Менее 1

Выполненные исследования позволили заключить, что полнота извлечения фурана и метилфурана из стандартных образцов с использованием традиционного метода экстракции составила менее 1 %.

Метод экстракции с помощью автоматической системы твердофазной экстракции (ТФЭ).

Для повышения эффективности степени извлечения фурана и метилфурана из пищевой продукции применяли современный метод ТФЭ, достоинствами которого являются высокая эффективность извлечения, селективность, хорошая воспроизводимость результатов химического анализа. Первый этап исследования по отработке способа подготовки образцов каш заключался в выборе марки картриджа, затем на втором этапе отрабатывали условия схем элюирования ТФЭ и дистилляции на стандартных образцах в пищевом продукте. Результаты по выбору картриджа с использованием стандартных образцов представлены в табл. 5.

Анализ полученных результатов (см. табл. 5) показал, что высокая полнота экстракции достигнута с использованием картриджа Chromobond C18 6ml/500mg для фурана – 95 % и метилфурана – 96 %.

Таблица 5

Полнота экстракции фурана и метилфурана из стандартных образцов методом твердофазной экстракции с использованием различных картриджей

Картридж	Фуран, мкг/мл		Полнота экстракции, %	Метилфуран, мкг/мл		Полнота экстракции, %
	введено	найдено		введено	найдено	
Chromobond C18 6ml/500mg	1,0	0,95	95	1,0	0,96	96
Coconut Charcoal SPE Tubes,2 g/6ml		0,73	73		1,17	100
Oasis HLB 6 cc/500 мг		0,96	96		0,88	88

Для выбора оптимальной схемы подготовки проб методом твердофазной экстракции подготовки стандартных проб к химическому анализу фуранов отработаны экспериментальные схемы. Для этого варьировали объем растворителя для элюирования фуранов с картриджей. Режим ТФЭ подбирали таким образом, чтобы целевые компоненты сорбировались на картридже, а мешающие вещества проходили через картридж и смывались гептаном. Оптимальная схема элюирования ТФЭ включала несколько стадий:

1. Стадия кондиционирования объемом 5 мл в течение 3 с, этилацетатом объемом 5 мл в течение 3 с с целью активации картриджа.
2. Стадия загрузки образца 100 мл на картридж.
3. Сушка картриджа в течение 20 мин.
4. Элюирование целевых аналитов с картриджа 3 мл гептаном.
5. Химический анализ полученного элюата на содержание фурана и метилфурана методом хромато-масс-спектрометрии.

Для увеличения полноты экстракционного извлечения аналитов, особенно стандартного образца фурана из пищевого продукта, применяли метод дистилляции с перегретым водяным паром. Следующий этап исследования заключался в отработке условий дистилляции стандартных образцов из детских каш с последующей сорбцией на картридж Chromobond C18. Для этого исследуемый стандартный раствор объемом 100 см^3 помещали в колбу для отгона, добавляли высаливающие реагенты и варьировали pH. Полученные элюаты анализировали на газовом хроматографе с масс-селективным детектором. Полученные результаты исследований полноты извлечения фуранов из стандартных образцов выполнены методом «введено – найдено» с применением различных схем дистилляции и ТФЭ, представлены в табл. 6.

Таблица 6

Полнота экстракции фурана и метилфурана из проб каш методом

pH	Фуран, мкг/мл		Полнота экстракции, %	Метилфуран, мкг/мл		Полнота экстракции, %
	введено	найдено		введено	найдено	
1. Высаливающие реагенты + H_2SO_4	1	1,24	100	1	1,19	100
2. Щелочная среда		0,99	99		1,15	100

Выводы. Комплексное использование дистилляции в сочетании с оптимальной схемой элюирования и концентрирование дистиллята на картридж Chromobond C18 позволили достичь высокой полноты извлечения фурана и метилфурана из стандартного образца. Полнота экстракции составила 100 %.

Список литературы

1. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

2. ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции: Технический регламент Таможенного союза [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_124768/00dd811677fbe1241874d9e9aab09a2506b2424d/ (дата обращения: 18.03.2022).

3. Chaichi M., Mohammadi A., Hashemi M. Optimization and application of headspace liquid-phase microextraction coupled with gas chromatography–mass spectrometry for determination of furanic compounds in coffee using response surface methodology // Microchemical Journal. – 2013. – Vol. 108. – P. 46–52. DOI: 10.1016/j.microc.2012.12.009

4. Condurso C., Cincotta F., Verzera A. Determination of furan and furan derivatives in baby food // Food Chemistry. – 2018. – Vol. 250. – P. 155–161. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.12.091

5. Fan X., Geveke D.J. Furan formation in sugar solution and apple cider upon ultraviolet treatment // J Agric Food Chem. – 2009. – P. 7816–7821. DOI: doi.org/10.1021/jf071366z

6. Low dose assessment of the carcinogenicity of furan in male F344/N Nctr rats in a 2-year gavage study / L.S. Von Tungeln, N.J. Walker, G.R. Olson, M.C. Mendoza, R.P. Felton, B.T. Thorn, M.M. Marques, I.P. Pogribny, D.R. Doerge, F.A. Beland // Food Chem Toxicol. – 2017. – P. 170–181. DOI: 10.1016/j.fct.2016.11.015

7. Red-Fleshed Apple Anthocyanin Extract Reduces Furan Content in Ground Coffee, Maillard Model System, and Not-from-Concentrate Apple Juice / B. Wang, S. Jiang, Y. Wang [et al.] // Foods. – 2021. – Vol. 10. – P. 2423. DOI: 10.3390/foods10102423

8. Risks for public health related to the presence of furan and methylfurans in food / EFSA [et al.] // EFSA Journal. – 2017. – Vol. 15, № 10. – P. 1–5.

9. US Food and Drug Administration. Furan in food, hermal treatment; request for data and information // Federal Register. – 2004. – Vol. 69, № 90. – P. 5911.

Анализ пятилетней заболеваемости костно-мышечной системы детей (0–14 лет) и региональные закупки ученической мебели

В.А. Сухов, С.О. Высочанская

ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава РФ,
г. Москва, Россия

Расстройства и заболевания костно-мышечной системы у детей и подростков занимают одно из ведущих мест в структуре патологии детского возраста с нарастанием с 3 лет до 18 лет. Структура патологии в основном представлена плоскостопием, нарушением осанки и сколиозами. Приобретение школьной мебели, ее подбор с учетом росто-возрастных характеристик обучающихся и дальнейшее правильное использование оказывает влияние на снижение общей заболеваемости болезнями опорно-двигательного аппарата у обучающихся. В работе изучались различия проводимых регионами закупок ученической мебели регионами РФ (2014–2018 гг.) и заболеваемости костно-мышечной системы детей 0–14 лет (2009–2019 гг.).

Ключевые слова: школьная мебель, детская заболеваемость, костно-мышечная система, гигиеническое нормирование.

В период обучения в школе у детей наблюдается наиболее интенсивный рост и развитие – это обусловливает пластичность детского организма и большую подверженность влиянию неблагоприятных факторов. Основными негативными факторами школьного периода являются вынужденная поза учащихся и гиподинамия – факторы риска развития нарушений опорно-двигательного аппарата. Анализ структуры заболеваемости школьников демонстрирует, что по мере обучения в школе растет частота ряда заболеваний и отклонений в состоянии опорно-двигательного аппарата [1]. Основным фактором, оказывающим влияние на костно-мышечную систему в условиях школьного обучения, является ученическая мебель [3, 4]. Многочисленные исследования показывают негативное влияние мебели, не соответствующей антропометрическим показателям обучающихся, на здоровье детей и подростков [5]. Несовпадение размеров мебели с антропометрическими показателями учащихся вынуждает школьников занимать неправильные позы во время уроков [2], что может служить причиной болей в спине во взрослом возрасте.

Цель исследования – изучение различий проводимых регионами закупок ученической мебели (2014–2016 гг.) и заболеваемости костно-мышечной системы детей 0–14 лет (2009–2019 гг.).

Материалы и методы. Осуществлен сбор данных о закупках школьной мебели с официального сайта Единой информационной системы в сфере закупок при помощи авторской методики, и проведена выкопировка сведений из статистических сборников «ЦНИИОИЗ» Минздрава России за 2009–2019 гг.

Критерии включения: закупка регионом ученической мебели для образовательных организаций начального, среднего и общего образования, статус состояв-

шейся закупки по данным портала госзакупок, размещение по ФЗ-44 и 223-ФЗ, дата размещения, отсутствие требований к форме собственности поставщика. Регионы были разделены на две группы по уровню первичной заболеваемости (менее 2000 и более 5000 на 100 тыс. населения) и по уровню общей заболеваемости (менее 4000 и более 10 000 на 100 тыс. населения). В отдельную группу выделены «столичные» регионы (г. Москва, г. Санкт-Петербург) из-за объема и особенностей формирования городского бюджета.

Критерий исключения: отсутствие закупочной документации; заказчик – казенное учреждение; заказчик – организация дополнительного образования; заявки с неполным пакетом документов.

Статистическая обработка данных проводилась при помощи Statistica Base: анализ динамических рядов; сравнение групп регионов с «минимальным» и «максимальным» уровнями первичной и общей заболеваемости непараметрическим критерием Манна – Уитни *U* (для несвязанных выборок, $p < 0,05$).

Результаты. Анализ динамики первичной заболеваемости костно-мышечной системы детей в возрасте 0–14 лет (2009–2019 гг.) в регионах со среднегодовым показателем менее 2000 на 100 тыс. населения показал, что в 2019 г. по сравнению с 2009 г. первичная заболеваемость уменьшилось на 646,1 на 100 тыс. населения, или на 36,3 %. В среднем первичная заболеваемость с каждым периодом сокращалась на 4,4 % (табл. 1).

Таблица 1

Показатели первичной заболеваемости (2014–2018 гг.) в группе регионов со среднегодовым уровнем первичной заболеваемости менее 2000 на 100 тыс. населения

Регион	Средние значения	Год				
		2014	2015	2016	2017	2018
Чеченская Республика	546,95	1090,7	523,7	672,8	313,6	306,2
Кабардино-Балкарская Республика	753,92	639,5	742,5	689,6	498,6	594,3
Республика Тыва	913,85	544,5	621,1	629,3	2396,3	2163,8
Еврейская автономная область	1324,35	1084,7	1016	1084	1165,8	1065,8
Костромская область	1367,53	1155,6	1626,6	962,8	1260,3	862,1
Республика Бурятия	1585,63	1703,6	2093,7	1281	659,9	737,6
Магаданская область	1643,21	1430,8	799,8	501,3	257	1527,6
Карачаево-Черкесская Республика	1875,03	2437	1467,4	915,2	795,8	1227,4
Республика Алтай	1889,28	1951,1	1380,3	1398,3	2887,8	2173,6

В регионах с заболеваемостью больше 5000 на 100 тыс. населения в 2019 г. по сравнению с 2009 г. первичная заболеваемость уменьшилось на 1514,3 на 100 тыс. населения, или на 24 %. Среднее значение первичной заболеваемости с 2009 по 2019 г. составило 6000,4 на 100 тыс. населения. В среднем первичная заболеваемость ежегодно сокращалась на 2,7 % (табл. 2).

Анализ динамики общей заболеваемости костно-мышечной системы детей в возрасте 0–14 лет (2009–2019 гг.) в регионах со среднегодовым показателем менее 2000 на 100 тыс. населения показал, что в 2019 г. по сравнению с 2009 г. общая заболеваемость уменьшилась на 674,7 на 100 тыс. населения, или на 20,3 %. Среднее значение общей заболеваемости с 2009 г. по 2019 г. составило 2782,9 на

100 тыс. населения. В среднем общая заболеваемость с каждым периодом сокращалась на 2,2 % (табл. 3).

Таблица 2

Показатели первичной заболеваемости (2014–2018 гг.) в группе регионов со среднегодовым уровнем первичной заболеваемости более 5000 на 100 тыс. населения

Регион	Средние значения	Год				
		2014	2015	2016	2017	2018
Ульяновская область	5007,78	4337,1	4266,8	3810	5813,2	6357,5
Курская область	5112,96	3789	3847,8	4149,3	3907,6	2342,6
Мурманская область	5537,61	5315,2	5891,4	5614,2	6377,2	5655,5
Республика Коми	5999,88	6598,6	5736,7	5683	6209,8	6249,6
Республика Ингушетия	6250,95	8540,1	4182,2	4094,3	4042,1	4004,6
Архангельская область	6938,49	6602,3	7352,2	7338,9	6830,7	6556,9
Ненецкий автономный округ	8409,38	9637,6	9078,2	8258,7	7316,1	7813,9
г. Москва	5035,01	5244,6	4105,2	3864,5	3556,1	3568,5
г. Санкт-Петербург	5711,29	5204,9	7172,7	6986,9	6566,6	6805,8

Таблица 3

Показатели общей заболеваемости (2014–2018 гг.) в группе регионов со среднегодовым уровнем первичной заболеваемости менее 2000 на 100 тыс. населения

Регион	Средние значения	Год				
		2014	2015	2016	2017	2018
Чеченская Республика	1325,7	2288,6	1360	1322,1	812,6	1265,2
Кабардино-Балкарская Республика	2802,59	3053	2046,3	2006,2	1995,4	2341,9
Республика Тыва	1743,65	1065,1	1909,7	1925,4	3503,4	3411,9
Еврейская автономная область	2435,55	1906,7	2059,7	2624,2	2614,7	2569,2
Костромская область	3965,15	3629,8	3304,4	3068,7	3755,9	3157,6
Республика Бурятия	3096,36	2971,9	4268,2	3388	1890,4	1898,6
Магаданская область	2811,65	2701,3	1720,5	1235,8	950	2174,9
Карачаево-Черкесская Республика	3011,4	3491,1	2652,9	2260,7	3010,1	2037,9
Республика Алтай	3854,15	3950,1	3146,4	3236,2	4443,7	3928,1

В регионах с заболеваемостью больше 5000 на 100 тыс. населения в 2019 г. по сравнению с 2009 г. общая заболеваемость уменьшилась на 313,3 на 100 тыс. населения, или на 2,5 %. Среднее значение общей заболеваемости с 2009 г. по 2019 г. составило 13229,6 на 100 тыс. населения. В среднем общая заболеваемость с каждым периодом сокращалась на 0,2 % (табл. 4).

Сравнение групп регионов с «минимальными» (Еврейская автономная область, Кабардино-Балкарская Республика, Карачаево-Черкесская Республика, Костромская область, Магаданская область, Республика Алтай, Республика Бурятия, Республика Тыва, Чеченская Республика – группа 1), «максимальными» (Архангельская область, Курская область, Мурманская область, Ненецкий автономный округ, Республика Ингушетия, Республика Коми, Ульяновская область – группа 2) среднегодовыми уровнями общей заболеваемости и «столицами» (г. Москва,

г. Санкт-Петербург – группа 3) показало отличия: между группой 1 и группой 2 ($p = 0{,}000175$); между группой 1 и группой 3 ($p = 0{,}036364$). Статически значимых отличий между регионами группы 2 и 3 получено не было.

Таблица 4

Показатели общей заболеваемости (2014–2018 гг.) в группе регионов со среднегодовым уровнем первичной заболеваемости более 5000 на 100 тыс. населения

Регион	Средние значения	Год				
		2014	2015	2016	2017	2018
Ульяновская область	11 761,75	11 485,9	11 970,9	13 398,4	15 221,9	16 966
Курская область	12 137,94	11 100,3	10 432,9	9777,7	9912,8	7570,6
Мурманская область	10 874,58	9512,3	11 026,5	10 597,6	11 752,5	11 789
Республика Коми	12 861,26	14 705,9	13 652,5	13 560,5	13 614,7	13 308,1
Республика Ингушетия	14046,5	19 354,2	11 295,7	7557	7574,5	7520,2
Архангельская область	16 282	14 924,7	16 151,8	17 616,8	20 167,9	20 912,6
Ненецкий автономный округ	15 307,55	17 392,2	19 479	15 739,7	11 388,2	11 208,7
г. Москва	11 929,25	12 440,1	9888,2	10 353,6	9694,4	9626,1
г. Санкт-Петербург	13 865,79	12 205	15 225,8	16 291,5	16 393,4	17 254,2

При анализе закупочной документации были выделены «число наименований» школьной мебели, приобретаемой образовательными и организациями, и «единицы оборудования» как характеристики приобретаемого ассортимента. «Число закупок» и характеристики приобретаемого ассортимента подсчитывалось к итогу за соответствующий год по всем опубликованным совершившимся аукционов по региону и соответствующих критериям включения с расчетом среднегрупповой (табл. 5).

Таблица 5

Информация о региональных закупках ученической мебели группах регионов (2014–2018 гг.)

Группа регионов	Число закупок	Число наименований	Число единиц
Группа 1	14,2	37,8	3254,6
Группа 2	43,6	123,4	9586,4
Группа 3 («столицы»)	187,4	123,4	36330,4

Данные о закупках за период 2014–2018 гг. свидетельствуют о том, что число закупок и число единиц закупаемой мебели в сравниваемых группах регионов имеют следующие отличия:

– между регионами группы 1 и группы 2 статистическая значимость выявлена по всем значениям за 2016 г. ($p = 0{,}031119$), и только по числу наименований за 2017 г. ($p = 0{,}031119$);

– между группой 1 и группой 3 статистически значимые отличия наблюдались по всем параметрам во всех годах кроме 2017 г. ($p < 0{,}05$).

Между группами 2 и 3 статистически значимых отличий получено не было.

Выводы. Были изучены различия проводимых регионами закупок ученической мебели регионами РФ (2014–2018 гг.) и заболеваемости костно-мышечной системы детей 0–14 лет (2009–2019 гг.).

При сложившихся уровнях заболеваемости в регионах (ниже 2000 и выше 5000 на 100 тыс. населения) одному из профилактических мероприятий – приобретению ученической мебели – уделяется недостаточное внимание. Существующая тенденция к оснащению образовательных организаций ученической мебелью не способствует снижению уровня заболеваемости детей (0–14 лет) костно-мышечной патологией. При кажущихся региональных отличиях объемов закупаемой ученической мебели ни в одной из изучаемых нами групп не было продемонстрировано существенное влияние закупок на заболеваемость.

Проведенный совокупный анализ заболеваемости и экономических компонентов профилактических мероприятий должен учитываться обосновании технических заданий для формирования аукционной документации по закупке ученической мебели. Материалы исследования послужат информационной базой для других исследователей, занимающихся гигиенической оценкой школьной мебели.

Список литературы

1. Нарушения опорно-двигательного аппарата у детей школьного возраста / Г.Ш. Мансурова, И.В. Рябчиков, С.В. Мальцев, Н.А. Зотов // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2017. – Т. 62 (5). – С. 187–191. DOI: 10.21508/1027–4065–2017–62–5–187–191

2. Are the desks and chairs at school appropriate? / L. Saarni, C.H. Nygård, A. Kaukiainen, A. Rimpelä // Ergonomics. – 2007. – Vol. 50, № 10 – P. 1561–1570.

3. Neck and shoulder pain among elementary school students: prevalence and its risk factors / E. Gheysvandi, I. Dianat, R. Heidarimoghadam, L. Tapak, A. Karimi-Shahanjarini, F. Rezapur-Shahkolai // BMC Public Health. – 2019. – Vol. 19, № 1. – P. 1299.

4. Prevalence, Risk Factors and Outcomes of Neck, Shoulders and Low-Back Pain in Secondary-School Children / H. Ben Ayed, S. Yaich, M. Trigui, M. Ben Hmida, M. Ben Jemaa, A. Ammar, J. Jedidi, R. Karray, H. Feki, Y. Mejdoub, M. Kassis, J. Damak // Journal of Research in Health Sciences. – 2019. – Vol. 19, № 1. – P. e00440.

5. The influence of school furniture on students' performance and physical responses: results of a systematic review / H.I. Castellucci, P.M. Arezes, J.F. Molenbroek, R. de Bruin, C. Viviani // Ergonomics. – 2017. – Vol. 60, № 1. – P. 93–110.

Особенности гепатобилиарной патологии у детей с герпетической инфекцией, проживащих в условиях воздействия химических веществ техногенного происхождения

О.Г. Толмачева[1], О.А. Маклакова[1, 2], А.Ю. Вандышева[1], Ю.А. Ивашова[1]

[1]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2]ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Пермь, Россия

Герпесвирусная инфекция широко распространена среди детского и взрослого населения. Изучены особенности гепатобилиарной патологии у детей с герпетической инфекцией, проживающих в условиях воздействия химических веществ техногенного происхождения.

Было обследовано 354 ребенка в возрасте от 5 до 17 лет, из них 206 детей группы наблюдения проживали при хроническом низкоуровневом загрязнении атмосферного воздуха химическими соединениями техногенного происхождения. По результатам химико-аналитического исследования установлено, что у детей группы наблюдения уровень содержания формальдегида, толуола и марганца в биосредах (кровь) был выше референтных значений в 1,2–3,6 раза. Маркеры герпесвирусной инфекции выявлены у 3/4 обследованных детей.

Установлено, что при хроническом низкоуровневом загрязнении атмосферного воздуха химическими соединениями техногенного происхождения вирусы герпеса способствовали формированию оксидативного стресса (повышение МДА), нарушению цитокиновой регуляции (повышение синтеза IL-10) и активации цитотоксических процессов в печени (повышение общего и прямого билирубина), развитию морфофункциональных расстройств гепатобилиарной системы (увеличение размеров печени, реактивные изменения печеночной паренхимы, признаки дисхолии) на фоне аномалии желчного пузыря.

Ключевые слова: дети, герпетическая инфекция, вещества химического происхождения, гепатобилиарные нарушения.

Герпес-ассоциированные заболевания входят в число наиболее распространенных инфекций человека, уступая место только гриппу и новой коронавирусной инфекции. По данным ВОЗ, на период 2020 г. около 80 % людей в мире в возрасте до 50 лет были инфицированы вирусом герпеса с поражением различных органов и систем. Среди жителей России и СНГ ежегодно регистрируют около 20 млн новых случаев герпесвирусной инфекции [1, 8].

Согласно проведенным исследованиям из всех известных герпесвирусов чаще у детей встречаются ЦМВ, ВЭБ, ВПГ 1-го, 2-го и 6-го типов. Инфицирование детей происходит в большинстве случаев внутриутробно, в первые 2–3 года жизни воздушно-капельным и контактно-бытовым путями [3–5]. При герпетической инфекции патология печени занимает особое место. Поражение гепатобилиарной системы характеризуется острым началом, выраженной интоксикацией, быстрым раз-

витием желтухи, подъемом уровней билирубина и аминотрансфераз в сыворотке, а также лейкопенией и лимфомоноцитозом [2, 9].

При инфицировании вирусами герпеса происходит активация Т- и NK-клеток с формированием в лимфоцитах широкой цитоплазмы и большого плеоморфного ядра (атипичные мононуклеары). Атипичные мононуклеары, слущиваясь, заполняют просветы желчных протоков, что приводит к механическому холестазу, а повреждение гепатоцитов обусловливает синдром цитолиза [2, 9]. Экспрессируемый вирусами белок BCRF-1, по аминокислотной последовательности совпадающий на 70 % с цитокином IL-10, вызывая его мимикрию, способствует подавлению синтеза INF-γ периферическими мононуклеарами. Другой экспрессируемый ими белок BARF-1 функционирует как растворимый рецептор к IL-1 и, связывая его, блокирует активность INF-α. Это обеспечивает ускользание вируса от иммунного надзора при острой инфекции и при ее реактивации [6, 7]. Длительная персистенция герпесвирусов приводит к иммунодефициту, уменьшению продукции интерферона, что способствует активации и интеграции вируса в клетки эпителия, в том числе желчевыводящих путей, и гепатоциты.

Таким образом, выявление особенностей развития патологии гепато-билиарной системы у детей с герпетической инфекцией является актуальной задачей, решение которой позволит разработать патогенетически обоснованные мероприятия по вторичной профилактике данной патологии.

Цель исследования – изучить особенности гепатобилиарной патологии у детей с герпетической инфекцией, проживающих в условиях воздействия химических веществ техногенного происхождения.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись дети в возрасте от 5 до 17 лет с персистирующей герпетическй инфекцией. Критерии включения пациентов в выборку: отсутствие органической патологии, вирусных гепатитов другой этиологии, гельминтозов, протозоозов. Группу наблюдения составили 206 детей (50 % мальчиков и 50 % девочек; средний возраст – 10,9 ± 0,47 г.), проживающих в условиях негативного воздействия химических техногенных факторов окружающей среды. Группу сравнения составили 158 детей (55 % мальчиков и 44 % девочек; средний возраст – 10,6 ± 0,54 г.), проживающих в условиях относительного санитарно-гигиенического благополучия. Группы сопоставимы по возрасту и полу (p = 0,167–0,706).

Медико-биологические исследования выполнялись с соблюдением этических принципов, изложенных в Хельсинкской декларации ВМА (1975 г. с дополнениями 1983 г.) и Национальном стандарте РФ ГОСТ-Р 52379-2005 «Надлежащая клиническая практика» (Good Clinical Practice). Перед исследованием у законных представителей детей получено информированное добровольное письменное согласие.

Предметом исследований являлись данные клинического обследования (осмотр педиатра), первичная медицинская документация (форма № 112/у), биосубстраты (пробы крови), лабораторные показатели, результаты химико-аналитического исследования биосред и атмосферного воздуха, иммуноферментного анализа и функциональных исследований (ультразвуковое исследование гепатобилиарной системы).

Определение формальдегида в воздухе проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) в соответствии с МУК 4.1.1045-01 «ВЭЖХ определение формальдегида и предельных альдегидов (C_2–C_{10}) в воздухе»,

ароматических углеводородов – газохроматографическим методом в соответствии с МУК 4.1.3167-14 «Газохроматографическое определение гексана, гептана, бензола, толуола, этилбензола, м-, о-, п-ксилолов, изопропилбензола, н-пропилбензола, стирола, метилстирола, бензальдегида в атмосферном воздухе, воздухе испытательной камеры и замкнутых помещений», металлов – масс-спектрометрическим методом в соответствии с МУК 4.1.3481-17 «Измерение массовых концентраций химических элементов в атмосферном воздухе методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой».

Химическо-аналитическое исследование содержания в биосредах (крови) формальдегида проводили в соответствии с методическими указаниями МУК 4.1.2111-06 «Измерение массовой концентрации формальдегида, ацетальдегида, пропионового альдегида, масляного альдегида и ацетона в пробах крови методом высокоэффективной жидкостной хроматографии», толуола – в соответствии с МУК 4.1.765-99 «Газохроматографический метод количественного определения ароматических углеводородов (бензол, толуол, этилбензол, о-, м-, п-ксилол) в биосредах (кровь)», марганца – в соответствии с МУК 4.1.3230-14 «Измерение массовых концентраций химических элементов в биосредах (кровь, моча) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой». Критериями оценки концентраций химических соединений в биосредах детей служили региональные фоновые уровни содержания анализируемых соединений в крови детского населения, проживающего на экологически благополучных территориях Пермского края.

Исследование маркеров герпесвирусов (вирус простого герпеса 1-го, 2-го типа – HHV1,2; вирус герпеса 6-го типа – HHV6; вирус Эпштейна – Барр – EBV; цитомегаловирус – CMV) в образцах биологического материала (кровь, буккальный эпителий) проводилось методами иммуноферментного анализа (ИФА) и полимеразной цепной реакции (ПЦР) в режиме реального времени на приборе Bio-RADCFX 96 (Сингапур) в программе TaqMAN.

Клинико-лабораторное обследование включало общеклинические, биохимические и показатели антиоксидантной системы и было выполнено по стандартным методикам на проверенном оборудовании в аккредитованных лабораториях. Активность окислительных процессов оценивали по уровню содержания малонового диальдегида (МДА) в плазме крови. Функциональное состояние печени оценивали по активности трансаминаз (АЛТ, АСТ), содержанию общего, прямого билирубина в сыворотке крови и щелочной фосфатазы, креатининкиназы; белоксинтезирующую функцию – по уровню общего белка и альбумина в сыворотке крови. В качестве критериев оценки отклонений изучаемых гематологических и биохимических показателей использованы возрастные физиологические нормативы лабораторных показателей и показатели детей группы сравнения [3].

Ультразвуковое исследование гепатобилиарной системы проводилось на аппарате Toshiba Aplio XG (Япония) с использованием конвексного мультичастотного датчика 2,0–6,0 МГц с оценкой моторно-эвакуаторной функции желчного пузыря по методике М.И. Пыкова.

Статистический анализ полученной информации осуществлялся с помощью пакета Statistica 6.0 и специально разработанных программных продуктов, сопряженных с приложениями MS Office. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0{,}05$.

Результаты. Оценка качества атмосферного воздуха на территории наблюдения показала превышение в 1,7 раза концентрации формальдегида и в 4,8 раза – содержания марганца ($p < 0,05$) относительно референтных концентраций при хроническом ингаляционном воздействии (**$RfC_{хр}$**). В воздухе школьных помещений на территории наблюдения было выявлено превышение концентрации формальдегида в 3,5 раза, марганца – в 1,4 раза относительно референтных концентраций и в 1,8 и 4,3 раза относительно соответствующих показателей сравниваемого общеобразовательного учреждения ($p < 0,05$). Уровень концентрации толуола был на территории наблюдения в 1,5 раза выше, чем на территории сравнения ($p = 0,0008$).

По данным химико-аналитического исследования установлено, что у детей группы наблюдения уровень содержания химических веществ техногенного происхождения в биосредах (кровь) был выше референтных значений: формальдегида – в 3,6 раза (0,027 ± 0,002 мкг/см^3, $p < 0,05$), марганца – в 1,2 раза (0,014 ± 0,0005 мкг/дм^3, $p < 0,05$) и толуола – имел значения – 0,0023 ± 0,00013 мкг/дм^3, $p < 0,05$.

При исследовании мазков из ротоглотки методом полимеразной цепной реакции в обеих группах у 30 % детей выявлен вирус герпеса 6-го типа, у 25 % – вирус Эпштейна – Барр ($p = 0,367–0,422$). При анализе гуморального иммунитета к герпесвирусам установлено, что у 75 % детей в группе наблюдения и у 66 % детей в группе сравнения были IgG антитела к антигенам CMV и ядерному антигену NAEBV ($p = 0,242–0,321$). В то же время количество детей с IgG антителами к антигенам HSV1,2 было в 1,2 раза больше в группе наблюдения ($p = 0,321$), а их среднее содержание в сыворотке крови – в 1,9 раза выше ($p = 0,002$).

По данным клинического обследования функциональные болезни органов пищеварения представлены преимущественно патологией билиарного тракта, которая выявлена у каждого второго ребенка группы наблюдения.

По данным ультразвукового исследования гепатобилиарной области установлено, что реактивные изменения печени в 1,2 раза чаще встречались у детей группы наблюдения (12,0 и 9,6 %, $p = 0,503$). Доказано наличие достоверной причинно-следственной связи развития структурных изменений печени при повышении содержания в крови марганца ($R^2 = 0,31–0,39$; $55,66 \leq F \leq 104,01$; $p = 0,0001$), уровня HSV1,2 IgG и EBV-NA IgG в крови ($R^2 = 0,37–0,41$; $70,92 \leq F \leq 78,43$; $p = 0,0001$). Увеличение линейных размеров печени отмечалось практически у каждого второго ребенка исследуемых групп. При этом у детей до 10 лет косой вертикальный размер левой доли печени (44,0 мм) был больше, чем в группе сравнения (39,0 мм, $p = 0,005$). Выявлена слабая корреляционная связь между размерами печени и концентрациями толуола, формальдегида и марганца в крови ($r = 0,15–0,24$; $p = 0,001–0,0001$). Получена причинно-следственная связь увеличения линейных размеров печени с уровнем EBV-NA IgG и CMV IgG в крови ($R^2 = 0,10–0,21$; $20,45 \leq F \leq 41,78$; $p = 0,0001–0,00002$). Аномалии формы желчного пузыря (фиксированный перегиб, перегородка, перетяжка) в 1,4 раза чаще отмечались в группе наблюдения (50,6 против 36,8 % в группе сравнения, $p = 0,022$) на фоне нарушения реологических свойств желчи (40,5 против 35,2 % в группе сравнения, $p = 0,370$). Установлено наличие достоверной причинно-следственной связи развития дисхолии при повышении содержания в крови формальдегида ($R^2 = 0,49$; $F = 162,23$; $p = 0,0001$).

При сравнительном анализе выявлены отклонения биохимических показателей у детей группы наблюдения: повышение содержания общего билирубина в

крови (25,44 ± 2,29 и 23,81 ± 1,97 мкмоль/дм^3, $p = 0,225$) и прямого билирубина (5,79 ± 0,29 и 5,57 ± 0,48 мкмоль/дм^3, $p = 0,442$); повышение в 1,5 раза синтеза противовоспалительного цитокина – IL-10 (6,54 ± 1,82 и 4,34 ± 3,36 пг/см^3 соответственно, $p = 0,001$) и креатинкиназы (165,317 ± 26,144 и 121,93 ± 9,618 Е/дм^3, $p = 0,003$), в отличие от сравниваемой группы; увеличение содержания продуктов пероксидации липидов (МДА) на уровне клеточных мембран ($p = 0,308$). Установлено наличие зависимости содержания IL-10 и уровня общего билирубина ($R^2 = 0,66$; $F = 194,03$; $p = 0,0001$); повышения содержания общего и прямого билирубина от уровня толуола, марганца в крови ($R^2 = 0,14–0,49$; $49,14 \leq F \leq 345,40$; $p = 0,0001$); между вероятностью увеличения содержания МДА в крови и повышением уровня IL-10 в крови ($R^2 = 0,64$; $F = 182,49$; $p = 0,0001$).

Выводы:

1. При хроническом низкоуровневом загрязнении атмосферного воздуха химическими соединениями техногенного происхождения у детей в крови определяется содержание толуола, формальдегида и марганца, в 1,2–3,6 раза превышающее референтные уровни.

2. В условиях негативного воздействия толуола, формальдегида, марганца у детей с герпесвирусной инфекцией развиваются более выраженные расстройства гепатобилиарной системы.

3. У экспонированных детей с герпетической инфекцией морфофункциональные гепатобилиарные нарушения обусловлены развитием оксидативного стресса (повышение МДА), нарушением цитокиновой регуляции (повышение синтеза IL-10) и проявляются активацией цитотоксических процессов в печени (повышение общего и прямого билирубина), увеличением размеров печени, реактивными изменениями печеночной паренхимы, признаками дисхолии на фоне аномалии желчного пузыря.

Список литературы

1. Вирус простого герпеса [Электронный ресурс] // ВОЗ. – URL: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/herpes-simplex-virus (дата обращения: 15.03.2022).

2. Вирусы группы герпеса и поражения печени / Г.Г. Тотолян, Г.И. Сторожаков, И.Г. Федоров [и др.] // Лечебное дело. – 2009. – № 2. – С. 4–11.

3. Григорьев К.И., Борзакова С.Н. Герпесвирусная инфекция у детей // Медицинская сестра. – 2016. – № 7. – С. 28–30.

4. Значение маркеров герпетических вирусов для оценки состояния здоровья детей / Н.Ю. Егорова, Л.Н. Гусева, Н.А. Гусева [и др.] // Детские инфекции. – 2008. – Т. 7, № 2 – С. 16–22.

5. Значение герпесвирусных инфекций у детей / М.С. Савенкова, Л.В. Вашура, А.К Абдулаев. [и др.] // Педиатрия. – 2016. – Т. 95, № 2. – С. 136.

6. Клинико-патогенетическое обоснование иммунокорригирующей терапии и противовирусной терапии при персистирующей герпетической инфекции у детей с рецидивирующим крупом и обструктивным бронхитом / Ф.С. Харламова, Т.П. Легкова, Л.И. Фельдфикс [и др.] // Детские инфекции. – 2005. – № 4. – С. 10–15.

7. Самсыгина Г.А. Герпес-вирусные инфекции у детей // Consilium Medicum. Педиатрия (Прил.). – 2016. – № 2. – С. 18–23.

8. The role of Epstein-Barr virus in acute and chronic hepatitis / U. Drebber, H.U. Kasper, J. Krupacz [et al.] // J. Hepatol. – 2006. – Vol. 44, № 5. – P. 879–885. DOI: 10.1016/j.jhep.2006.02.006

9. Global and Regional Estimates of Prevalent and Incident Herpes Simplex Virus Type 1 Infections in 2012 / K.J. Looker, A.S. Magaret, M.T. May [et al.] // PLoS One. – 2015. – Vol. 10, № 10. – P. e0140765. DOI: 10.1371/journal.pone.0140765

Окисленные липопротеиды низкой плотности как фактор риска развития ранних атеросклеротических изменений у лиц молодого и среднего возраста, работающих в металлургическом производстве

И.А. Умнягина, Л.А. Страхова, Т.В. Блинова, В.В. Трошин, Ю.В. Иванова, М.А. Сапожникова

ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора,
г. Нижний Новгород, Россия

Обследовано 174 работника одного из металлургических заводов Нижегородской области (мужчины в возрасте от 25 до 51 года). Все работающие контактировали с вредными факторами производственной среды (производственным шумом, промышленными аэрозолями). Дана оценка уровня циркулирующих в крови окисленных липопротеидов низкой плотности (oxLDL) у лиц молодого и среднего возраста, установлена их связь с факторами риска развития ранних атеросклеротических изменений. Количество oxLDL в сыворотке крови определяли методом твердофазного иммуноферментного анализа. OxLDL были выявлены у 90,9 % обследуемых лиц. Концентрация oxLDL в сыворотке крови работающих в условиях воздействия вредных факторов достоверно превышала данную величину в группе работников, не контактирующих с вредными производственными факторами. Установлена взаимосвязь содержания oxLDL с концентрацией триглицеридов, холестерола, уровнями индекса атерогенности, индекса массы тела, артериальным давлением и глюкозы. Повышенное содержание oxLDL у работающих во вредных условиях труда может явиться дополнительным маркером риска развития метаболического синдрома, субклинического атеросклероза и сердечно-сосудистой патологии.

Ключевые слова: окисленные липротеиды низкой плотности, атеросклероз, вредные производственные факторы, работающие.

Атеросклероз является постепенно развивающимся заболеванием, обусловленным определенными факторами риска, с последующим развитием сердечно-сосудистой патологии. Патогенез атеросклероза сложен и состоит из нескольких звеньев. Ведущая роль в патогенезе поражения сосудистой стенки принадлежит нарушению баланса липопротеидов. Существует так называемая «липидная гипоте-

за» патогенеза атеросклероза, в основе которой лежат нарушения липидного обмена и дислипидемия. Причем взгляды исследователей на патогенетическую роль отдельных фракций липопротеидов в развитии сердечно-сосудистой патологии постоянно менялись по мере накопления новых данных [5]. Если на начальных этапах изучения патогенеза атеросклероза основная роль принадлежала гиперхолестеринемии, то в последующем большее значение в его патогенезе стало уделяться триглицеридам, холестерину липопротеидов низкой плотности. При этом наибольшей атерогенностью, по мнению ряда исследователей, обладает подфракция мелких плотных липопротеинов низкой плотности, концентрацию которых в плазме крови, согласно современным рекомендациям, необходимо учитывать при оценке риска развития атеросклероза и сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) [2, 3]. С другой стороны, в патогенезе атеросклероза ключевую роль играет модификация липопротеинов низкой плотности, включающая окисление их липидных (холестерин, жирные кислоты, фосфолипиды и другие) и апопротеиновых компонентов. В результате окислительной модификации происходит нарушение нормального взаимодействия липопротеинов низкой плотности с рецепторами и появляется их высокое патологическое сродство к рецепторам макрофагов [1, 6]. Согласно современным представлениям, окислительная модификация преобразует липопротеины низкой плотности в форму, захватываемую макрофагами в десятки раз быстрее, чем нативные липопротеины низкой плотности, что способствует прогрессированию атеросклеротического процесса [4].

В последние годы окисленным, или модифицированным плазменным липопротенам низкой плотности (oxLDL) уделяется все большее внимание. Именно они, по данным многочисленных исследований, являются факторами риска развития атеросклероза и заболеваний сердечно-сосудистой системы. Обнаружено, что циркулирующий oxLDL связан со всеми стадиями атеросклероза, от раннего атерогенеза до осложнений в виде гипертонии, ишемической болезни сердца и периферических артерий, острых коронарных синдромов и ишемического инфаркта головного мозга [7]. Сформировалось мнение, что именно oxLDL (в отличие от нативных LDL) могут накапливаться в макрофагах, приводя к образованию пенистых клеток, проникать в интиму сосудов и способствовать образованию атеросклеротической бляшки. OxLDL нарушают баланс стенки сосуда и способствуют не только образованию, но и прогрессированию и дестабилизации атеросклеротических бляшек и могут быть обнаружены на ранних стадиях развития ССЗ, часто до того, как симптомы станут клинически очевидными [8]. OxLDL оказывают влияние на ключевые события в эндотелиальной дисфункции и атерогенезе. Они уменьшают выработку оксида азота, вызывая тем самым эндотелиальную дисфункцию, которая является первым шагом к коронарному атеросклерозу, вызывают адгезию лейкоцитов, агрегацию тромбоцитов и пролиферацию и миграцию клеток гладких мышц сосудов. OxLDL как биомаркер окислительного стресса был идентифицирован как нетрадиционный проатерогенный фактор риска развития ишемической болезни сердца [9]. Была обнаружена связь oxLDL с метаболическим дисбалансом (гиперлипидемией, гипергликемией, резистентностью к инсулину). В большинстве когортных исследований подчеркивается связь между oxLDL, сердечно-сосудистыми событиями и смертностью, особенно в группах высокого риска с возрастными хроническими заболеваниями обмена веществ и их осложнениями. Более высокие уровни oxLDL были связаны с повышенной распространенностью метаболического синдрома

(MetS) в целом, а также его компонентов – абдоминального ожирения, гипергликемии и гипертриглицеридемии [10]. Повышенные уровни oxLDL были связаны с артериальной ригидностью, с жесткостью сосудистой стенки независимо от других традиционных факторов риска ССЗ. Более высокие уровни oxLDL были связаны с повышенной жесткостью сонной артерии [12].

В последние годы признаки атеросклероза не считаются прерогативой старшего возраста и наблюдаются у людей к 30–35 годам. У лиц без клинических проявлений ССЗ изменения артериальной стенки встречаются достаточно часто уже в молодом возрасте [11, 14]. При этом факторами риска его развития у людей данной возрастной группы являются: нездоровый образ жизни, малая физическая активность, курение, стрессы, чрезмерное употребление жирной пищи и алкоголя. К факторам риска можно отнести и вредные факторы производственной среды, непосредственно или косвенно воздействующие на сосудистую стенку, с которыми контактируют лица, работающие в машиностроительном, металлургическом, горнодобывающем и других видах производств. Первые стадии атеросклероза протекают бессимптомно. Клиническая картина развивается позднее, когда возникают необратимые изменения в сосудах. Поэтому раннее выявление признаков атеросклероза у лиц молодого и среднего возраста является актуальной задачей медицины.

Цель исследования – оценить уровень циркулирующих в крови окисленных липопротеидов низкой плотности (oxLDL) у лиц молодого и среднего возраста, установить их связь с факторами риска развития ранних атеросклеротических изменений.

Материалы и методы. Обследовано 174 работника одного из металлургических заводов Нижегородской области – мужчины в возрасте от 25 до 51 года. Стаж работы на данном производстве колебался в пределах от 5 до 10 лет.

Все лица в своей профессиональной деятельности контактировали с вредными факторами производственной среды: 82 человека в возрасте 38,6 ± 8,3 г. подвергалась воздействию производственного шума; 92 человека в возрасте 39,1 ± 9,5 лет контактировали с промышленными сварочными и кремнийсодержащими аэрозолями. Оценка труда всех работающих проводилась в соответствии с ФЗ № 426 от 28.12.2013 г. «О специальной оценке условий труда». Согласно данной оценке содержание взвешенных веществ (пыли) в воздухе рабочей зоны у работающих 1-й группы непостоянно превышало предельно допустимые концентрации и соответствовало классу условий труда 3.1 («вредный» первой степени). Среднесменные значения пыли с содержанием дижелеза триоксида на разных участках колебались от 0,65 до 7,2 мг/м^3 (при ПДК 6,0 мг/м^3), диоксида кремния (при содержании пыли от 10 до 70 %) – от 0,44 до 2,4 мг/м^3 (ПДК 2,0 мг/м^3), железа – от 1,65 до 2,6 мг/м^3 (ПДК 10,0 мг/м^3), электрокорунда – от 1,8 до 6,6 мг/м^3 (ПДК 6,0 мг/м^3), марганца (при его содержании до 20 %) – от 0,25 до 0,72 мг/м^3 (ПДК – 0,6 мг/м^3). Максимальные уровни марганца, диоксида кремния, электрокорунда и дижелеза триоксида в воздухе рабочих мест превышали ПДК до 1,1–1,2 раза (класс условий труда 3.1) у резчиков металла, фрезеровщиков, электрогазосварщиков. При выполнении сварочных работ содержание озона в зоне дыхания сварщика превышало ПДК в 1,1 раза. Уровень производственного шума на рабочих местах был выше предельно допустимого (более 80 дБА), достигая на некоторых участках производства 90–95 дБА (класс условий труда 3.2 («вредный» второй степени)). Общая оценка трудового процесса характеризуется классом условий труда 3.1–3.2 («вредный» первой и второй степени).

Группу сравнения составили мужчины (34 человека в возрасте 43,3 ± 9,6 г.), которые в своей трудовой деятельности не подвергались воздействию вредных производственных факторов – работники рекламного агентства, менеджеры, занимающиеся размещением наружной рекламы в городе и области. По возрасту группы обследуемых не различались ($p > 0,05$).

Работа была выполнена с информированного согласия пациентов на участие в нем и одобрено локальным этическим комитетом ФБУН «ННИИГП» Роспотребнадзора.

Оценку уровней АД проводили согласно «Клиническим рекомендациям по диагностике и лечению артериальной гипертонии»: оптимальное – систолическое АД < 120 мм рт. ст. и диастолическое АД < 80 мм рт. ст.; нормальное и высокое нормальное – 120–139 и 80–89 мм рт. ст.; высокое – 140 мм рт. ст. и более и 90 мм рт. ст. и выше [14]. Количество ox-LDL в сыворотке крови определяли методом твердофазного иммуноферментного анализа (ИФА) при помощи коммерческого набора реагентов MDA-oxLDL фирмы Biomedica gruppe (Австрия).

Концентрацию холестерола (Chol), липопротеидов низкой плотности (LDL-Chol), липопротеидов высокой плотности (HDL-Chol) и триглицеридов (TG), глюкозы в сыворотке крови определяли с помощью наборов реагентов Thermo Fisher Scientific Oy (Финляндия) и анализатора биохимического Konelab 20 фирмы Thermo Fisher Scientific Oy (Финляндия) Анализ повышения уровней Chol, LDL-Chol, HDL-Chol и TG у обследуемых лиц проводился в соответствии с рекомендациями экспертов Российского кардиологического общества и Европейского общества кардиологов / Европейского общества по лечению артериальной гипертензии (2018) [15]. Индекс атерогенности (ИА) рассчитывался по формуле: (Chol – HDL – Chol) / HDL – Chol.

Классификация избыточной массы тела и ожирения по индексу массы тела (ИМТ) проводилась в соответствии с рекомендациями ВОЗ, 1997. ИМТ рассчитывался как отношение массы тела в килограммах к квадрату роста в метрах (кг/м^2).

В исследование не включались лица с острыми инфекционными и воспалительными заболеваниями, злокачественными новообразованиями, сахарным диабетом (СД2), обострениями хронических заболеваний. Участники дали добровольное информированное согласие на обследование и опубликование полученных результатов.

Статистическая обработка результатов проводилась общепринятыми методами вариационной статистики на персональном компьютере с использованием программы Statistica 6.1 (StatsoftInc, USA). Используя критерий Шапиро – Уилка, был проведен анализ нормальности распределения признаков и анализ равенства дисперсий. Для признаков, которые подчинялись нормальному распределению, анализ проводился методами параметрической статистики. Характеристика распределений оценивалась при вычислении средней арифметической (M), среднеквадратического отклонения (σ) и средней ошибки средней величины (m). Достоверность различий средних величин между группами оценивалась с использованием параметрического t-критерия Стьюдента. Для признаков, распределение которых отклонялись от нормального, были использованы методы непараметрической статистики – критерий U Манна – Уитни. Данные представлены как $Med \pm IQR$ (25–75 %). С целью определения степени связи между двумя случайными величинами рассчитывались коэффициент корреляции Пирсона (r). Критический уровень значимости

результатов исследования принимался при $p < 0{,}05$. Значения p от 0,05 и до 0,1 включительно расценивались как тенденция.

Результаты. Полученные результаты показали, что oxLDL были выявлены у 90,9 % всех обследуемых лиц. Концентрация oxLDL в сыворотке крови работающих в условиях воздействия вредных факторов колебалась от 0,06 до 23,8 мкг/мл, составляя в среднем 1,03 (0,31–3,24) мкг/мл, и достоверно превышала данную величину в группе сравнения – 0,98 (0,70–1,09), $p = 0{,}023$. Повышенный уровень oxLDL (более 1,17 мкг/мл) выявлен у половины работающих в условиях воздействия вредных факторов, в группе сравнения повышенный уровень oxLDL наблюдался только у 12,5 % обследуемых. У 25,0 % работающих в условиях воздействия вредных факторов концентрация oxLDL превышала величину 3,26 мкг/мл, в то время как в группе сравнения таких величин oxLDL не выявлялось. Не было обнаружено различий в концентрации oxLDL и в частоте выявления их разного уровня у работающих в зависимости от вида вредных производственных факторов (шума и промышленных аэрозолей). При анализе частоты выявления разных концентраций oxLDL в сыворотке крови за основу распределения концентраций oxLDL были взяты интервалы концентраций, соответствующие интервалам четырех квартилей показателей oxLDL. Данные представлены в табл. 1.

Таблица 1

Содержание oxLDL в сыворотке крови и частота обнаружения их различной концентрации у работающих в разных условиях труда (*Med* ± *IQR* (25–75 %), %)

Интервалы концентраций oxLDL, мкг/мл	Работающие в условиях воздействия шума, $n = 82$	Работающие в контакте с промышленными аэрозолями, $n = 92$	Работающие без контакта с вредными производственными факторами, $n = 34$
	Концентрация oxLDL, мкг/мл		
	0,92 (0,33–3,0)	1,15 (0,29–3,58)	0,98 (0,70–1,09)
	Частота обнаружения oxLDL, %		
Менее 0,05	7,3	10,9	10,0
*Q*1 (0,05–0,31)	17,1	17,4	9,1
*Q*2 (0,32–0,64)	15,9	9,8	32,9
*Q*3 (0,65–1,17)	15,9	14,2	35,5
*Q*4 (1,18–3,26)	21,9	19,5	12,5
Более 3,26	21,9	28,2	0

Примечание: *Q*1, *Q*2, *Q*3, *Q*4 – интервалы концентраций, соответствующие интервалам четырех квартилей.

Анализ липидограмм у работающих в условиях воздействия вредных факторов показал, что более чем у 50,0 % обследуемых уровни Chol и LDL-Chol в 2–3 раза превышали величины, рекомендуемые экспертами Российского кардиологического общества и Европейского общества кардиологов [13]. У 17,2 % был выявлен низкий уровень HDL – Chol, у 23,2 % констатировался высокий уровень TG. ИА превышал нормальную величину у 49,2 % обследуемых. У одной трети лиц наблюдался повышенный уровень глюкозы, 49,0 % имели избыточную массу тела, 20,0 % – ожирение, у 59,0 % обследованных было отмечено нормальное высокое и высокое АД. Данные представлены в табл. 2.

Таблица 2

Уровень биохимических и функциональных показателей, частота обнаружения их повышенных значений у работающих в условиях воздействия вредных факторов, (*Med* ± *IQR* (25–75 %), %)

Показатель (диапазон нормальных значений)	Величина показателя	Частота обнаружения показателя, превышающего нормальное значение, %
Chol (менее 5,2 ммоль/мл)	5,2 (4,4–5,9)	48,5
LDL – Chol (менее 2,6 ммоль/мл)	2,96 (2,33–3,58)	59,7
HDL – Chol (более 1,0 ммоль/мл)	1,27 (1,04–1,49)	17,2
TG (менее 1,7 ммоль/мл)	1,08 (0,79–1,62)	23,2
Глюкоза натощак (3,3–5,6 ммоль/л)	5,45 (5,1–5,8)	34,3
ИМТ (18,5–24,9)	26,5 (23,6–29,0)	69,0
ИА (3,5 и менее)	2,98 (2,24–4,07)	49,2
АД (менее 130/80)	130 (120–130) / 80 (80–90)	59,0

Выявлена достоверная взаимосвязь содержания oxLDL в сыворотке крови работающих в условиях воздействия вредных факторов с концентрацией TG и величиной ИА. При содержании TG более 1,7 мммоль/л и ИА более 3,5 повышенный уровень oxLDL выявлялся с большей частотой, средний уровень oxLDL превышал в 1,4 раза их среднее значение при концентрации TG менее 1,7 ммоль/л ($p = 0{,}044$) и в 1,6 раза при величине ИА менее 3,0 ($p = 0{,}01$). Выявлена тенденция к повышению содержания oxLDL с увеличением ИМТ и АД. Взаимосвязи концентрации и частоты обнаружения повышенного содержания oxLDL в сыворотке крови с уровнем Chol, LDL – Chol, HDL – Chol не было выявлено. Данные представлены в табл. 3.

Таблица 3

Концентрация oxLDL в сыворотке крови и частота обнаружения их повышенного уровня при разной концентрации показателей липидограммы, глюкозы и некоторых функциональных показателей у работающих в условиях воздействия вредных факторов (*Med* ± *IQR* (25–75 %), %)

Показатель	Концентрация oxLDL, мкг/мл	Частота повышенного уровня oxLDL, %	*p*
Chol, ммоль/л:			
5,2 и менее	1,15 (0,33–3,28)	47,7	0,45
более 5,2	0,99 (0,29–3,24)	42,8	
LDL – Chol, ммоль/л:			
2,6 и менее	1,0 (0,33–2,89)	46,2	0,37
более 2,6	1,03 (0,31–3,86)	46,2	
HDL – Chol, ммоль/л:			
1,0 и более	1,15 (0,33–3,26)	48,5	0,24
менее 1,0	0,85 (0,16–4,05)	37,9	
TG, ммоль/л:			
1,7 и менее	3,28 (2,1–6,5)	45,5	0,044
более 1,7	4,60 (2,4–8,7)	51,3	
Глюкоза, ммоль/л:			
5,6 и менее	1,04 (0,28–3,28)	45,6	0,25
более 5,6	1,11 (0,43–3,53)	50,0	

Окончание табл. 3

Показатель	Концентрация oxLDL, мкг/мл	Частота повышенного уровня oxLDL, %	*p*
ИМТ:			
24,9 и менее	0,96 (0,33–3,26)	46,2	0,14
более 24,9	1,41 (0,43–3,54)	51,9	
ИА:			
менее 3,5	0,74 (0,15–2,03)	40,7	0,01
3,5 и более	1,18 (0,47–4,25)	50,0	
АД, мм рт. ст.:			
менее 130/85	0,96 (0,31–3,14)	47,0	0,14
130/85 и более	1,0 (0,38–3,27)	49,2	

Примечание: *p* – достоверность различий в уровнях oxLDL (по критерию Манна – Уитни).

Корреляционный анализ выявил наличие обратной коррелятивной связи между величиной oxLDL и уровнем HDL – Chol ($r = –0,16$, $p = 0,037$), прямой коррелятивной связи между уровнем глюкозы ($r = 0,41$, $p = 0,004$) и ИА ($r = 0,16$, $p = 0,04$). Выявлена тенденция к прямой положительной связи между значениями Chol превышающими нормальный уровень и величиной oxLDL ($r = 0,10$, $p = 0,05$).

Выводы. Таким образом, полученные результаты показали негативное влияние вредных производственных факторов (шума и промышленных аэрозолей) на организм работающих: почти у половины обследованных лиц обнаружены нарушения липидного обмена, в том числе увеличение содержания в сыворотке крови oxLDL, изменения таких показателей, как ИМТ, ИА, содержания глюкозы и АД, которые можно расценивать как факторы риска развития атеросклеротических изменений сосудов и сердечно-сосудистой патологии. Обращает на себя внимание тот факт, что повышенное содержание oxLDL выявляется с одинаковой частотой как у лиц с дислипидемией и измененными биохимическими показателями, так и у лиц с нормальными значениями липидограммы, уровня глюкозы, ИМТ, ИА и оптимальным АД. Можно сделать заключение о том, что повышенное содержание oxLDL у лиц молодого и среднего возраста, работающих во вредных условиях труда, является дополнительным маркером риска развития субклинического атеросклероза и сердечно-сосудистой патологии. В случае обнаружения повышенного уровня oxLDL в сыворотке крови у лиц с нормальными биохимическими и функциональными показателями oxLDL можно рассматривать как чувствительные предикторы развития атерогенеза и сердечно-сосудистой патологии. То есть работающие во вредных производствах, имеющие повышенное содержание в сыворотке крови oxLDL, должны проходить углубленное медицинское обследование. Необходимо уделить внимание здоровому образу жизни работающих. Своевременное проведение профилактических мероприятий у лиц молодого возраста с выявленными отклонениями от нормы функциональных и биохимических показателей дает возможность сохранить здоровье молодых рабочих и продлить сроки их работы в металлургической отрасли производства, столь важной для экономического развития России.

Список литературы

1. Взаимосвязь между различными структурно-функциональными характеристиками состояния артериальной стенки и традиционными факторами кардиоваскулярного риска у здоровых людей разного возраста / И.Д. Стражеско, О.Н. Ткачева, Д.У. Акашева, Е.Н. Дудинская [и др.] // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. – 2016. – Т. 12, № 2. – С. 118–128.

2. Меморандум экспертов Российского кардиологического общества по рекомендациям Европейского общества кардиологов/Европейского общества по артериальной гипертензии по лечению артериальной гипертензии 2018г. / Ж.Д. Кобалава, А.О. Конради, С.В. Недогода [и др.] // Российский кардиологический журнал. – 2018. – № 23 (12). – С. 131–142.

3. Метаболический синдром как клиническое проявление эндотелиальной дисфункции / Л.Л. Кириченко, К.В. Овсянников, А.Н. Федосеев [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2012. – № 11 (2). – С. 85–89.

4. Окисленные липопротеиды низкой плотности и антитела к ним у больных с коронарным атеросклерозом и здоровых лиц / М.Х. Шогенова, Р.А. Жетишева, А.М. Карпов [и др.] // Атеросклероз и дислипидемии. – 2015. – № 2. – С. 17–20.

5. Особенности комплекса интима-медиа общей сонной артерии у больных сахарным диабетом II типа в сочетании с ожирением / Е.Ю. Зыкина, Ж.Г. Симонова, В.В. Мухамедов [и др.] // Вятский медицинский вестник. – 2020. – № 2 (66). – С. 19–23.

6. Чазова И.Е., Жернакова Ю.В. От имени экспертов. Клинические рекомендации. Диагностика и лечение артериальной гипертонии // Системные гипертензии. – 2019. – Т. 16 (1). – С. 6–31.

7. An epidemiological study determining blood pressure in a Portuguese cohort: the Guimarães/Vizelastudy / P.G. Cunha, J. Cotter, P. Oliveira [et al.] // J Hum Hypertens. – 2015. – Vol. 29 (3). – P. 190–197. DOI: 10.1038/jhh.2014.61

8. Hirayama S., Miida T. Small dense LDL: An emerging risk factor for cardiovascular disease // Clin Chim Acta. – 2012. – № 414. – P. 215–224.

9. Markku Ahotupa. Oxidized lipoprotein lipids and atherosclerosis // Free Radic Res. – 2017. –Vol. 51 (4). – P. 439–447. DOI: 10.1080/10715762.2017.1319944

10. Mizuno Y., Jacob R.F., Mason R.P. Inflammation and the development of atherosclerosis // Vasc Biol. – 2018. – Vol. 38 (1). – P. 64–75.

11. Nordestgaard B.G. Triglyceride-rich lipoproteins and atherosclerotic cardiovascular disease: new insights from epidemiology, genetics, and biology // Circ Res. – 2016. – Vol. 118 (4). – P. 547–563. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.115.306249

12. Oxidized lipoprotein (a) and cardio-ankle vascular index (CAVI) in hypertensive subjects / K. Kotani, S. Yamada, T. Yamada [et al.] // Heart Vessels. – 2013. – Vol. 28. – P. 461–466. DOI: 10.1007/s00380-012-0265-2

13. Oxidized low-density lipoprotein as a biomarker of cardiovascular diseases / A. Trpkovic, I. Resanovic, J. Stanimirovic, D. Radak [et al.] // Crit Rev Clin Lab Sci. – 2015. – Vol. 52 (2). – P. 70–85. DOI: 10.3109/10408363.2014.992063

14. Paul M. Vanhoutte. Endothelial dysfunction: the first step toward coronary arteriosclerosis // Circ J. – 2009. – Vol. 73 (4). – P. 595–601. DOI: 10.1253/circj.cj-08-1169

15. Williams K.J., Fisher E.A. Oxidation, lipoproteins and atherosclerosis // Curr. Opin. Clin. Nutr. Care. – 2005. – Vol. 8. – P. 139–146.

Оценка влияния рациона питания на развитие болезней, характеризующихся повышенным давлением, с использованием метода деревьев классификации

Д.Р. Хисматуллин, В.М. Чигвинцев

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Наиболее распространенными алиментарно-зависимыми заболеваниями являются болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением (гипертензия). Отсутствие профилактики гипертензии может привести к развитию болезней системы кровообращения, в том числе к развитию ишемической болезни сердца, ведущей причины смертности и инвалидности в России и мире. Корректировка суточного рациона питания является эффективной профилактикой развития алиментарно-зависимых заболеваний. С целью определения оптимального рациона питания проведено математическое моделирование методом деревьев классификации. В качестве данных, на которых строится модель дерева решений, выступают результаты анкетирования 808 человек взрослого трудоспособного населения различных регионов Российской Федерации в возрасте 18–65 лет. Рацион питания, основанный на результатах проведения математического моделирования, способен снизить вероятность развития болезней, характеризующихся повышенным давлением в 2,8 раза. В свою очередь, низкая доля растительных жиров и чрезмерная доля соля в рационе питания способна повысить вероятность развития нозологий в 3 раза.

Ключевые слова: анкетирование, моделирование, питание, повышенное давление, деревья решений.

Хронические неинфекционные заболевания, такие как болезни системы кровообращения, онкологические болезни, хронические респираторные заболевания, сахарный диабет и ожирение, являются ведущими причинами смертности во всем мире и затрагивают население как развитых, так и развивающихся стран [1]. Наряду с установленными генетическими и экологическими факторами развития, большую роль в развитии нозологий играют модифицируемые факторы, связанные с образом жизни и характером питания. Среди всех алиментарно-зависимых заболеваний первостепенную важность имеют заболевания, относящиеся к классу болезней системы кровообращения, так как именно от нозологий данного класса умирает большинство населения развитых стран, в том числе в Российской Федерации [3].

Артериальная гипертензия является ведущим фактором развития болезней системы кровообращения и служит предиктором к развитию таких нозологий, как инфаркт миокарда, ишемической болезни сердца, хронической сердечной недостаточности. На долю данных нозологий приходится 48 % смертей от общего числа умерших по всем причинам. По данным Российского кардиологического общества, почти каждый второй взрослый (40 %) имеет проблемы с повышенным давлением [10]. В настоящее время накоплено достаточно научных данных, утверждающих, что при контроле массы тела, снижения калорийности рациона, ограничения упот-

ребления алкоголя, повышения потребления овощей и фруктов ограничение потребления поваренной соли оказывает ключевую, первостепенную роль в снижении артериальной гипертензии [2, 9, 12]. Для изучения влияния нерационального питания на развитие заболеваний используют различные математические подходы, в том числе метод деревьев решений.

Деревья решений применяются в задачах классификации (принятие решения о принадлежности объекта к одному из непересекающихся классов) и регрессии (предсказание значения из непрерывного диапазона). Преимуществами метода деревьев классификации является постройка решающих правил, понятных эксперту, автоматический отбор признаков [5]. Метод деревьев классификации широко применяется в медицине с целью определения приоритетных факторов, влияющих на развитие заболеваемости [4, 6, 7].

Цель исследования – разработка рациона питания, основанного на данных построения деревьев классификации, позволяющего снизить вероятность развития артериальной гипертензии.

Материалы и методы. Для определения количества поступления в организм биологически значимых веществ с пищей разработана анкета, позволяющая оценить суточный рацион респондента, учитывая потерю элементов при термической обработке продуктов.

В качестве данных, на которых строится модель дерева классификации, выступают результаты анкетирования 808 человек взрослого трудоспособного населения различных регионов Российской Федерации в возрасте 18–65 лет. Наравне с анкетированием у опрошенных проводился медицинский осмотр. На предварительном этапе из анкетирования были исключены лица, имеющие хронические заболевания ЖКТ и принимающие дополнительные витаминные комплексы.

Построение деревьев классификации позволяет построить наглядные и простые для интерпретации сторонним специалистом математические модели. Использование деревьев классификации способствует выявлению групп высокого риска и формированию индивидуальных программ профилактики. Для проверки качества решающих правил используются специальные критерии. Критерий S ($S = 1–\alpha$) описывает вероятность правильной классификации случаев (чувствительность). Критерий C ($C = 1–\beta$) характеризует вероятность правильной классификации контроля. Критерии α и β характеризуют вероятность неправильной классификации случаев (α) и контроля (β). Критерии вычислялись по матрице классификаций.

Непараметрические методы и деревья классификации реализованы в Statistica 12.

Результаты. Полученные анкетные данные были разделены на три категории факторов: факторы потребления пищевых продуктов; факторы потребления микро-, макроэлементов, поступающих с продуктами питания; характеристика суточного рациона питания. Согласно полученным данным, среднегрупповая вероятность развития гипертонии у опрошенных лиц составляет 22 %.

Первая группа исследуемых факторов характеризуется распределением питания в течение дня. Согласно модели, построенной по результатам моделирования, единственным значимым фактором снижения вероятности развития болезней, характеризующихся высоким давлением, является доля обеда менее 48 %. Рацион питания, основанный на данных, полученных в ходе построения дерева классификации, способен снизить вероятность развития гипертензии на 2 %.

Вторая группа факторов характеризуется потреблением широкого ряда различных продуктов питания. Рацион питания, составленный с учетом данных математической модели, позволит снизить вероятность развития гипертензии на 19 %. Построенное дерево классификаций по второй группе факторов, характеризующихся количеством потребления продуктов питания, определило первым фактором, влияющим на изменение вероятности развития нозологии, – потребление готовых мясных полуфабрикатов. Потребление готовых мясных продуктов более 112,5 г в сутки увеличивает вероятность развития гипертензии до 27 %. Мясные полуфабрикаты достаточно часто богаты поваренной солью, источником натрия. Результаты метаанализов показывают, что умеренное снижение соли в рационе питания способно уменьшить значение артериального давления до 8 мм рт. ст [13].

На втором уровне на снижение вероятности гипертонии влияет употребление безалкогольных напитков в количестве более 1937,5 мл в сутки. Употребление подслащенных сахаром напитков было связано с развитием и поддержанием ожирения, а также с риском развития множества сопутствующих заболеваний. При снижении потребления сладких напитков на 300 мл, снижается систолическое артериальное давление в среднем на 1,8 мм рт. ст. и на 1,1 мм рт. ст. – диастолическое [15]. Предложенная на основе математического моделирования структура питания снижает вероятность развития гипертонической болезни сердца на 19 %. Иллюстрация полученной модели представлена на рис. 1.

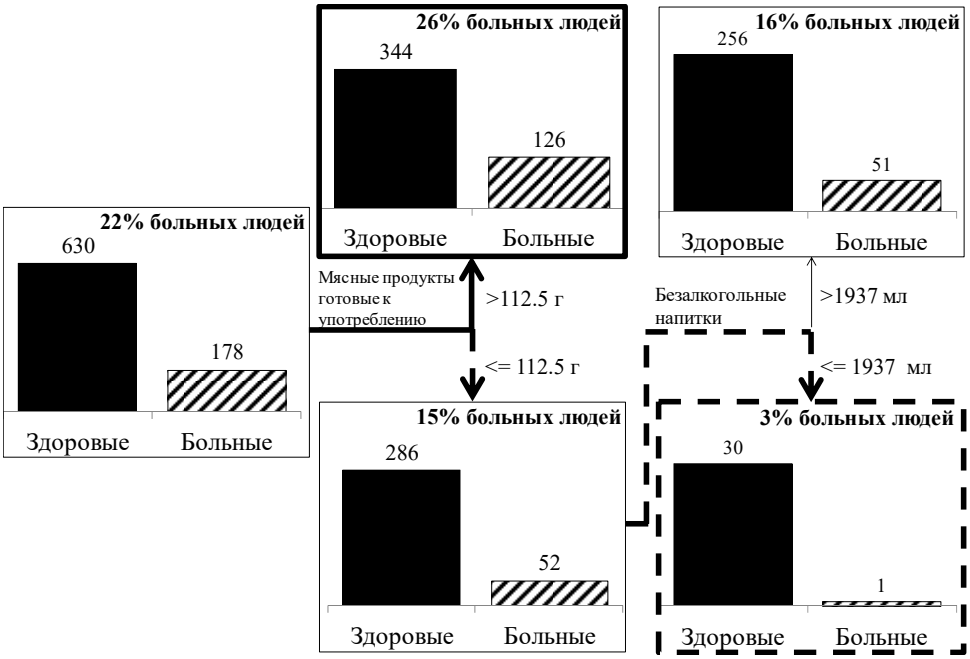


Рис. 1. Дерево классификаций для факторов питания. Жирной линией обозначена структура питания, повышающая вероятность развития заболевания. Пунктирной – оптимальная структура питания

Третья группа факторов относится к потреблению микро-, макронутриентов, поступающих в организм вместе с пищей. Первым фактором, влияющим на изменение вероятности, определено потребление витамина B_9. Поступление с пищей в организм витамина B_9 более 288 мкг в сутки ведет к снижению развития гипертензии до 5,71 %.

В сторону увеличения вероятности гипертензии вторым фактором ветвления выступает потребление селена более 238 мкг. Существуют противоречивые данные, показывающие связь между чрезмерным потреблением селена и увеличением встречаемости гипертензий среди популяции [11, 14].

Третьим фактором, влияющим на изменение вероятности развития гипертензии, является содержание органических кислот в суточном рационе питания. Менее 7,5 г органических кислот в сутки может повысить вероятность развития гипертензии до 44,62 %. Таким образом, представленная структура потребления способна повысить вероятность развития гипертензии на 22 %.

Иллюстрация полученной модели представлена на рис. 2.

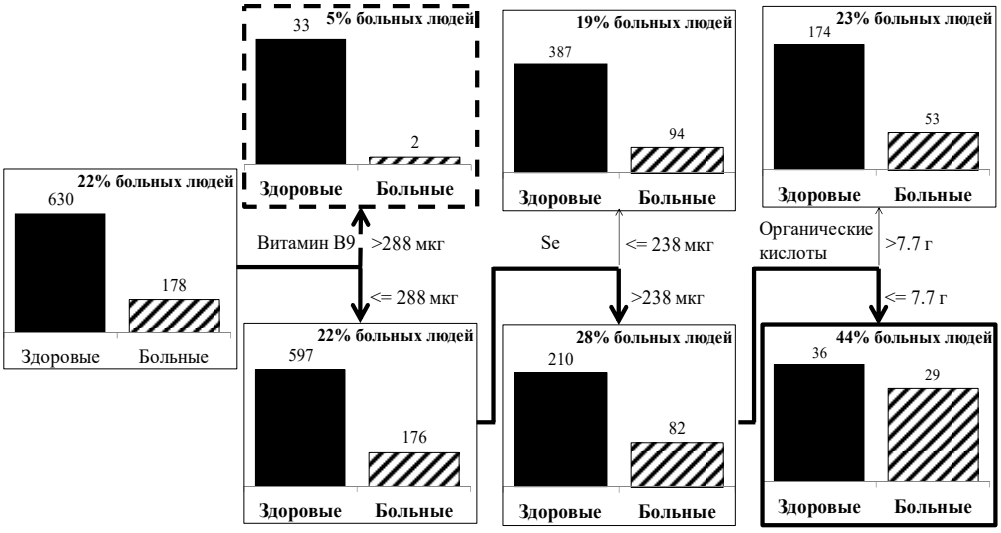


Рис. 2. Дерево классификаций для факторов питания. Жирной линией обозначена структура питания, повышающая вероятность развития заболевания. Пунктирной – оптимальная структура питания

Построено итоговое дерево классификации, включающее в себя все исследуемые факторы, оказывающие влияние на развитие болезней, характеризующихся повышенным давлением. Первое деление характеризуется потреблением потребления жиров растительного происхождения. Доля растительных жиров в суточном рационе питания менее 25 г в сутки ведет к увеличению риска развития гипертензии с 22 до 29 %.

Вторым фактором, влияющим на развитие гипертензии, определяется потребление соли более 9 г в сутки. Употребление соли более обозначенного значения повышает вероятность развития в 3 раза. Всемирная организация здравоохранения рекомендует ограничить потребление соли до 5 г в сутки, что может снизить вероятность развития риска сердечно-сосудистых заболеваний, инсульта и инфаркта [8].

В свою очередь, в сторону уменьшения вероятности ведет снижение в рационе потребления селена менее 240 мкг. Потребление селена менее обозначенного уровня может снизить вероятность развития гипертензии до 8,84 %.

Итоговая модель обладает параметром чувствительности 98,10 %, специфичность полученной модели 89,89 %. Вероятность неправильной классификации 10,11 %.

Полученные параметры представлены в таблице. Модель приведена на рис. 3.

Классификационная матрица и вероятность ошибочной классификации для факторов потребления пищевых продуктов

Параметр	Предсказанные	
Реальные	Случай	Контроль
Случай	618	12
Контроль	160	18
Обучающая выборка	Чувствительность 98,10 %	Пропуск случая 1,90 %
Кросс-проверка	Гипердиагностика 10,11 %	Специфичность 89,89 %

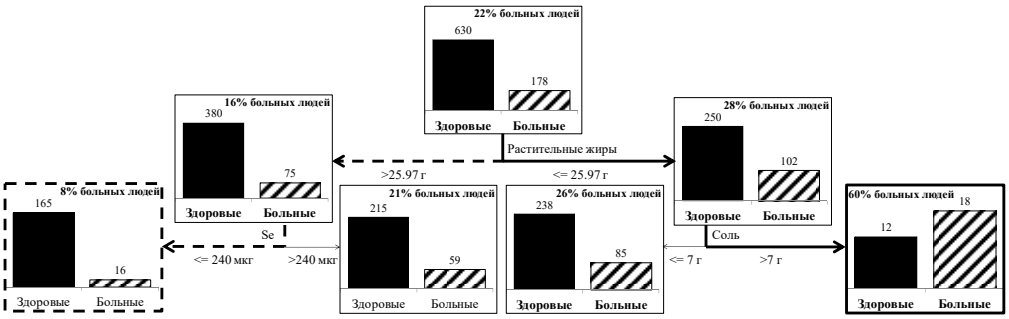


Рис. 3. Итоговое дерево классификаций для факторов питания. Жирной линией обозначена структура питания, повышающая вероятность развития заболевания. Пунктирной – оптимальная структура питания

Таким образом, негативная структура питания способна увеличить риск развития гипертензии на 38 %. Оптимальная структура питания снижает вероятность развития нозологии на 8 %.

Выводы. Проведенное математическое моделирование позволило разработать оптимальный рацион питания, направленный на минимизацию риска возникновения гипертензии у взрослого населения. Согласно данным дерева решений, возможно снижение вероятности развития гипертензии в 2,8 раза. Определена структура питания, увеличивающая вероятность развития болезней, характеризующихся повышенным давлением в 3 раза. В результате анализа данных, полученных в ходе построения дерева решений, выявлено, что решающими факторами, влияющими на изменение вероятности развития гипертензии, является потребление растительных жиров, соли и селена. Построение оптимальных рационов питания по методике деревьев классификации может быть широко использовано в изучении влияния потребления продуктов питания на развитие различных алиментарнозависимых заболеваний и установки оптимальных границ, в рамках которых вероятность развития конкретных нозологий может быть максимально снижена.

Список литературы

1. Анализ показателей заболеваемости и смертности населения от болезней системы кровообращения / Б.С. Будаев, И.С. Кицул, И.Ю. Тармаева, О.Г. Богданова // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2021. – № 4. – С. 865–870.

2. Выявление и контроль артериальной гипертонии – эффективный инструмент снижения смертности от болезней системы кровообращения / В.А. Евдаков, О.О. Захарченко, Д.С. Терентьева, Д.А. Халтурина // Социальные аспекты здоровья населения. – 2021. – № 5. DOI: 10.21045/2071-5021-2021-67-5-9

3. Какорина Е.П., Никитина С.Ю. Особенности структуры смертности в Российской Федерации // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2019. – № 5. – С. 822–826.

4. Калагина Л.С., Сморкалова В.М., Зобкова Т.И. Деревья классификации в прогнозировании исходов гепатита а у детей // Медицинский альманах. – 2011. – № 4. – С. 207.

5. Кафтанников И.Л., Парасич А.В. Особенности применения деревьев решений в задачах классификации // Вестник ЮУрГУ. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2015. – № 3. – С. 26–32.

6. Клочихина О.А., Стаховская Л.В., Полунина Е.А. Прогнозирование вероятности отдаленного летального исхода инсульта по данным территориально- популяционного регистра // КВТиП. – 2018. – № 3. – С. 33–37.

7. Прогнозирование стадии заболевания у больных аденомиозом при помощи деревьев классификации / Л.Ю. Карахалис, Н.С. Папова, А.А. Халафян, В.А. Акиньшина // Кубанский научный медицинский вестник. – 2018. – № 4. – С. 37–42.

8. Сокращение потребления соли [Электронный ресурс] // ВОЗ. – URL: www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/salt-reduction (дата обращения: 25.11.2021).

9. Фролова Е.А., Зрютина А.В., Брыксина Е.С. Основные факторы риска развития первичной гипертонии среди лиц молодого возраста // The Scientific Heritage. – 2021. – № 59-2. – С. 60.

10. Чирин А.С. Артериальная гипертензия как социально-значимая проблема современной России // БМИК. – 2016. – № 1. – С. 85

11. Blood pressure levels and hypertension prevalence in a high selenium environment: results from a cross-sectional study / M. Vinceti, R. Chawla, T. Filippini, C. Dutt, S. Cilloni, R. Loomba, A. Bargellini, N. Orsini, K.S. Dhillon, P. Whelton // Nutr Metab Cardiovasc Dis. – 2019. – Vol. 29. – P. 398–408.

12. Ibrahim M.M., Damasceno A. Hypertension in developing countries // Lancet. – 2012. – Vol. 380 (9841). – P.611–619.

13. Salt and hypertension: is salt dietary reduction worth the effort? / T.M. Frisoli, R.E. Schmieder, T. Grodzicki, F.H. Messerli // Am J Med. – 2012. – Vol. 125, № 10. – P. 27.

14. Salt Reduction to Prevent Hypertension and Cardiovascular Disease: JACC State-of-the-Art Review / F.J. He, M. Tan, Y. Ma, G.A. MacGregor // J Am Coll Cardiol. – 2020. – Vol. 75, № 6. – P. 632–647.

15. Selenium and Copper as Biomarkers for Pulmonary Arterial Hypertension in Systemic Sclerosis / Q. Sun, J. Hackler, J. Hilger, H. Gluschke, A. Muric, S. Simmons, L. Schomburg, E. Siegert // Nutrients. – 2020. – Vol. 12, № 6. – P. 1894.

Периодические медицинские осмотры как механизм реализации профпатологической помощи работающему населению в период пандемии COVID-19

Э.Р. Шайхлисламова[1,2], Э.Т. Валеева[1,2], Р.Р. Галимова[1], А.Б. Бакиров[1,2], А.А. Казак[3]

[1]ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»,
[2]ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава РФ,
[3]Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Башкортостан, г. Уфа, Россия

В условиях пандемии COVID-19 организация и проведение периодических медицинских осмотров оказалась крайне сложной задачей, вследствие чего продолжало наблюдаться и ухудшение их качества. С целью оценки эффективности периодических медицинских осмотров работников вредных и опасных условий труда изучены данные заключительных актов и годовых отчетов за 2019 и 2020 гг., представленных медицинскими организациями в региональный Центр профпатологии. Охват работников периодическими медицинскими осмотрами в Республике Башкортостан в 2020 г. резко снизился по сравнению с 2019 г. и составил в разных регионах от 70,0 до 95,6 %; на 20 % снизилось и выявление лиц с признаками профессионального заболевания, что привело к резкому снижению показателей профессиональной заболеваемости. Несмотря на тяжелую эпидемиологическую ситуацию, проведение медицинских осмотров должно оставаться важнейшей задачей врачей общей практики и профпатологов. Снижение качества осмотров непосредственным образом негативно влияет на здоровье работающих и наносит значительный экономический ущерб.

Ключевые слова: периодические медицинские осмотры, работники, качество, пандемия COVID-19, профессиональная заболеваемость.

Успешное развитие экономического потенциала страны напрямую связано со здоровьем работника, его уровнем и качеством жизни. Одним из важнейших факторов, влияющих на формирование здоровья человека трудоспособного возраста, являются условия труда [1, 7], которые в большинстве базовых отраслей промышленности до настоящего времени не соответствуют требованиям охраны труда [2, 4]. Так, по данным Управления Роспотребнадзора по Республике Башкортостан (далее – РБ) в 2019–2020 гг. в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам, была занята третья часть работников, подлежащих прохождению периодических медицинских осмотров (далее ПМО).

Наиболее высокие доли рабочих мест в РБ, не соответствующих гигиеническим параметрам по результатам лабораторно-инструментальных исследований, отмечаются в обрабатывающих производствах, сельском хозяйстве и строительстве, а доля объектов категорий чрезвычайно высокого и высокого риска существенно выше среднереспубликанского показателя. Данная ситуация объясняется тем,

что на многих предприятиях не проводятся мероприятия по замене устаревшего технологического оборудования и работы по реконструкции и модернизации производственных процессов.

В этих условиях ПМО как важнейший инструмент динамического наблюдения за здоровьем работающего населения гарантированно предписывает выполнение работником всего объема предусмотренных обследований. Известно, что ПМО направлены на раннюю диагностику профессиональных заболеваний, выявление тяжелой коморбидной патологии, скрининг состояния здоровья работников и др. [3, 5, 6, 8–12]. В то же время опыт показывает, что неудовлетворительное качество проводимых в стране медицинских осмотров делает решение этих задач малоэффективными.

В свою очередь и 2020 г. негативно отразился на оказании профпатологической помощи работающему населению. В связи с пандемией COVID-19 и огромным потоком заболевших мы наблюдаем невозможность медицинских организаций быстро и оперативно справиться с возникшими обстоятельствами, в том числе и с проведением ПМО, организация которых в сложившейся ситуации, представляет значительные сложности.

Разработка, планирование эффективных мероприятий, направленных на оказание квалифицированной медицинской помощи работникам различных отраслей промышленности, должны стать важнейшим направлением деятельности службы медицины труда.

Материалы и методы. Проведен сравнительный анализ 1997 заключительных актов и 112 годовых отчетов, представленных в Центр профпатологии РБ по результатам ПМО, проведенных медицинскими организациями на промышленных предприятиях и в сельском хозяйстве в 2019 и в 2020 гг.

Результаты. В 2020 г. подлежало проведению ПМО 250 949 человек (в том числе 132 112 женщин), осмотрено 239 812 человек (в том числе 126 014 женщин), что составило 95,6 %. Процент охвата ПМО в 2019 г. по сравнению с 2020 г. ниже на 2,1 %: из 312 082 человек (в том числе 164 631 женщина), подлежащих ПМО, осмотрено 304 427 (в том числе 160 486 женщин). Кроме того в 13 районах республики охват работников ПМО составил менее 90 %, а в отдельных регионах эта цифра не достигала и 70 %. В связи с огромной нагрузкой на медицинский персонал, связанной с периодом пандемии COVID-19 и перепрофилированием ряда крупных больниц в ковид-госпитали, ПМО в этих организациях не проводились. Сужение объемов ПМО работающего населения можно объяснить и нехваткой профильных специалистов и оборудования в медицинских организациях как государственной, так и частной форм собственности.

Число работников, не прошедших ПМО в 2020 г., составило 11 137 человек (в 2019 г. – 7655 работников). При этом ПМО проведены на предприятиях РБ с общей численностью работников 451 171 человек (из них 233 048 женщин). Численность работников организаций (предприятий), занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, составила 133 088 человек (из них 53 129 женщин); работников организаций (предприятий), занятых на работах, при выполнении которых обязательно проведение ПМО – 228 634 (из них 127 253 женщины).

Об эффективности ПМО свидетельствует и выявленное число лиц с подозрением на профессиональное заболевание. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что в 2020 г. при проведении ПМО медицинскими организациями РБ сфор-

мированы группы «риска» по развитию профессиональной патологии, нуждающиеся в обследовании в республиканском Центре профпатологии. В их число вошло 247 человек, что составило 0,1 % от всех работников, прошедших ПМО. В 2019 г. эта цифра составляла 683 работника (0,21 %).

Одним из ключевых моментов проведения ПМО является своевременное диагностирование соматического заболевания, позволяющее предотвратить неблагоприятные исходы патологических процессов, таких как сосудистые катастрофы, гипо- или гипергликемические состояния и др. Так, в 2020 г. у 22 108 человек впервые диагностирована различная коморбидная патология, что составило 9,3 % от числа обследованных (в 2019 г. – 30 189 человек, или 9,9 %). В структуре впервые установленных заболеваний наибольшее количество случаев приходилось на болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ – 3321 человек (15,0 %), далее следовали болезни системы кровообращения – 2913 (13,6 %), болезни крови – 2613 (11,8 %), болезни нервной системы – 2076 (9,3 %). Болезни мочеполовой, костно-мышечной системы и соединительной ткани диагностированы в 6,6 % (1463 человек) и 6,0 % (1344) соответственно. Болезни органов пищеварения выявлены у 1207 человек (5,4 %), органов дыхания – у 1060 (4,8 %), болезни глаза и его придаточного аппарата – у 436 (1,9 %) и болезни уха и сосцевидного отростка – у 374 (1,7 %).

В амбулаторном обследовании и лечении в 2020 г. нуждались 29 284 человек (12,2 %), в стационарном обследовании и лечении – 995 (0,41 %) и рекомендации санаторно-курортного лечения получили 8382 (3,5 %).

Завершающим этапом ПМО является проведение экспертизы профессиональной пригодности в соответствии с приказом Минздрава России от 05.05.2016 № 282н «Об утверждении Порядка проведения экспертизы профессиональной пригодности и формы медицинского заключения о пригодности или непригодности к выполнению отдельных видов работ». Численность работников, не имеющих медицинские противопоказания к работам, в 2020 г. составила 235 299 человек (98,1 %), в 2019 г. – 297 645 (97,8 %). Временное трудоустройство по медицинским показаниям в 2020 г. рекомендовано 473 работникам (0,19 %), и в 2019 г. – 716 (0,23 %). Постоянные противопоказания к работам во вредных и опасных условиях труда в 2020 г. даны лишь 1797 работникам (0,75 %), в 2019 г. – 2910 (0,96 %). По данным Центра профпатологии доля работников, имеющих эти противопоказания, значительно больше (около 10–15 %).

Число лиц, не получивших заключение вследствие необходимости проведения дополнительного обследования, в 2020 г. составило 1676 человек (0,70 %), в 2019 г. – 2009 (0,66 %); не завершивших ПМО в 2020 г. – 1184 (0,49 %), в 2019 г. – 1147 (0,38 %).

В 2020 г. в Центре профпатологии ПМО охвачено 5450 человек, что составило лишь 2,3 % от всех работников, прошедших медицинские осмотры (в 2019 г. – 5551 человек, или 1,8 % от общего числа осмотренных). При этом 546 работников (10,0 %) включено в группу «риска» по развитию профессионального заболевания, для сравнения по РБ группа «риска» составила всего 0,1 %. Следует также отметить, что выявляемость профессиональных заболеваний в РБ по результатам ПМО в 2020 г. составила лишь 32,1 %.

Одна из серьезнейших проблем, возникающих при сборе данных для анализа ПМО, – это отсутствие достоверной информации, так как ряд медицинских организаций не направляет заключительные акты в Центр профпатологии, не предостав-

ляет списки лиц из группы «риска», в связи с чем объективный анализ реальной ситуации невозможен.

Необходимо отметить и низкое качество осмотров, проводимых медицинскими учреждениями с негосударственной и частной формами собственности. Не в полном объеме используются лабораторные и инструментальные методы исследования и консультации узких специалистов, предусмотренные Приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 12.04.2011 № 302н «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и или (опасными) условиями труда» (документ утратил силу с 1 апреля 2021 г.).

Выводы. Вышеизложенное сказалось и на показателе профессиональной заболеваемости, который в 2020 г. составил 0,38 на 10 тыс. работающих (в 2019 г. – 0,42 $^{0}/_{000}$). Из 48 случаев профзаболеваний, установленных 42 жителям республики, 18 случаев – это новая коронавирусная инфекция COVID-19 у медицинских работников.

Несмотря на тяжелейшую эпидемиологическую ситуацию по всей стране, сохранение здоровья работающих остается одной из приоритетных задач медицины труда, и ПМО – ее важнейшая часть. Необходимо обеспечить преемственность в динамическом медицинском наблюдении за работниками, разработать четкий алгоритм контроля качества за проведением медицинских осмотров организациями, осуществляющими обязательные медицинские осмотры со стороны всех заинтересованных учреждений и ведомств.

Список литературы

1. Бухтияров И.В. Эпидемиологические и клинико-экспертные проблемы профессиональной инфекционной заболеваемости работников при оказании медицинской помощи в условиях пандемии COVID-19 // Медицина труда и промышленная экология. – 2021. – Т. 61, № 1. – С. 4–12.

2. Валеева Э.Т., Шайхлисламова Э.Р., Бакиров А.Б. COVID-19 как причина изменения структуры профессиональной заболеваемости в Республике Башкортостан // Сан. врач. – 2021. – № 05 (208). – С. 33–40.

3. Воронкова С.В. Государственный контроль качества обязательных медицинских осмотров и экспертиз: новые тенденции и перспективы // Мед. труда и пром. экол. – 2020. – № 8. – С. 554–560.

4. Ильин С.М., Самарская Н.А., Румянцева А.В. Анализ условий и охраны труда в отдельных отраслях экономики: коллективная монография. – Екатеринбург: АМБ, 2016. – 140 с.

5. Мыльникова Л.А. Разработка мер по управлению рисками для здоровья работающих граждан // Мед. труда и пром. экол. – 2020. – № 4. – С. 275–278.

6. Принципы формирования групп «риска» по развитию профессиональных заболеваний на основе результатов периодических медицинских осмотров / Р.Р. Галимова, Э.Р. Шайхлисламова, Э.Т. Валеева [и др.]. // Безопасность и охрана труда. – 2021. – № 1. – С. 9–11.

7. Причины утраты профессиональной пригодности для работы во вредных и (или) опасных условиях труда / В.Б. Гурвич, А.С. Шастин, В.Г. Газимова [и др.] // Мед. труда и пром. экол. – 2019. – № 2. – С. 107–112.

8. Golmohammadi R., Darvishi E. The combined effects of occupational exposure to noise and other risk factors - a systematic review // Noise Health. – 2019. – Vol. 21, № 101. – P. 125–141. DOI: 10.4103/nah.NAH_4_18

9. Negative Impacts of Prolonged Standing at Work on Musculoskeletal Symptoms and Physical Fatigue: The Fifth Korean Working Conditions Survey / H. Jo, O.B. Lim, Y.S. Ahn [et al.] // Yonsei Med. J. – 2021. – Vol. 62, № 6. – P. 510–519. DOI: 10.3349/ymj.2021.62.6.510

10. Occupational noise exposure and hearing: a systematic review / A. Lie, M. Skogstad, H.A. Johannessen [et al.] // Int Arch Occup Environ Health. – 2016. – Vol. 89, № 3. – P. 351–372. DOI: 10.1007/s00420-015-1083-5

11. The surveillance of occupational diseases in Italy: the MALPROF system / G. Campo, A. Papale, A. Baldasseroni [et al.] // Occup. Med. – 2015. – Vol. 65 (8). – P. 632–637. DOI: 10.1093/occmed/kqv167

12. The utility of information collected by occupational disease surveillance systems / A. Money, M. Carder, L Hussey [et al.] // Occup. Med. – 2015. – Vol. 65, № 8. – P. 626–631. DOI: 10.1093/occmed/kqv138

Ожирение и инсулинорезистентность в подростковом возрасте как предиктор формирования коморбидной патологии

В.В. Шевчук[1,2], Е.М. Власова[2]

[1] ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера» Минздрава РФ,
[2] ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Ожирение среди лиц молодого возраста можно отнести к числу проблем, имеющих явную медико-социальную значимость и требующих активной коррекции с целью профилактики манифестации в дальнейшем коморбидных заболеваний. Болезнь повышает риск развития метаболического синдрома и сахарного диабета, кардиоваскулярной патологии, артритов в молодом возрасте, гипогонадизма, эректильной дисфункции.

С целью выявления инсулинорезистентности у юношей с избыточной массой тела и ожирением и ее ассоциации с соматоскопическими, соматометрическими и метаболическими показателями, характеризующими кардиоваскулярный риск, было обследовано 195 юношей в возрасте 16–19 лет – учащихся профессионального училища, в том числе с избыточной массой тела и ожирением. Оценена связь инсулинорезистентности у юношей с избыточной массой тела и ожирением с соматоскопическими, соматометрическими и метаболическими

показателями, характеризующими кардиоваскулярный риск. Степень ожирения устанавливали согласно индексу массы тела (ИМТ), тип ожирения оценивали по показателю соотношения окружности талии к окружности бедер (ОТ/ОБ). В качестве предикторов кардиоваскулярного риска рассматривались показатель инсулинорезистентности (ИР), оцениваемый косвенно по индексу HOMA, и липидный спектр крови. Связь нарушений липидного обмена с функциональным статусом щитовидной железы оценивали по корреляции уровня тиреотропного гормона (ТТГ) с показателями липидограммы.

Средний показатель индекса HOMA в зависимости от степени ожирения составил: при повышенном питании 2,48 ± 0,36, при ожирении I ст. – 2,99 ± 0,31, II ст. – 3,86 ± 0,33, III ст. – 5,47 ± 0,27. Уровень ТТГ показал отрицательную связь с ИР, базальной инсулинемией и с α-холестерином. При этом корреляция ТТГ с общим холестерином, триглицеридами, β-липопротеидами была положительной.

Инсулинорезистентность при ожирении встречается у 45 % юношей и нарастает с увеличением выраженности ожирения. Кардиоваскулярный риск при инсулинорезистентности реализуется преимущественно за счет влияния на антиатерогенный потенциал липидограммы, сопутствующие гормональные нарушения могут потенцировать атерогенный эффект.

Ключевые слова: инсулинорезистентность, метаболические нарушения, подростки, ожирение, дислипидемия.

В век избыточного потребления «простых» углеводов на фоне избыточного потребления пищи и гиподинамии пугающими темпами увеличивается число детей, страдающих ожирением. Ожирение среди лиц молодого возраста можно отнести к числу проблем, имеющих явную медико-социальную значимость и требующих активной коррекции с целью профилактики манифестации в дальнейшем коморбидных заболеваний. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), с 1975 г. количество людей, страдающих избыточным весом и ожирением, выросло более чем в 3 раза. Так, в 2016 г. более 1,9 млрд (39 %) взрослых имели избыточный вес, а свыше 650 млн из них страдали ожирением. Более того, по оценкам ВОЗ, в 2016 г. около 41 млн детей в возрасте до 5 лет имели избыточный вес или ожирение [3]. Число больных ожирением подростков имеет тенденцию к увеличению [2]. Болезнь повышает риск развития метаболического синдрома и сахарного диабета, кардиоваскулярной патологии, артритов в молодом возрасте, гипогонадизма, эректильной дисфункции.

Ожирение не всегда бывает осложненным, то есть не всегда характеризуется наличием дислипидемии, артериальной гипертензии, нарушений углеводного обмена, инсулинорезистентности (ИР) [3]. Индуцированные ожирением метаболические нарушения во многом зависят не столько от степени ожирения, сколько от типа ожирения, поскольку именно абдоминальный тип ожирения играет ведущую роль в развитии синдрома ИР. При конституционально-экзогенной форме детского ожирения следует отметить, что нормальные показатели интенсивности основного обмена определяются у 63,4 % детей, снижение – у 25,8 %, а повышение – у 10,8 % [4].

Несомненным является тот факт, что ожирение является следствием хронического энергетического дисбаланса, при котором потребление энергии постоянно превышает расходы, что приводит к накоплению избыточной энергии в виде белой жировой ткани [6], при этом признано, что сама жировая ткань представляет собой активный эндокринный орган, синтезирующий и секретирующий в кровоток биологически активные вещества, влияющие на жизненно важные функции организма, в том числе сердечно-сосудистую систему.

Простым и доступным клиническим методом, верифицирующим висцероабдоминальный тип ожирения, является определение соотношения окружности талии к окружности бедер. «Золотым стандартом» диагностики ИР являются эугликемический и гипергликемический клэмп и внутривенный глюкозотолерантный тест с частыми заборами крови. Однако эти тесты продолжительны и трудоемки для исполнения, поэтому для повседневной практики доступными и информативными являются расчетные эмпирические индексы HOMA, Caro, Quicki [2].

Цель исследования – выявление ИР у юношей с избыточной массой тела и ожирением и ее ассоциации с соматоскопическими, соматометрическими и метаболическими показателями, характеризующими кардиоваскулярный риск.

Материалы и методы. Было обследовано 195 юношей в возрасте 16–19 лет – учащихся профессионального училища, в том числе с избыточной массой тела и ожирением. При обследовании оценивали объективный статус, в частности, соматометрические показатели (рост и масса тела), толщину жировой складки в области реберной дуги, форму живота, объем талии, объем бедер; лабораторно-инструментальные исследования проводили с использованием общепринятых методик. Степень ожирения устанавливали согласно классификации в зависимости от избытка массы тела и индекса массы тела (ИМТ) – индекса Кетле (ИМТ = масса тела (кг) / рост ($м^2$)). Определяли натощак утром уровень ТТГ, инсулина иммуноферментным методом с помощью наборов «Хема-медика», глюкозы, общего и α-холестерина, триглицеридов, β-липопротеидов унифицированными методами с использованием биохимических наборов фирм «Ольвекс», «Витал-Диагностикс». Все обследованные выдерживали период голода и физического покоя 10–12 ч перед забором крови. Показатель инсулинорезистентности оценивали косвенно по индексу HOMA, вычисляемому по формуле: HOMA = (уровень инсулина плазмы натощак, мкЕД/мл, · уровень глюкозы плазмы натощак, ммоль/л) / 22,5, критерием ИР считали значение индекса HOMA более 2,77. Статистическую обработку результатов исследования проводили с применением программного пакета прикладных программ Microsoft Excel-2000 методом вариационной статистики и корреляционного анализа с оценкой критерия (*t*) Стъюдента и коэффициента линейной корреляции (*r*) Пирсона.

Результаты. Повышенное питание (ИМТ = 25,0–29,9) было отмечено у 24 обследованных, ожирение I ст. (ИМТ = 30,0–34,9) – у 20, ожирение II ст. (ИМТ = 35,0–39,9) – у 28, ожирение III ст. (ИМТ более 40,0) – у 6. У 24 юношей был выявлен дефицит массы тела.

Для определения типа ожирения определяли показатель соотношения окружности талии к окружности бедер (ОТ/ОБ). Абдоминальный тип ожирения (при ОТ/ОБ более 1,0) диагностирован у 32 (36,0 %) юношей, глютеофеморальный тип (при ОТ/ОБ менее 1,0) – у 56 (64,0 %). У 55 (63 %) больных ожирением имелась гинекомастия ложного или смешанного характера по данным пальпации.

Индекс HOMA, превышающий 2,77, выявлен у всех юношей с ожирением. Средний показатель индекса HOMA в зависимости от степени ожирения составил: при повышенном питании 2,48 ± 0,36, при ожирении I ст. – 2,99 ± 0,31, II ст. – 3,86 ± 0,33, III ст. – 5,47 ± 0,27. Прослеживалась динамика к возрастанию ИР при увеличении степени ожирения. Однако и среди подростков при нормальной и сниженной массе тела также выявлено достаточно большое число случаев ИР, что можно объяснить компенсаторной гиперинсулинемией, обеспечивающей наиболее

энергетически экономный путь ускорения роста в период пубертата за счет низкого уровня протеолиза и окисления белков.

У юношей, проживающих в регионе йоддефицита, было интересно оценить состояние липидного обмена и его связь с функцией щитовидной железы, так как имеется патогенетическая связь дисфункции щитовидной железы с уровнем липидов, повышение содержания которых способствует нарушению кислородно-транспортной системы крови с развитием тканевой гипоксии из-за образования липидно-белковой ультрапленки на внутренней поверхности капилляров и может приводить к понижению чувствительности инсулиновых рецепторов тканей, к развитию ИР и гиперинсулинемии.

Ранее установлено, что в условиях йоддефицита уже в подростковом возрасте формируются атерогенные нарушения липидного обмена, зависящие от функционального состояния щитовидной железы [5]. С целью определения возможной связи между базальной инсулинемией, ИР, ТТГ и показателями липидного обмена был рассчитан коэффициент линейной корреляции. Корреляция между ИР и липидным спектром оказалась отрицательной – с общим холестерином (r = –0,17; p = 0,001), с триглицеридами (r = –0,18; p = 0,001), с β-липопротеидами (r = –0,07; p = 0,001). Уровень ТТГ показал отрицательную связь с ИР (r = –0,34; p = 0,001), базальной инсулинемией (r = –0,32; p = 0,001) и с α-холестерином (r = –0,59; p = 0,001). При этом корреляция ТТГ с другими показателями липидограммы была положительной – с общим холестерином (r = +0,44; p = 0,001), с триглицеридами (r = +0,69; p = 0,001), с β-липопротеидами (r = +0,41; p = 0,001). Такая разнонаправленность корреляций ИР с метаболическими показателями у юношей, страдающих ожирением, может свидетельствовать о более выраженных функциональных нарушениях в условиях йоддефицитного региона, когда ИР усугубляется и мимикрируется сопутствующими метаболическими нарушениями.

Ожирение является базисом, на основе которого в последующем формируется классический метаболический синдром [1]. При этом метаболические нарушения наиболее часто проявляются ИР и дислипидемией. Нарушения здоровья в подростковом периоде могут служить предиктором развития соматической патологии и снижения трудового потенциала в трудоспособном возрасте, что требует разработки комплекса профилактических мероприятий.

Выводы. ИР при ожирении встречается у 45 % юношей и нарастает с увеличением выраженности ожирения.

Кардиоваскулярный риск при ИР реализуется преимущественно за счет влияния на антиатерогенный потенциал липидограммы, при этом важную роль играют сопутствующие гормональные нарушения.

Список литературы

1. Барсуков И.А., Демина А.А. Ожирение и инсулинорезистентность: механизмы развития и пути коррекции // РМЖ. – 2021. – № 2. – С. 26–30.

2. Васюкова О.В., Витебская А.В. Инсулинорезистентность при ожирении у детей: спорность оценки // Проблемы эндокринологии. – 2009. – № 3. – С. 8–14.

3. Ожирение и избыточный вес [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения. – URL: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight (дата обращения: 16.01.2021).

4. Окороков П.Л., Васюкова О.В., Ширяева Т.Ю. Скорость основного обмена в покое и факторы его вариабельности у подростков с простым ожирением // Вопросы детской диетологии. – 2019. – Т. 17 (3). – С. 5–9.

5. Шевчук В.В. Состояние липидного обмена у юношей, проживающих в йоддефицитном регионе // Российский медико-биологический вестник им. ак. И.П. Павлова. – 2010. – № 1. – С. 56–59.

6. Энергетический обмен человека: как мы можем персонифицировать терапию ожирения / О.В. Васюкова, П.Л. Окороков, Ю.В. Касьянова, О.Б. Безлепкина // Проблемы эндокринологии. – 2021. – № 5. – С. 4–10.

Состояние костной системы у детей и подростков, потребляющих питьевую воду с повышенным содержанием стронция, обусловленным геохимическими особенностями территории

И.Е. Штина, О.А. Маклакова, С.Л. Валина, О.Ю. Устинова

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

Избыточное поступление с питьевой водой тяжелых металлов природного происхождения увеличивает риск формирования неинфекционных заболеваний систем и органов в зависимости от тропности химического соединения. С целью изучения состояния костной системы у детей и подростков, потребляющих питьевую воду с повышенным содержанием стронция, обусловленным геохимическими особенностями территории, обследован 241 человек. Группу наблюдения составили 93 ребенка, проживающих в геохимической провинции с содержанием стабильного стронция свыше 2 ПДК в воде системы централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, группу сравнения – 148 детей, проживающих на территории, где концентрация стронция в питьевой воде не превышала 1 ПДК. Выполнен анализ распространенности остеопатий и результатов ультразвуковой денситометрии. Уровень многолетней заболеваемости остеопатиями за период 2010–2019 гг. у детей и подростков территории наблюдения был в 1,8 и 2,0 раза выше уровня территории сравнения. Концентрация стронция в крови детей и подростков, проживающих на территории геохимической провинции, превысила в 2,1 раза допустимый референс и в 2,9 раза показатель группы сравнения. Снижение *Z*-индекса в группе наблюдения регистрировали в 2,3 раза чаще. Установлены достоверные обратные зависимости между значением *Z*-индекса и содержанием стронция в крови. У детей, проживающих в геохимических провинциях с повышенным содержанием стронция, отмечается более высокий уровень распространенности остеопатий.

Ключевые слова: стронций, питьевая вода, дети, остеопатии, геохимическая провинция.

Химические элементы, тропные к определенным органам и системам, являются этиологическим фактором ряда хронических неинфекционных заболеваний [6, 10]. Избыточное поступление химических соединений, в том числе тяжелых металлов, с пищевыми продуктами и питьевой водой обусловлено не только их техногенным, но и геохимическим происхождением [1, 7–10].

Согласно информации, представленной в Государственном докладе «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году»[1], доля проб воды систем централизованного питьевого водоснабжения с превышением содержания отдельных химических веществ более 2,1 ПДК по приоритетным субъектам РФ достигала 82,3 %. Среди нарушений гигиенических нормативов превышение содержания стронция в пробах воды отдельных регионов регистрировали до 37,3 % случаев, что формировало неприемлемый риск для детского здоровья по причинам поражения органов-мишеней [3]. Известно политропное действие стабильного стронция на организм человека с преимущественным поражением костно-мышечной системы за счет конкурирующего взаимодействия с кальцием в структуре гидроксилапатитовой молекулы костной ткани [2, 4–6]. В настоящее время действующий порядок проведения профилактических медицинских осмотров несовершеннолетних[2] не учитывает особенности заболеваемости, обусловленные воздействием природных внешнесредовых факторов.

Цель исследования – изучить состояние костной системы у детей и подростков, потребляющих питьевую воду с повышенным содержанием стронция, обусловленным геохимическими особенностями территории.

Материалы и методы. Группу наблюдения составили 93 ребенка в возрасте 7–17 лет (средний возраст 12,15 ± 0,9 г.; 63,5 % девочек и 36,5 % мальчиков), проживающих в геохимической провинции с повышенным содержанием стабильного стронция свыше 2 ПДК в питьевой воде системы централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Удельный вес нестандартных проб воды по санитарно-химическим показателям за 2019 г. составил 28,6 % [3] и был обусловлен высоким уровнем содержания стронция в водоемах. Группу сравнения составили 148 детей (средний возраст 12,0 ± 0,5 г.; 66,3 % девочек и 33,7 % мальчиков), проживающих в краевом центре, где концентрация стронция в водопроводной воде не превышала ПДК. Группы были сопоставимы по половому и возрастному критерию (p = 0,65–0,77). Сравнительный анализ заболеваемости остеопатиями (M85.9) в зависимости от территории проживания у детей и подростков выполнен по данным статистических материалов Пермского краевого медицинского информационно-аналитического центра за период 2010–2019 гг.

[1] О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2020.

[2] О порядке проведения профилактических медицинских осмотров несовершеннолетних: Приказ Министерства здравоохранения РФ от 10 августа 2017 г. № 514н. – М., 2017.

[3] О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Пермском крае в 2019 году: Государственный доклад. – Пермь: Управление Роспотребнадзора по Пермскому краю, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае», 2020.

Содержание стронция в крови определяли методом масс-спекторметрии на приборе Agilent 7500 cx (анализатор Agilent Technologres Ihc., США) в соответствии с требованиями методических указаний[4].

Минеральную плотность костной ткани (МПКТ) определяли по результатам ультразвуковой денситометрии с помощью остеоденситометра Sunlight Omnisense 7000 (Sunlight Medical Ltd., Израиль), оснащенного специальной педиатрической программой. Исследование проведено по стандартной методике на участке скелета distal radius с оценкой *Z*-score скорости прохождения ультразвуковой волны (Speed of Sound – SOS, скорость звука (СЗ), м/с) для *Z*-индекса.

Медико-биологические исследования проводили с соблюдением этических принципов, изложенных в Хельсинкской декларации (2013) и Национальном стандарте РФ ГОСТ-Р 52379-2005 «Надлежащая клиническая практика» (ICHE6 GCP). Исследования одобрены локальным этическим комитетом при ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (выписка из протокола № 3 от 01.03.2019) и выполнены при наличии письменного информированного добровольного согласия от законных представителей детей.

Статистическая и математическая обработка материала проведена согласно стандартным методикам с применением пакета программного обеспечения Microsoft, 2010. Анализ межгрупповых различий выполнен на основании сравнения средних значений (M) параметров и стандартной ошибки средней (m) ($M \pm m$). Для сравнения качественных признаков использован метод хи-квадрата Пирсона. Связи между геохимической провинцией и нарушениями плотности костной ткани и кальциевого обмена оценены с использованием статистического критерия «Отношение шансов» (Odds Ratio, *OR*). Зависимости вероятности снижения уровня ионизированного кальция и минеральной плотности костной ткани от уровня стронция в крови установлены методом однофакторного моделирования «маркер экспозиции – вероятность ответа (эффекта)». Статистически значимыми считали различия при уровне $p < 0{,}05$.

Результаты. Средний уровень многолетней заболеваемости остеопатиями за период 2010–2019 гг., представленный в табл. 1, у детей, проживающих на территории геохимической провинции, составил 6,59 ± 1,32 ‰, у подростков – 11,26 ± 2,07 ‰, что было в 1,8–1,9 раза выше показателя территории сравнения ($p < 0{,}001$) и в 1,6–2,0 раза – среднекраевых значений ($p < 0{,}001$).

Таблица 1

Многолетняя заболеваемость остеопатиями за период 2010–2019 гг. у детей и подростков ($M \pm m$), ‰

Возрастная группа	Заболеваемость территории наблюдения	Заболеваемость территории сравнения	Заболеваемость средняя по краю
Дети	6,59 ± 1,32	3,56 ± 0,80	3,27 ± 0,55
Подростки	11,26 ± 2,07	6 ± 0,97	7,11 ± 0,70

[4] МУК 4.1.3230-14 Измерение массовых концентраций химических элементов в биосредах (кровь, моча) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. – М., 2014.

Средняя концентрация стронция в крови у детей группы наблюдения определялась на уровне 97,59 ± 5,51 мкг/дм^3, превысив в 2,1 раза референтный уровень (46,5 мкг/дм^3; $p < 0,001$) и в 2,9 раза – показатель группы сравнения (33,43 ± 1,1 мкг/дм^3; $p < 0,001$) (табл. 2). Повышенное содержание стронция в крови регистрировалось у 74,2 % детей, проживающих на территории геохимической провинции, на территории сравнения количество таких детей было в 5,2 раза меньше (14,2 %; $p < 0,001$).

Таблица 2

Результаты химико-аналитического исследования крови у детей и подростков

Показатель	Группа наблюдения		Группа сравнения		p_1	p_2
	среднее значение, $M \pm m$	доля измененных проб, %	среднее значение, $M \pm m$	доля измененных проб, %		
Стронций, мкг/дм^3	97,59 ± 5,51	74,2	33,43 ± 1,1	14,2	<0,001	<0,001

Примечание: p_1 – достоверность различий между среднегрупповыми значениями; p_2 – достоверность различий между долями измененных проб.

По данным ультразвуковой денситометрии низкая минеральная костная плотность для соответствующего хронологического возраста по значению *Z*-индекса регистрировалась практически у каждого второго ребенка независимо от территории проживания. Отмечено, что среднее значение *Z*-индекса у детей группы наблюдения имело тенденцию к более низкому уровню (0,35 ± 0,16 против 0,54 ± 0,15 SD; $p = 0,09$) (табл. 3). Значение *Z*-индекса в диапазоне от -1,0 до -2 SD в группе наблюдения выявляли в 2,3 раза чаще (17,2 против 7,4 %; $p = 0,019$). Установлено, что вероятность снижения минеральной плотности кости у детей, проживающих на территории геохимической провинции, выше в 2,6 раза ($OR = 2,59$; $DI = 1,14–5,86$).

Таблица 3

Результаты ультразвуковой денситометрии у детей

Показатель	Группа наблюдения		Группа сравнения		p_1	p_2
	среднее значение, $M \pm m$	доля измененных проб, %	среднее значение, $M \pm m$	доля измененных проб, %		
Z-индекс, SD	0,35 ± 0,16	17,2	0,54 ± 0,15	7,4	0,09	0,019

Примечание: p_1 – достоверность различий между среднегрупповыми значениями; p_2 – достоверность различий между долями измененных проб.

В результате математического моделирования установлены зависимости и «стронций в крови – понижение *Z*-индекса» ($b_0 = -1,47$; $b_1 = 22,40$; $F = 80,02$; $R^2 = 0,23$; $p < 0,001$) и обратная корреляционная связь «стронций в крови – скорость ультразвука» ($r = -0,17$, $p = 0,03$), указывающие на отрицательное влияние стабильного стронция на кальциевый обмен и минеральную плотность костной ткани.

Выводы. Заболеваемость остеопатиями детей и подростков, проживающих в геохимической провинции с повышенным содержанием стронция в источниках питьевого водоснабжения, выше до 2 раз относительно территории с содержанием стронция в воде системы централизованного хозяйственно-питьевого водоснабже-

ния, не превышающим 1 ПДК. Вклад стронция геохимического происхождения в снижение *Z*-индекса ультразвуковой денситометрии по данным математического моделирования достигает 23 %. Для оценки уровня здоровья и разработки региональных медико-профилактических программ диагностики и профилактики остеопатий у детей на территории геохимической провинции с повышенным содержанием стронция в воде целесообразно проводить оценку уровня минеральной плотности костной ткани методом ультразвуковой денситометрии.

Список литературы

1. Загрязнение воздуха [Электронный ресурс] // ВОЗ. – URL: https://www.who.int/airpollution/ru/ (дата обращения: 20.03.2021).

2. Особенности регуляции иммунной системы у детей, проживающих в условиях стронциевой геохимической провинции / Д.Г. Дианова, О.В. Долгих, А.В. Кривцов [и др.] // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 97 (1). – С. 25–28. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-1-25-28

3. Оценка риска санитарно-химических показателей воды для населения Хасанского района Приморского края / П.Ф. Кику, Л.В. Кислицинына, В.Д. Богданова [и др.] // Экология человека. – 2018. – № 6. – С. 12–17.

4. Полякова Е.В. Стронций в источниках водоснабжения Архангельской области и его влияние на организм человека // Экология человека. – 2012. – № 2. – С. 9–14.

5. Судья Д.А., Ластков Д.О. Проблема токсического действия солей стабильного стронция на организм (обзор литературы) [Электронный ресурс] // Оригинальные исследования. Механизмы интоксикаций. – 2013. – № 3 (62). – URL: http://protox.medved.kiev.ua/index.php/ru/categories/mechanisms-of-intoxications/item/78-the-problem-of-the-toxic-effect-of-stable-strontium-salts-on-the-organism-review (дата доступа: 20.03.2021)

6. Факторы и уровни риска здоровью населения при воздействии компонентов питьевых вод в границах природных гидрогеохимических провинций Пермского края / А.Н. Фоменко, В.А. Аристов, О.А. Маклакова [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 3. – С. 54–62. DOI: 10.21668/health.risk/2018.3.06

7. Химическая безопасность пищи: развитие методической и нормативной базы / С.А. Хотимченко, И.В. Гмошинский, О.В. Багрянцева [и др.] // Вопросы питания. – 2020. – Т 89, № 4. – С. 110–124. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10047

8. Burger A., Lichtscheidl I. Strontium in the environment: Review about reactions of plants towards stable and radioactive strontium isotopes // Sci Total Environ. – 2019. – Vol. 653. – P. 1458–1512. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.10.312

9. Long J., Luo K. Elements in surface and well water from the central North China Plain: Enrichment patterns, origins, and health risk assessment // Environ Pollut. – 2020. – Vol. 258. – P. 113725. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.113725

10. Pollution and children's health / P.J. Landrigan, R. Fuller, S. Fisher [et al.] // Sci Total Environ. – 2019. – Vol. 650 (Pt 2). – P. 2389–2394. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.09.375

Количественная оценка влияния учебного процесса на результаты психологического тестирования учащихся различных уровней образования общеобразовательных учреждений

Д.А. Эйсфельд

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, г. Пермь, Россия

В работе изучено влияние интенсивности и напряженности учебного процесса различных общеобразовательных учреждений на результаты психологического тестирования учащихся.

Актуальность задачи объясняется значительным ростом учебных нагрузок и, как следствие, ухудшением психологического состояния школьников.

Изучение основных показателей организации учебного процесса позволило установить взаимосвязь между ними и психологическими реакциями детей.

Проведенное исследование дает основания утверждать, что при существующих подходах к организации образовательного процесса у учащихся образовательных организаций могут формироваться негативные изменения психологического состояния.

Ключевые слова: детское население, показатели учебного процесса, образовательные учреждения, психологическое тестирование, когнитивные функции, оперативная память.

Следствием роста учебных нагрузок при освоении образовательных программ является значительное напряжение функциональных и психологических возможностей организма школьников [3, 7, 9, 12, 14]. Возможности адаптационных процессов учащихся напрямую связаны с гигиеническими факторами учебно-воспитательного процесса [4–6, 10, 11]. Школьное образование последних десятилетий характеризуется созданием новых видов образовательных учреждений: гимназий, школ с углубленным изучением отдельных дисциплин, кадетских корпусов и др., которые разрабатывают свои учебные программы [1, 7, 13].

В последние годы произошло значительное ухудшение состояния здоровья школьников. Сегодня в России менее 10 % учащихся могут считаться здоровыми, 50 % имеют морфофункциональные отклонения, 40 % – различные хронические болезни [8].

Реализация программ по совершенствованию школьного образования возможна только с учетом данных параметров образовательного процесса, которые не оказывают негативного влияния на психологическую составляющую учащихся.

Основные показатели организации учебного процесса изучали в четырех разных общеобразовательных организациях: средняя общеобразовательная школа с углубленным изучением предметов физико-математического цикла, гимназия с изучением дополнительных учебных предметов, кадетский корпус, средняя общеобразовательная школа.

Оценка показателей организации учебного процесса проводилась на основании санитарно-эпидемиологических требований и гигиенических нормативов дей-

ствующего законодательства[1]. Анализ показателей напряженности учебного процесса выполнялся в соответствии с рекомендациями Всероссийского общества развития школьной и университетской медицины и здоровья[2]. Изучение влияния учебного процесса на результаты психологического тестирования учащихся проводилось на основе математического моделирования связи параметров организации и напряженности образовательного процесса с вероятностью отклонений при прохождении тестирования по четырем видам тестов: оценка времени реакции и скорости движения (RT-тест); оценка когнитивных функций (STROOP-тест); измерения пространственной оперативной памяти (CORSI-тест); проективная методика исследования личности, основанная на упорядочивании цветов испытуемым по степени их субъективной приятности (тест Люшера).

В ходе исследования влияния учебного процесса на результаты психологического тестирования учащихся I уровня образования установлено, что повышение напряженности учебного процесса увеличивает количество неверных результатов артикуляции ($R^2 = 0{,}03$; $p = 0{,}04$), в то время как увеличение длительности перемен и индекса восстановления повышает вероятность снижения времени реакции ($R^2 = 0{,}03$; $p = 0{,}05$) и увеличения верных ответов ($R^2 = 0{,}13–0{,}24$; $p < 0{,}0001$). В ходе анализа установлено, что возрастание интеллектуальных нагрузок повышает вероятность увеличения времени на обработку текста ($R^2 = 0{,}16$; $p < 0{,}001$), интерференционной склонности при назывании ($R^2 = 0{,}04$; $p = 0{,}04$), количества неверных реакций «Чтение 1» и «Чтение 2» ($R^2 = 0{,}06–0{,}08$; $p = 0{,}001–0{,}02$), а также медианы времени реакции «Чтение» и «Называние» ($R^2 = 0{,}03–0{,}09$; $p = 0{,}001–0{,}006$); кроме того, рост интеллектуальных нагрузок увеличивает вероятность повышения времени реакции ($R^2 = 0{,}19$; $p < 0{,}001$) и времени обработки информации, а также увеличивает число неверных ответов ($R^2 = 0{,}53–0{,}66$; $p < 0{,}001$). Дальнейший анализ влияния повышения предметной учебной нагрузки показал, что увеличение количества уроков в неделю повышает вероятность увеличения времени на обработку исходной информации теста ($R^2 = 0{,}6$; $p = 0{,}003$), возрастания числа неверных ответов ($R^2 = 0{,}04$; $p = 0{,}02$), а также количества допущенных ошибок в последовательности блоков Corsi-тестирования ($R^2 = 0{,}03$; $p = 0{,}04$). Увеличение числа уроков в день также повышает вероятность увеличения времени на обработку информации ($R^2 = 0{,}16$; $p < 0{,}001$), количества неверных ответов ($R^2 = 0{,}14$; $p < 0{,}001$) и вероятность возрастания числа неверных реакций «Чтение 1», «Называние 1» (без усложнения) и «Чтение 2» (в усложненном варианте) ($R^2 = 0{,}03–0{,}04$, $p = 0{,}01–0{,}04$). Установлено, что повышение монотонности и эмоциональности учебных нагрузок,

[1]СП 2.4.3648-20. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи / утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.09.2020 № 28, введены в действие 01.01.2021. – Мурманск: Управление Роспотребнадзора по Мурманской области, 2020. – 49 с.; СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания / утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 года № 2, введены в действие 01.03.2021 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/573500115?marker = 6560IO (дата обращения: 01.04.2022).

[2] Руководство по гигиене детей и подростков, медицинскому обеспечению обучающихся в образовательных организациях: модель организации, федеральные рекомендации оказания медицинской помощи обучающимся / под ред. члена-корр. РАН В.Р. Кучмы. – М.: ФГАУ «НЦЗД» Минздрава России, 2016. – 610 с.

а также сложности режима учебной деятельности в неделю / день повышает вероятность снижения числа верных ответов и количества правильно названных блоков в тесте Corsi ($R^2 = 0{,}03–0{,}16$; $p < 0{,}0001$).

В ходе анализа результатов математического моделирования влияния учебного процесса на результаты психологического тестирования учащихся II уровня образования установлено, что увеличение длительности перемен снижает вероятность ошибочных ответов в блоках теста Corsi ($R^2 = 0{,}06$; $p = 0{,}03$) и неверных реакций в RT-тесте ($R^2 = 0{,}06$; $p = 0{,}009$). В то же время увеличение длительности учебного времени снижает число верных ответов в тесте Corsi ($R^2 = 0{,}14$; $p < 0{,}001$), а повышение значения индекса восстановления увеличивает число верных ответов, количество правильно названных блоков теста Corsi ($R^2 = 0{,}14$; $p < 0{,}001$), долю детей, выполнивших тесты «Интерференционная склонность при чтении» и «Медиана времени реакции – Чтение» ($R^2 = 0{,}05$; $p = 0{,}02$). Анализ влияния повышения учебной нагрузки в неделю / день, а также количества уроков в неделю на психологический статус учащихся показал снижение вероятности получения верных ответов при прохождении блочного теста Corsi ($R^2 = 0{,}4–0{,}5$; $p < 0{,}0001$).

В ходе исследования выявлено, что нарастание напряженности учебного процесса детей III уровня образования увеличивает время обработки предлагаемого текста и число ошибок в последовательности выполнения блокового теста Corsi ($R^2 = 0{,}5$; $p = 0{,}05$); увеличение длительности перемен, напротив, повышает вероятность большего числа верных ответов и соблюдения последовательности в назывании блоков указанного теста ($R^2 = 0{,}1$; $p < 0{,}001–0{,}001$). Превышение продолжительности учебного времени достоверно снижает вероятность верных ответов и количество правильно воспроизведенных блоков вышеназванного теста, как с усложнением задания, так и без усложнения ($R^2 = 0{,}4–0{,}5$; $p < 0{,}001$), в то время как повышение индекса восстановления увеличивает количество правильных ответов в блоках, а также большую вероятность правильного воспроизведения блочной последовательности с усложнениями и без них ($R^2 = 0{,}2–0{,}3$; $p < 0{,}001$); кроме этого, повышение значения индекса восстановления снижает вероятность получения более высоких значений в блоках RT-теста «Среднее время реакции» и «Среднее моторное время» ($R^2 = 0{,}48$; $p = 0{,}004–0{,}005$). Дальнейший анализ показал наличие прямой зависимости повышения времени на обработку задания, увеличения числа неверных ответов и увеличения ошибок в последовательности от повышения количества уроков в неделю ($R^2 = 0{,}09–0{,}1$; $p = 0{,}004–0{,}005$); кроме того, увеличение числа уроков в день повышает вероятность больших значений RT-тестирования «Среднее моторное время» и «Степени рассеивания – Моторное время» ($R^2 = 0{,}05–0{,}09$; $p = 0{,}02–0{,}002$). При повышении учебной нагрузки (в баллах) возрастает вероятность увеличения времени на обработку заданий теста Corsi, и вместе с тем увеличивается число неверных результатов и ошибок в воспроизведении блоков при прохождении данного тестирования ($R^2 = 0{,}1–0{,}2$; $p < 0{,}000$), также растет число ошибок в этапах STROOP-тестирования «Чтение 1» (без усложнения) и «Воспроизведение 2» (с усложнением) ($R^2 = 0{,}05$; $p = 0{,}02–0{,}3$) и при прохождении блоков RT-теста «Среднее моторное время» и «Степень рассеивания – Моторное время» ($R^2 = 0{,}05–0{,}1$; $p = 0{,}001–0{,}02$).

Выводы:

1. Существующие подходы к организации образовательного процесса могут формировать негативные изменения психологической составляющей учащихся, проявляющейся в результатах психологического тестирования.

2. Основными направлениями оптимизации учебной деятельности могут явиться: четкое соблюдение современных гигиенических рекомендаций по режиму учебной и физкультурно-оздоровительной деятельности, снижение интеллектуальных и эмоциональных нагрузок обучающихся.

3. Необходимо включение психологического тестирования в программу ежегодной диспансеризации учащихся для оценки эмоционально-психологического фона.

4. Существует настоятельная необходимость разработки стандартизованной методики оценки показателей напряженности учебного процесса для средней и старшей школы.

Список литературы

1. Вазлеев В.А. Содержание кадетского воспитания и образования // Молодой ученый. – 2018. – № 3 (189). – С. 178–181.

2. Гигиена детей и подростков в современной школьной медицине / В.Р. Кучма, С.Г. Сафонкина, В.В. Молдованов, Н.Ю. Кучма // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 11. – С. 1024–1028. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-11-1024-1028

3. Комплексная оценка состояния здоровья городских школьников по данным углубленных медицинских осмотров (1980–2015 года) / Е.С. Богомолова, Ю.Г. Кузмичев, Т.В. Бадеева [и др.] // Медицинский альманах. – 2015. – № 2 (37). – С. 63–66.

4. Кучма В.Р. 2018–2027 годы – десятилетие детства в России: цели, задачи и ожидаемые результаты в сфере здоровьесбережения обучающихся // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. – 2017. – № 3. – С. 4–14.

5. Кучма В.Р. Вызовы XXI века: Гигиеническая безопасность детей в изменяющейся среде (Часть I) // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. – 2016. – № 3. – С. 4–21.

6. Кучма В.Р. Вызовы XXI века: Гигиеническая безопасность детей в изменяющейся среде (Часть II) // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. – 2016. – № 4. – С. 4–24.

7. Риск-ассоциированные нарушения здоровья учащихся начальных классов школьных образовательных организаций с повышенным уровнем интенсивности и напряженности учебно-воспитательного процесса / Н.В. Зайцева, О.Ю. Устинова, К.П. Лужецкий [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 1. – С. 66–83. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.08

8. Сафонкина С.Г. Научно-методическое обоснование обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия в образовательных организациях: автореф. дис. … д-ра мед. наук. – М., 2017. – 49 с.

9. Сетко И.М., Сетко Н.П. Современные проблемы состояния здоровья школьников в условиях комплексного влияния факторов среды обитания // Оренбургский медицинский вестник. – 2018. – Т. VI, № 2 (22). – С. 4–13.

10. Сетко Н.П., Садчикова Г.В. Современные подходы к охране психического здоровья детей и подростков (обзор литературы) // Оренбургский медицинский вестник. – 2017. – Т. V, № 2 (18). – С. 4–7.

11. Сетко Н.П., Сетко А.Г. Актуальные проблемы развития школьной медицины на современном этапе // Лечение и профилактика. – 2017. – № 1 (21). – С. 57–62.

12. Состояние адаптационных систем организма мальчиков 11-15 лет в процессе возрастного развития, полового созревания и в динамике учебного года / М.В. Шайхелисламова, Н.Б. Дикопольская, Г.А. Билалова, Т.Л. Зефиров // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 7. – С. 661–665. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-7-661-665

13. Ткачук Е.А., Ефимова Н.В., Мыльникова И.В. Оценка напряженности учебного труда и адаптационного потенциала учащихся общеобразовательных учреждений традиционного и профильного // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 10. – С. 1129–1134. DOI: 10.47470/0016-9900-2019-98-10-1129-1134

14. Aleman-Diaz A.Y., Backhaus S., Siebers L.L. [et al.]. Child and adolescent health in Europe: monitoring implementation of policies and provision of services // Lancet Child Adolesc. Health. – 2018. – Vol. 2, № 12. – P. 891–904. DOI: 10.1016/S2352-4642 (18) 30286-4

Особенности иммунного статуса и кортикоидо-катехоламиновой регуляции у девочек-подростков с патологией нервной системы, контаминированных альдегидами

А.В. Ярома[1], О.В. Долгих[1,2,3], О.А. Казакова[1], Е.А. Ситникова[2]

[1] ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
[2] ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
[3] ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
г. Пермь, Россия

Изучается влияние контаминации альдегидами (формальдегид, ацетальдегид, пропионовый альдегид, масляный альдегид) крови на иммуноэндокринную регуляцию девочек-подростков, имеющих патологию нервной системы. Выявлены особенности состояния маркеров фагоцитарной активности (активация процента фагоцитоза и фагоцитарного числа), активности цитокинов (активация противовоспалительного цитокина IL-4 и угнетение гамма-интерферона), а также увеличение уровня экспрессии адаптогенных маркеров кортизола и дофамина. Корреляционный анализ Спирмена, позволил выявить достоверную прямую зависимость уровня кортизола от уровня контаминации альдегидами.

Ключевые слова: патология нервной системы, контаминация альдегидами, девочки-подростки, кортизол, фагоцитоз.

Согласно ст.е 7 ФЗ № 323 от 21 ноября 2011 г. приоритет охраны здоровья детей является одним из важнейших в нынешнем курсе политики Российской Федерации [21], на основании чего был издан президентский указ от № 240 от 29.05.2017 о том, что в России 2018–2027 гг. объявлены «Десятилетием детства». В качестве мер, проводимых в этих рамках, можно особенно отметить обеспечение комфортной и безопасной среды для жизни детей и создание необходимых условий для охраны и укрепления их здоровья [16].

За последнее время накоплено значительное количество результатов исследований, свидетельствующих о негативном влиянии химических факторов техногенного происхождения, поступающих в организм человека ингаляционным путем и оказывающих негативное воздействие на нервную систему [10, 14, 15, 25].

Дети подросткового возраста являются уязвимой категорией населения перед воздействием внешних факторов окружающей среды (физические, химические, биологические, социальные факторы), что обусловлено глобальными преобразованиями в организме в период пубертатного периода с перестройкой гормональной и иммунной систем, что оказывает свой вклад в развитие хронических заболеваний [19, 24].

По данным статистики РФ, заболевания нервной системы являются одними из самых распространенных патологий среди подростков и детей, при этом частота данных заболеваний ежегодно увеличивается.

Экзогенные альдегиды (формальдегид – 1-й класс опасности; ацетальдегид, пропионовый и масляный альдегиды – 3-й класс опасности) являются одними из широко распространенных веществ в промышленности и технике, и формируют химическую нагрузку на территории жилой застройки крупных городов [3, 9, 12].

Формирование эндогенных альдегидов может быть обусловлено синтезом карбонильных продуктов в процессе свободнорадикального (перекисного) окисления липидов, при участии аминокислот и моносахаридов или с использованием активных форм хлора [8, 17, 35].

Альдегиды также могут попадать в легкие с воздухом жилых помещений, при выделении синтетических смол, которыми пропитаны древесно-стружечные плиты мебели, испарении, связанном с деструкцией полимерных смол, химических покрытий пола – линолеума и ПВХ-пленки [6, 11].

Формальдегид оказывает токсические эффекты на центральную нервную систему, вызывая резкую головную боль, недомогание, бессонницу и головокружение [29], а его длительное воздействие может привести к нейродегенеративным расстройствам [32]. Отмечена связь между воздействием этого экотоксиканта и болезнью Альцгеймера [31, 34]. В работах I. Zararsiz и др. [66] и Z. Tong и др. [37] рассматривались морфологические изменения в структуре головного мозга крыс и выявлены сопутствующие им расстройства поведения животных. Lu K. с соавт. выявили в своем исследовании [28], что ингаляция формальдегидом существенно ухудшает обучаемость и память мышей [23].

Накопление ацетальдегида и изменение реактивности сосудов приводят к появлению характерной вегетативно-сосудистой реакции: покраснению и чувству жара в лице и верхней части туловища, чувству стеснения в груди, затруднению дыхания, шуму в голове, сердцебиению, чувству страха и др. Артериальное давление значительно снижается [18]. Пропионовый альдегид (пропаналь) и масляный альдегид (бутаналь) оказывают наркотическое действие, вызывает изменения со стороны дыхательной системы, паренхиматозных органов, угнетает гемопоэз [4, 20].

На женский организм альдегиды оказывают больший эффект, чем на мужской, что обусловлено генетическими, психическими и конституционными особенностями, особенно в период полового созревания.

Цитотоксическое действие альдегидов обусловлено их высокой реакционной способностью, которая, в свою очередь, определяется сильными электрофильными свойствами альдегидной группы [38]. В отличие от свободнорадикальных интермедиатов [36], альдегиды являются стабильными метаболитами [7] и могут вступать во взаимодействие со свободными аминогруппами белков, аминокислот, пептидов и др., а также с сульфгидрильными группами аминокислотных радикалов, остатками гистидина и др. [27, 30, 37], изменяя при этом их функциональные свойства [7].

Процесс детоксикации формальдегида происходит посредством участия цинксодержащего фермента АДГ (алкогольдегидрогеназа) и глутатиона [2] и сопряжена с рядом процессов метаболизма одноуглеродных радикалов в организме, в результате чего формальдегид преобразуется до муравьиной кислоты [1]. АДГ катализирует реакцию превращения метилкарбинола в ацетальдегид с образованием НАДН из НАД+, избыток которого в крови способен оказать негативное воздействие на нервную систему и головной мозг [2].

Увеличение уровня кортизола и норадреналина отмечается у детей с поражениями нервной системы, при этом норадреналин образуется в ЦНС из дофамина – предшественника гормона стресса адреналина. Распад дофамина сопровождается высвобождением альдегидов [13, 22].

Избыток альдегидов в крови снижает неспецифическую защиту организма (фагоцитоз) [22] и концентрацию интерлейкинов и интерферона-гамма [5].

Таким образом, изучение влияния альдегидов, поступающих ингаляционным путем на иммунную и гормональную систему девочек-подростков с патологией нервной системы, является весьма актуальной темой на сегодняшний день.

Цель исследования – оценить особенности иммунного статуса и кортикоидо-катехоламиновой регуляции у девочек-подростков с патологией нервной системы, контаминированных альдегидами.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 57 девочек пубертатного возраста (12–17 лет), постоянно проживающих на территории крупного города Пермского края. Группа наблюдения включала 26 человек в возрасте 13,3 ± 1,59 г. с патологией нервной системы (астеноневротический синдром), группа сравнения включала 31 человека, условно здорового, в возрасте 13,9 ± 2,23 г. Группы сопоставимы по возрасту, материальному статусу и этнической принадлежности.

Все обследования проводились на базе ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации ВМА.

Химико-аналитическое исследование крови на содержание формальдегида, пропионового и масляного альдегидов, ацетальдегида проводилось в пробах крови методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. МУК 4.12111-06. «Измерение массовой концентрации формальдегида, ацетальдегида, пропионового альдегида, масляного альдегида и ацетона в пробах крови методом высокоэффективной жидкостной хроматографии» на жидкостном хроматографе Agilent 1200 с диодно-матричным детектором (Agilent Technologies Inc., США).

Иммунологическое исследование показателей сыворотки крови осуществлялось унифицированным методом исследования – иммуноферментным анализом

крови на приборе Biotek ELx808 (США). Оценивались такие показатели, как кортизол, с использованием набора реагентов компании «Хема-Медика» (Россия), интерлейкин-4 (IL-4), интерферон-гамма – с использованием набора реагентов компании «Вектор-Бест» (Россия). Для определения норадреналина, дофамина применяли триоксииндоловый флуориметрический метод. Определение секреции IFN-γ оценивали в супернатантах культуральных суспензий лимфоцитов с помощью твердофазного иммуноферментного анализа, согласно рекомендациям фирмы-производителя Biotek ELx808 (США). Фагоцитарные показатели определялись с использованием в качестве объектов фагоцитоза формалинизированных эритроцитов барана методом В.Н. Каплина.

Обработка данных осуществлялась с помощью программ Statistica 12.0 (StatSoft, Inc., США) и Microsoft Excel 2013. Определяли среднее значение (*X*) и его стандартную ошибку среднего (*SE*). Нормальность распределения оценивали критерием Шапиро – Уилка. Сравнение средних осуществлялось методом *t*-Стьюдента. Для оценки зависимости исследуемых иммунных маркеров от уровня контаминации крови альдегидами использовался непараметрический корреляционный метод Спирмена. При уровне значимости более 95 % ($p < 0,05$) отличия считали достоверными.

Результаты. По результатам химического исследования крови у девочек пубертатного возраста группы наблюдения отмечается превышение фонового уровня по формальдегиду в 4,6 раза (выше, чем в группе сравнения, в 2,1 раза), ацетальдегиду в 1,3 раза в крови (выше, чем в группе сравнения, в 2,2 раза), а также присутствие пропионового и масляного альдегида в крови (выше, чем в группе сравнения, в 3,3 и 3,6 раза соответственно) (табл. 1).

Таблица 1

Химико-аналитическое исследование крови на содержание альдегидов в исследуемых группах

Показатель	Референтный диапазон	Наблюдение	Сравнение	*p* (*t*)
Формальдегид, мкг/см^3	0,005–0,0076	0,035 ± 0,007	0,017 ± 0,004	0,00
Ацетальдегид, мкг/см^3	0,0434–0,0778	0,062 ± 0,004	0,028 ± 0,002	0,00
Масляный альдегид, мкг/см^3	0–0	0,010 ± 0,001	0,003 ± 0,001	0,00
Пропионовый альдегид, мкг/см^3	0–0	0,018 ± 0,004	0,005 ± 0,002	0,00

Примечание: *p* (*t*) – уровень значимости по критерию *t*-Стьюдента.

По результатам оценки иммунного профиля выявлена активация фагоцитарной активности в пределах границ нормы в группе наблюдения относительно группы сравнения на 12 % по показателю процента фагоцитоза (36,4 % проб против 17,9 % проб выше нормы) и на 16 % по показателю фагоцитарного числа (39,4 % против 23,1 % выше нормы) ($p < 0,05$), а также выявлены незначимые изменения в цитокиновой активности в виде активации противовоспалительного цитокина IL-4 на 18 % и снижении экспрессии гамма-интерферона на 18 %.

Группа наблюдения характеризуется увеличением уровня экспрессии адаптогенного глюкокортикоидного гормона кортизола в 1,5 раза (9,7 против 2,6 % проб выше нормы) ($p < 0,05$), и увеличением уровня экспрессии нейромедиатора дофамина в 1,2 раза в пределах границ нормы (табл. 2).

Методом корреляционного анализа Спирмена были установлены прямые достоверные зависимости уровня экспрессии адаптогенного гормона кортизола от уровня контаминации крови формальдегидом ($r = 0,32$), ацетальдегидом ($r = 0,40$), пропионовым альдегидом ($r = 0,38$), масляным альдегидом ($r = 0,37$).

Таблица 2

Особенности иммунного и гормонального профиля обследуемых девочек

Показатель	Норма	Наблюдение	Сравнение	*p* (*t*)
Процент фагоцитоза, %	35–60	56,24 ± 3,27	50,33 ± 3,85	**0,02**
Фагоцитарное число, усл. ед.	0,8–1,2	1,14 ± 0,11	0,98 ± 0,12	**0,05**
IL-4, пг/мл	0–4	1,24 ± 0,51	1,05 ± 0,81	0,67
Интерферон-гамма,пг/мл	0–15	1,77 ± 0,46	2,09 ± 0,66	0,41
Кортизол, нмоль/см^3	140–600	327,35 ± 43,89	217,60 ± 30,93	**0,00**
Норадреналин, пг/см^3	70–600	364,99 ± 53,85	354,24 ± 69,99	0,79
Дофамин, пг/см^3	10–100	58,44 ± 9,53	47,66 ± 10,29	0,11

Примечание: *p* (*t*) – уровень значимости по критерию *t*-Стьюдента.

Таким образом, установлено, что девочки подросткового возраста, проживающие в условиях крупного промышленного города, имеющие патологию нервной системы, характеризуются избыточной контаминацией крови альдегидами, превышающей фоновый уровень, отличаются дисбалансом фагоцитарной и цитокиновой активности, а также увеличением экспрессии глюкокортикоидных гормонов и катехоламинов (дофамин, норадреналин).

Выводы. По результатам проведенного исследования были выявлены изменения в иммунной системе девочек-подростков группы наблюдения, проживающих в крупном промышленном городе, имеющих патологию нервной системы, по отношению к группе сравнения (без патологии нервной системы). Так, группа наблюдения отличалась избыточной контаминацией крови альдегидами (формальдегид, ацетальдегид, пропионовый альдегид, масляный альдегид), кратно превышающими фоновый уровень и уровень контаминации крови группы сравнения, достоверным повышением фагоцитарной активности, цитокиновым дисбалансом, изменениями показателей катехоламиновой регуляции, увеличением уровня экспрессии гормона стресса – кортизола ($p < 0,05$), достоверно связанного с уровнем контаминации крови альдегидами.

Список литературы

1. Ашмарин И.П. Алкогольдегидрогеназа млекопитающих – объект молекулярной медицины // Успехи биологической химии. – 2003. – Т. 43. – С. 3–18.
2. Белугин С.Н. Экологическая медицина: терминологический словарь. – Минск: БГМУ, 2015. – 231 с.
3. Бражкин А.В. Научно-методические основы прогнозирования безопасных для здоровья населения уровней химического загрязнения окружающей среды (на примере крупного промышленного города): автореф. докт. дисс. – Санкт-Петербург. – 1998. – 52 с.
4. Буров В.Н. Химия: учеб. пособие. – М.: МИИГАиК, 2015. – 116 с.

5. Гепатобилиарные нарушения у детей в условиях антропогенного воздействия химических веществ / О.Г. Толмачева, Е.С. Головина, А.И. Аминова [и др.] // Фундаментальные исследования – 2012. – № 8–1. – С. 162–168.

6. Гигиенические и клинические аспекты синдрома «Больных зданий» и перспективы охраны здоровья населения / Н.Г. Проданчук, Н.Е. Дышиневич, Г.М. Балан [и др.] // Современные проблемы токсикологии. – 2006. – № 2. – С. 4–12.

7. Давыдов В.В., Божков А.И. Метаболизм эндогенных альдегидов: участие в реализации повреждающего действия оксидативного стресса и его возрастные аспекты // Биомедицинская химия. – 2003. – Т. 49, № 4. – С. 374–387.

8. Давыдов В.В., Божков А.И., Кульчицкий О.К. Физиологическая и патофизиологическая роль эндогенных альдегидов. – Saarbrucken: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 244 с.

9. Диагностика сенсибилизации к формальдегиду / Н.В. Зайцева, О.В. Долгих, Т.И. Тырыкина [и др.] // Гигиена и санитария. – 2000. – № 6. – С. 44–46.

10. Долгушина Н.А., Кувшинова И.А. Оценка загрязнения атмосферного воздуха промышленных городов челябинской области и неканцерогенных рисков здоровью населения // Экология человека. – 2019. – № 6. – С. 17–22.

11. Дышиневич Н.Е., Сова Р.Е. Полимерные строительные материалы и синдром «больного здания». – Киев: Наукова Думка, 1998. – С. 245–257.

12. Зайцева Н.В., Аверьянова Н.И., Корюкина И.П. Экология и здоровье детей Пермского региона. – Пермь: Звезда, 1997. – 147 с.

13. Ковтун О.П., Громада Н.Е. Особенности клеточного энергообмена, иммунологические и нейробиохимические критерии диагностики перинатальных гипоксических поражений центральной нервной системы у новорожденных детей // Рос вестн перинатол и педиат. – 2012. – № 4–2. – С. 26–32.

14. Кольдибекова Ю.В., Землянова М.А., Цинкер М.Ю. Оценка вероятности развития коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения у детей при сочетанном воздействии химических факторов и факторов образовательного процесса // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 3. – С. 100–108. DOI: 10.21668/health.risk/2020.3.12

15. Лещук С.И., Суркова И.В. Взаимосвязь загрязнения окружающей среды и экологически обусловленной заболеваемости населения на территории техногенного загрязнения // Естественные и технические науки. – 2017. – № 1 (103). – С. 23–33.

16. Маклакова О.А. Совершенствование методологии гигиенического анализа и профилактики формирования у детей заболеваний органов дыхания и коморбидной патологии, ассоциированных с воздействием химических факторов окружающей среды: дис. … д-ра мед. наук: 14.02.01. – М., 2019. – 47 с.

17. Марсянова Ю.А. Особенности катаболизма эндогенных альдегидов при стрессе // Наука молодых – Eruditio Juvenium. – 2016. – № 1. – С. 33–38.

18. Машковский М.Д. Лекарственные средства. – М.: Медицина, 1964. – 240 с.

19. Михайлова Л.А. Особенности внешнего дыхания у детей в условиях промышленного города // Сибирское медицинское образование. – 2009. – № 5. – С. 54–60.

20. МУК 4.1.2771-10. Определение массовых концентраций формальдегида, ацетальдегида, пропионового альдегида, масляного альдегида и ацетона в желчи методом высокоэффективной жидкостной хроматографии [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200086336 (дата обращения: 18.03.2022).

21. Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации: Федеральный закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ (ред. от 02.07.2021) [Электронный ресурс]. – URL: https://base.garant.ru/12191967 (дата обращения: 18.03.2022).

22. Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Землянова М.А. Гигиеническая индикация последствий для здоровья при внешнесредовой экспозиции химических факторов / под ред. Г.Г. Онищенко. – Пермь: Книжный формат, 2011. – 532 с.

23. Чернышова Д.В. Возраст-зависимые изменения жизнеспособности и профиль экспрессии генов стресс-ответа DROSOPHILA MELANOGASTER при воздействии химических и физических стресс-факторов: дис. … канд. биол. наук: 3.02.08. – М., 2017. – 149 с.

24. Щеплягина Л.А., Круглова И.В. Возрастные особенности иммунитета у детей // Регулярные выпуски «РМЖ». – № 23. – С. 1564.

25. Эколого-гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха и состояния здоровья детского населения на территориях с развитой нефтяной отраслью / З.Б. Бактыбаева, Р.А. Сулейманов, А.А. Кулагин [и др.] // Гигиена и санитария. – 2019. – № 9. – С. 949–954.

26. Aging-associated excess formaldehyde leads tospatial memory deficits / Z. Tong, C. Han, W. Luo [et al.] // Scientific reports. – 2013. – Vol. 3. – P. 1807.

27. Electron-microscopic observation of mouse spleen tissue infected with Orientia tsutsugamushi isolated from Shandong, China / L. Yang, Z. Zhao, B. Li [et al.] // J Electron Microsc (Tokyo). – 2008. – Vol. 57 (5). – P. 169–174.

28. Formaldehyde-induced histone modifications in vitro / K. Lu, G. Boysen, L. Gao, L. B Collins, J. A Swenberg // Chemical research in toxicology. – 2008. – Vol. 21. – № 8. – P. 1586–1593.

29. Formaldehyde neurotoxicity in animal experiments / F.A Pitten, A. Kramer, K. Herrmann, J. Bremer, S. Koch // Pathology, research and practice. – 2000. – Vol. 196. – № 3. – P. 193–198.

30. Formation from 4-hydroxynonenal and primary amines / L.M. Sayre, P.K. Arora, R.S. Iyer, R.G. Salomon // Chem. Res. Toxicol. – 1993. – № 6. – P. 19–22.

31. He R., Lu J., Miao J. Formaldehyde stress // Science China. Life sciences. – 2010. – Vol. 53. – № 12. – P. 1399–1404.

32. Kilburn K.H. Neurobehavioral impairment and seizures from formaldehyde // Archives of environmental health. – 1994. – Vol. 49. – № 1. – P. 37–44.

33. Protective effects of omega-3 essential fatty acids against formaldehyde-induced neuronal damage in prefrontal cortex of rats / I. Zararsiz, I. Kus, N. Akpolat [et al.] // Cell biochemistry and function. – 2006. – Vol. 24, № 3. – P. 237–244.

34. Songur A., Ozen O.A., Sarsilmaz M. The toxic effects of formaldehyde on the nervous system // Reviews of environmental contamination and toxicology. – 2010. – Vol. 203. – P. 105–118.

35. Spiteller G. Lipid peroxidation in aging and age-dependent diseases // Exp. Gerontol. – 2001. – Vol. 36. – № 9. – P. 1425–1457.

36. Uchida K. Role of reactive aldehyde in cardiovascular. Diseases // Free Radical. Biol. Med. – 2000. – № 28. – P. 1685–1696.

37. Uchida K., Stadtman E.R. Selective cleavage of thioether linkage in proteins modified with 4-hydroxynonenal. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 1992. – № 89. – P. 5611–5615.

38. Vasiliou V., Pappa A., Petersen D.R. Role of aldehyde dehydrogenases in endogenous and xenobiotic metabolism // Chem. Biol. Interact. – 2000. – № 129. – P. 1–19.

Авторский указатель

Аверьянова Н.С. 198
Алексеев В.Б. 150
Байдина А.С. 38
Бакиров А.Б. 358
Безрукова Г.А. 161
Бейгул Н.А. 5
Блинова Т.В. 344
Богатырева И.А. 166, 265
Булатова Н.И. 243
Бурдинская Е.Н. 255
Валеева Э.Т. 358
Валина С.Л. 271, 277, 366
Вандышева А.Ю. 339
Васильев В.В. 170
Васильев В.Е. 170, 177
Васильева Т.Н. 85
Вдовина Н.А. 187
Вершинин М.Н. 139
Власова Е.М.....10, 17, 38, 192, 362
Воробьева А.А. 17
Высочанская С.О. 334
Галимова Р.Р. 358
Головкова Н.П. 61
Горбушина О.Ю. 192
Грабовская А.А. 198
Грязнова М.А. 85
Долгих О.В. 27, 139, 187, 268, 288, 299, 303, 323, 375
Егорова О.В. 198
Ерастова Н.В. 80
Ермакова О.В. 308
Жаркова Е.М. 85
Жеглова А.В. 33
Жиров К.С. 207
Жукова Е.С. 85, 228
Зайцева Н.В. 38, 210, 277
Зеленко А.В. 214
Землянова М.А. 210, 222, 243
Зюлева М.В. 258
Иванова Т.В. 44
Иванова Ю.В. 344
Ивашова Ю.А. 105, 339
Игнатова А.М. 210
Игнатьев С.Д. 198
Илюшина Н.А. 198
Иркаева А.М. 85, 228
Кадникова Е.П. 233
Казак А.А. 358
Казакова О.А. 268, 375
Каменева А.Д. 239
Кара Л.А. 198
Каракотина И.А. 161
Каримова Л.К. 5, 131, 145
Кизеев А.Н. 123
Климкина К.В. 51
Кольдибекова Ю.В. 210, 243
Костарев В.Г. 44, 105, 192
Котова Н.И. 61
Красулина Е.А. 303
Крийт В.Е. 248
Крючкова Е.Н. 55
Кузьмина Л.П. 61
Курганова О.П. 255
Курьеров Н.Н. 95
Лаврентьева С.М. 320
Лагутина А.В. 95
Ланин Д.В. 258, 323
Лапко И.В. 51, 69, 265
Ларионова Э.А. 131, 145
Легостаева Т.А. 323
Лескина Л.М. 61
Лир Д.Н. 150
Лихачев К.Н. 258
Лужецкий К.П. 72
Лучникова В.А. 268
Макарова В.Г. 271
Маклакова О.А. 277, 283, 339, 366
Матьянина А.И. 308
Мельникова А.А. 85
Мельцер А.В. 80
Минченко Е.Ю. 283
Моисеева Е.В. 85
Мокрушин С.В. 192
Мулдашева Н.А. 5, 131, 145
Натыкан Ю.А. 255
Некрасова М.М. 85
Никоношина Н.А. 288
Новикова А.В. 166
Новикова Т.А. 161
Носов А.Е. 38, 72, 105
Нурисламова Т.В. 292, 328
Образцова А.Д. 299, 323
Отавина Е.А. 303
Ошева Л.В. 308
Паинова Е.С. 288
Перекусихин М.В. 170
Позднякова М.А. 85, 228, 320
Полякова Е.М. 80
Полякова Л.В. 85, 228
Попова Н.А. 292
Потапова И.А. 85
Почтарева Е.С. 95
Преображенская Е.А. 120
Прокопенко Л.В. 95
Пустовалова О.В. 243
Растокина Т.Н. 314
Савинков М.А. 105
Савицкая Н.Н. 320

Сапожникова М.А. 344
Семисынов С.О. 320
Семушина Е.А. 214
Сергеева Е.Н. 255
Синякова О.К. 214
Ситникова Е.А. 375
Скокло Г.В. 187
Сладкова Ю.Н. 248
Сорокин Г.А. 115
Старкова К.Г. 323
Степанков М.С. 210
Страхова Л.А. 344
Субботина Д.Ю. 328
Сухов В.А. 334
Сухова А.В. 120
Сычик Л.М. 214
Сюрин С.А. 123
Телюпина В.П. 85
Толмачева О.Г. 339
Трошин В.В. 344
Уланова Т.С. 292
Умнягина И.А. 344
Устинова О.Ю. 17, 38, 72, 105, 271, 366
Фагамова А.З. 5, 131, 145
Федотова И.В. 85
Фокин В.А.....17, 136, 150
Харыбин В.Г. 320
Хелковский-Сергеев Н.А. 61
Хисматуллин Д.Р. 352
Чеботарев А.Г. 61
Челакова Ю.А. 139
Черникова Е.Ф. 85
Чигвинцев В.М. 72, 352
Шайхлисламова Э.Р. 358
Шаповал И.В. 131, 145
Шевчук В.В. 362
Шептунов М.С. 255
Шляпников Д.М. 44, 192
Штина И.Е.....283, 366
Шур П.З. 150
Щербаков А.А. 155
Щербатюк Т.Г. 228
Щербинская Е.С. 214
Эйсфельд Д.А. 371
Юргина О.М. 255
Ярома А.В. 375

Содержание

Раздел V. Анализ риска в гигиене труда

Н.А. Бейгул, Л.К. Каримова, Н.А. Мулдашева, А.З. Фагамова
Оценка профессионального риска для здоровья работников по показателям условий труда, профессиональной заболеваемости и травматизма 5

Е.М. Власова
Паттерны к мотивации здоровья и трудовому долголетию у работников вредных производств предпенсионного и пенсионного возраста 10

А.А. Воробьева, Е.М. Власова, О.Ю. Устинова, В.А. Фокин
Вегетативная дисфункция как предиктор артериальной гипертензии у работающих во вредных условиях труда 17

О.В. Долгих
Маркеры эффекта и чувствительности как индикаторные показатели нарушений здоровья работников, отражающие формирование производственно обусловленной патологии, ассоциированной с онкопролиферативными состояниями (на примере свинца и формальдегида) 27

А.В. Жеглова
Факторы риска профессионального выгорания социальных работников 33

Н.В. Зайцева, О.Ю. Устинова, А.Е. Носов, А.С. Байдина, Е.М. Власова
Факторы кардиоваскулярного риска у работников подземной добычи рудных ископаемых 38

Т.В. Иванова, Д.М. Шляпников, В.Г. Костарев
Профессиональная заболеваемость на территории Пермского края..... 44

К.В. Климкина, И.В. Лапко
Изучение минеральной плотности костной ткани у рабочих виброопасных профессий..... 51

Е.Н. Крючкова
Влияние промышленных аллергенов на показатели гомеостаза организма работающих..... 55

Л.П. Кузьмина, Н.П. Головкова, Л.М. Лескина, Н.И. Котова, А.Г. Чеботарев, Н.А. Хелковский-Сергеев
Профессиональный риск нарушения здоровья работников в зависимости от уровней воздействия вредных производственных факторов и наличия ранних признаков заболевания..... 61

И.В. Лапко
Маркерные показатели метаболических нарушений у работников горнодобывающих предприятий..... 69

К.П. Лужецкий, О.Ю. Устинова, А.Е. Носов, В.М. Чигвинцев
Особенности формирования метаболических нарушений в условиях сочетанного воздействия производственных факторов подземной добычи хромовой руды 72

А.В. Мельцер, Н.В. Ерастова, Е.М. Полякова
Сравнительная характеристика априорного риска нарушений здоровья при работе на предприятиях нефтяной промышленности различных климатических поясов 80

М.М. Некрасова, И.В. Федотова, И.А. Потапова, Т.Н. Васильева, В.П. Телюпина, М.А. Грязнова, Е.Ф. Черникова, Е.М. Жаркова, А.А. Мельникова, Е.В. Моисеева, М.А. Позднякова, Е.С. Жукова, Л.В. Полякова, А.М. Иркаева
Маркеры риска нарушений сердечно-сосудистой системы у водителей автобусов в условиях хронического производственного стресса 85

Л.В. Прокопенко, Н.Н. Курьеров, А.В. Лагутина, Е.С. Почтарева
Состояние и перспективы анализа атрибутивного риска потери слуха от шума на рабочем месте 95

М.А. Савинков, О.Ю. Устинова, А.Е. Носов, Ю.А. Ивашова, В.Г. Костарев
Риск когнитивной дисфункции работников нефтедобывающего предприятия в зависимости от стажа производственной деятельности 105

Г.А. Сорокин
Риск-ориентированная оценка социальных, экономических и поведенческих характеристик образа жизни работающего населения 115

А.В. Сухова, Е.А. Преображенская
Количественные показатели сердечно-сосудистой системы, ассоциированные с риском профессиональной нейросенсорной тугоухости 120

С.А. Сюрин, А.Н. Кизеев
Профессиональная патология в металлургической промышленности Мурманской области (2000–2020 гг.) 123

А.З. Фагамова, И.В. Шаповал, Л.К. Каримова, Н.А. Мулдашева, Э.А. Ларионова
Несчастные случаи со смертельным исходом на рабочем месте водителя 131

В.А. Фокин
Применение вероятностных методов при категорировании профессионального риска 136

Ю.А. Челакова, О.В. Долгих, М.Н. Вершинин
Особенности иммунной регуляции у работников горнодобывающего предприятия в условиях избыточной контаминации биосред формальдегидом 139

И.В. Шаповал, Л.К. Каримова, А.З. Фагамова, Н.А. Мулдашева, Э.А. Ларионова
Анализ несчастных случаев со смертельным исходом на предприятиях и в организациях Республики Башкортостан за 2019–2020 гг. 145

П.З. Шур, Д.Н. Лир, В.Б. Алексеев, В.А. Фокин
Количественная оценка профессионального риска, обусловленного напряженностью трудового процесса 150

А.А. Щербаков
Динамика показателей максимальной вентиляции лёгких у офисных работников после пробы с физической нагрузкой 155

Раздел VI. Современные методы диагностики, коррекции и профилактики нарушений здоровья, ассоциированных с рискогенными факторами внешней среды, трудового, образовательного процесса, образа жизни, социально-экономических условий

Г.А. Безрукова, Т.А. Новикова, И.А. Каракотина
Распространенность первичных неинфекционных заболеваний у овощеводов защищенного грунта с разным адаптационным напряжением 161

И.А. Богатырева, А.В. Новикова
Эффективность комплекса оздоровительных мероприятий у рабочих виброопасных профессий с нарушениями гипофизарно-гонадной системы 166

В.Е. Васильев, В.В. Васильев, М.В. Перекусихин
Эффективность формирования навыков здоровьесберегательного поведения обучающихся в образовательных организациях при различных системах формирования здорового образа жизни 170

В.Е. Васильев
Медико-социальная эффективность новаторской системы формирования культуры здорового и безопасного образа жизни обучающихся в сельских образовательных организациях 177

Н.А. Вдовина, О.В. Долгих, Г.В. Скокло
Оценка состояния иммунного статуса детского населения дошкольного возраста, проживающего в условиях влияния внешнесредовых химических факторов крупного промышленного центра Западного Урала 187

О.Ю. Горбушина, Д.М. Шляпников, Е.М. Власова, В.Г. Костарев, С.В. Мокрушин
Формирование функциональных нарушений в процессе выполнения трудовых обязанностей у работников горно-рудного производства 192

О.В. Егорова, Н.С. Аверьянова, Л.А. Кара, А.А. Грабовская, С.Д. Игнатьев, Н.А. Илюшина
Оценка чувствительности лимфоцитов периферической крови доноров к повреждающему действию тирама 198

К.С. Жиров
Особенности показателей развития стресса у подростков 207

Н.В. Зайцева, М.А. Землянова, А.М. Игнатова,
Ю.В. Кольдибекова, М.С. Степанков
Использование физических параметров фаций мочи для диагностики
начальных реакций на негативные факторы внешней среды..... 210

А.В. Зеленко, Е.А. Семушина, О.К. Синякова, Е.С. Щербинская, Л.М. Сычик
Выявление факторов риска развития хронических неинфекционных
заболеваний в процессе донозологической диагностики.....214

М.А. Землянова
Научное обоснование и применение биомаркеров экспозиции и эффекта для задач
установления и доказательства реализации риска нарушений здоровья
экспонированного населения 222

А.М. Иркаева, Е.С. Жукова, Л.В. Полякова, Т.Г. Щербатюк, М.А. Позднякова
Адаптационная согласованность активности про- и антиоксидантных процессов
в организме человека с сезонным изменением интенсивности УФ-излучения
в условиях мегаполиса (г. Нижний Новгород) 228

Е.П. Кадникова
Влияние химического загрязнения среды обитания на состояние здоровья детей
дошкольного возраста в городах с развитой медеплавильной промышленностью
Свердловской области.....233

А.Д. Каменева
Сравнение частоты заболеваний в профессиональных группах по данным опроса
и результатам медицинского осмотра.....239

Ю.В. Кольдибекова, М.А. Землянова, Н.И. Булатова, О.В. Пустовалова
Идентификация протеомных маркеров негативных эффектов со стороны
нейроэндокринной и иммунной систем у детей с повышенным содержанием
алюминия и фторид-иона в моче 243

В.Е. Крийт, Ю.Н. Сладкова
Оценка нейродинамических свойств нервной системы пожарных в зависимости от
полиморфных вариантов генов регуляторов метаболизма (TFAM, ACTN3, PPARA
и PPARGC1A).....248

О.П. Курганова, М.С. Шептунов, Е.Н. Сергеева, О.М. Юргина,
Е.Н. Бурдинская, Ю.А. Натыкан
Организация и проведение оздоровительной кампании в условиях
продолжающегося распространения новой коронавирусной инфекции (COVID-19)
в Амурской области.....255

Д.В. Ланин, К.Н. Лихачев, М.В. Зюлева
Особенности показателей регуляторных систем у школьников, обучающихся
в условиях воздействия физических факторов неионизирующей природы.....258

И.В. Лапко, И.А. Богатырева
Совершенствование лечебно-профилактических мероприятий у пациентов
с профессиональными дорсопатиями 265

В.А. Лучникова, О.А. Казакова, О.В. Долгих
Особенности иммунного статуса мальчиков-подростков с патологией эндокринной системы в условиях контаминации крови ароматическими углеводородами 268

В.Г. Макарова, О.Ю. Устинова, С.Л. Валина
Состояние поствакцинального иммунитета против дифтерии у учащихся средних образовательных учреждений..... 271

О.А. Маклакова, Н.В. Зайцева, С.Л. Валина
Особенности развития аллергического ринита у детей в различных условиях комплексного аэрогенного воздействия техногенных химических веществ..... 277

Е.Ю. Минченко, О.А. Маклакова, И.Е. Штина
Заболеваемость болезнями органов пищеварения учащихся образовательных учреждений..... 283

Н.А. Никоношина, О.В. Долгих, Е.С. Паинова
Особенности клеточного иммунного профиля детского населения приполярной территории Восточной Сибири 288

Т.В. Нурисламова, Т.С. Уланова, Н.А. Попова
Методическое обеспечение определения потенциально опасных высокотоксичных соединений в биологических средах человека для оценки риска и биомедицинских исследований..... 292

А.Д. Образцова, О.В. Долгих
Особенности индикаторных показателей нарушений здоровья взрослого населения мышьяковистой гидрогеохимической провинции..... 299

Е.А. Отавина, О.В. Долгих, Е.А. Красулина
Особенности иммунного статуса детей с расстройствами вегетативной нервной системы в условиях аэрогенной экспозиции алюминием 303

Л.В. Ошева, А.И. Матьянина, О.В. Ермакова
Структура и динамика заболеваемости учеников кадетской школы в процессе обучения 308

Т.Н. Растокина
Влияние температуры атмосферного воздуха на артериальное давление у взрослого населения в условиях, приравненных к Крайнему Северу..... 314

С.О. Семисынов, М.А. Позднякова, С.М. Лаврентьева, Н.Н. Савицкая, В.Г. Харыбин
Изучение характера употребления алкогольной продукции и табакокурения взрослого населения Нижегородской области по данным эпидемиологического мониторинга в 2021 г. 320

К.Г. Старкова, О.В. Долгих, Т.А. Легостаева, Д.В. Ланин, А.Д. Образцова
Полиморфизм MMP9 836A>G и маркеры остеометаболизма у детского населения в условиях экспозиции стронцием 323

Д.Ю. Субботина, Т.В. Нурисламова
Экспериментальные исследования по выбору метода пробоподготовки к химическому анализу фурана и метилфурана в пищевых продуктах на примере детских каш методом хромато-масс-спектрометрии 328

В.А. Сухов, С.О. Высочанская
Анализ пятилетней заболеваемости костно-мышечной системы детей (0–14 лет) и региональные закупки ученической мебели 334

О.Г. Толмачева, О.А. Маклакова, А.Ю. Вандышева, Ю.А. Ивашова
Особенности гепатобилиарной патологии у детей с герпетической инфекцией, проживащих в условиях воздействия химических веществ техногенного происхождения 339

И.А. Умнягина, Л.А. Страхова, Т.В. Блинова, В.В. Трошин, Ю.В. Иванова, М.А. Сапожникова
Окисленные липопротеиды низкой плотности как фактор риска развития ранних атеросклеротических изменений у лиц молодого и среднего возраста, работающих в металлургическом производстве 344

Д.Р. Хисматуллин, В.М. Чигвинцев
Оценка влияния рациона питания на развитие болезней, характеризующихся повышенным давлением, с использованием метода деревьев классификации 352

Э.Р. Шайхлисламова, Э.Т. Валеева, Р.Р. Галимова, А.Б. Бакиров, А.А. Казак
Периодические медицинские осмотры как механизм реализации профпатологической помощи работающему населению в период пандемии COVID-19 358

В.В. Шевчук, Е.М. Власова
Ожирение и инсулинорезистентность в подростковом возрасте как предиктор формирования коморбидной патологии 362

И.Е. Штина, О.А. Маклакова, С.Л. Валина, О.Ю. Устинова
Состояние костной системы у детей и подростков, потребляющих питьевую воду с повышенным содержанием стронция, обусловленным геохимическими особенностями территории 366

Д.А. Эйсфельд
Количественная оценка влияния учебного процесса на результаты психологического тестирования учащихся различных уровней образования общеобразовательных учреждений 371

А.В. Ярома, О.В. Долгих, О.А. Казакова, Е.А. Ситникова
Особенности иммунного статуса и кортикоидо-катехоламиновой регуляции у девочек-подростков с патологией нервной системы, контаминированных альдегидами 375

Авторский указатель 382

Научное издание

АНАЛИЗ РИСКА ЗДОРОВЬЮ – 2022
Фундаментальные и прикладные аспекты обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения
совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2022

100-летию Санитарно-эпидемиологической службы России посвящается

Материалы
XII Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием

(Пермь, 18–20 мая 2022 г.)

В двух томах

Под редакцией профессора А.Ю. Поповой,
академика РАН Н.В. Зайцевой

Том 2

Корректор *М.Н. Афанасьева*

Подписано в печать 17.05.2022. Формат 70×100/16.
Усл. печ. л. 31,44. Тираж 200. Заказ № 87/2022.

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета.
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33.