

8
2015

научно-
практический журнал

ISSN 1026-9428

МЕДИЦИНА ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ



Москва

Зайцева Н.В., Май И.В., Костарев В.Г., Башкетова Н.С. О риск-ориентированной модели осуществления санитарно-эпидемиологического надзора по гигиене труда 1

Шляпников Д.М., Шур П.З., Власова Е.М., Алексеев В.Б., Лебедева Т.М. Профессиональный риск развития болезней системы кровообращения у работников, занятых на выполнении подземных горных работ 6

Власова Е.М., Шляпников Д.М., Лебедева Т.М. Анализ динамики изменений характеристики профессионального риска развития артериальной гипертензии у работников предприятия цветной металлургии 10

Алексеев В.Б., Балашов С.Ю., Дугина О.Ю. Распространенность и риск развития эндометриоза на промышленно развитых территориях 14

Уланова Т.С., Злобина А.В., Якушева Е.А., Антипова М.В., Забилова М.И. Возможности исследования субмикронных объектов в крови работающих 18

Лужецкий К.П., Долгих О.В., Устинова О.Ю., Кривцов А.В. Генетически детерминированные нарушения жирового обмена, обусловленные пероральной экспозицией продуктов гиперхлорирования техногенного происхождения 24

Барз А.О., Лебедева-Несевря Н.А. Риск-коммуникация в системе анализа профессиональных рисков здоровья работников промышленного предприятия 28

Устинова О.Ю., Маклакова О.А., Ивашова Ю.А., Белицкая В.Э. Клинико-лабораторные критерии диагностики у детей хронических гломерулярных и тубулоинтерстициальных заболеваний почек, ассоциированных с воздействием металлов и кислородсодержащих органических соединений техногенного происхождения 33

Малиютина Н.Н., Невзорова М.С. Дисфункция эндотелия и неспецифические иммунные реакции в развитии и прогрессировании остеоартроза у женщин, занимающихся физическим трудом 38

Измерова Н.И., Истомин А.В., Сааркопель Л.М., Яцына И.В. Актуальные проблемы и перспективы медицины труда на современном этапе (по материалам научных конференций 2014 г.) 43

ИНФОРМАЦИЯ

Бухтияров И.В., Лагутина Г.Н. К юбилею Ульяновского областного центра профессиональной патологии: научно-практическая конференция и совещание главных профпатологов Приволжского Федерального округа 47

ЮБИЛЕИ

Анатолий Адальбиевич Эльгаров (к 70-летию со дня рождения) 48

Zaitseva N.V., Mai I.V., Kostarev V.G., Bashketova N.S. On risk-oriented model of sanitary epidemiologic surveillance in occupational hygiene 1

Shliapnikov D.M., Shur P.Z., Vlasova E.M., Alexeyev V.B., Lebedeva T.M. Occupational risk of cardiovascular diseases in workers engaged into underground mining 6

Vlasova E.M., Shliapnikov D.M., Lebedeva T.M. Analysis of changes in characteristics of arterial hypertension occupational risk in workers of nonferrous metallurgy 10

Alexeyev V.B., Balashov S.Yu., Dugina O.Yu. Prevalence and risk of endometriosis in industrial territories 14

Ulanova T.S., Zlobina A.V., Yakusheva E.A., Antip'eva M.V., Zabirolva M.I. Possibilities of submicron objects study in blood of workers 18

Luzhetsky K.P., Dolgikh O.V., Ustinova O.Yu., Krivtsov A.V. Genetically determined lipid metabolism disorders due to oral intake of technogenic hyperchlorination products 24

Barg A.O., Lebedeva-Nesevrya N.A. Risk communication in analysis of occupational health risk for industrial workers 28

Ustinova O.Yu., Maklakova O.A., Ivashova J.A., Belitskaya V.E. Clinical and laboratory diagnostic criteria of chronic glomerular and tubulointerstitial kidney disorders associated with exposure to metals and oxygen organic compounds of technogenic origin 33

Maliutina N.N., Nevzorova M.S. Endothelial dysfunction and nonspecific immune reactions in development and progression of osteoarthritis in women engaged into manual work 38

Izmerova N.I., Istomin A.V., Saarkopel' L.M., Yatsyna I.V. Topical problems and prospects of industrial medicine nowadays (according to materials of scientific and practical conferences of 2014) 43

INFORMATION

Bukhtiyarov I.V., Lagutina G.N. For jubilee of Ulianovsk regional center of occupational diseases: scientific and practical conference and meeting of Chief occupational therapists of Privolzhsky Federal District 47

JUBILEES

Anatoliy Adal'bievich El'garov (to 70th birthday) 48

12. Koninckx P.D. et al. // J. Reprod. Med. — 1989. — V. 24. — P. 257–260.

13. Peng D.X. et al. // Di Yi Jun Yi Da Xue Xue Bao. — 2003. — V. 23 (5). — P. 458–462.

Поступила 22.06.2015

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Алексеев Вадим Борисович (Alekseyev V.B.);

зам. дир. по орг.-метод. работе; д-р мед. наук, проф.

E-mail: vadim@fcrisk.ru.

Балашов Станислав Юрьевич (Balashov S.Yu.);

заведующий лабораторией методов комплексного анализа и экспертиз.

E-mail: stas@fcrisk.ru.

Дугина Ольга Юрьевна (Dugina O.Yu.);

врач-акушер-гинеколог, зав. отд. по организации мед. помощи детскому населению и родовспоможения Министерства здравоохранения Пермского края.

E-mail: duginaolga@mail.ru.

УДК 544.772.43:[613.633:669]:543.449:543.51:549.086

Т.С. Уланова^{1,2}, А.В. Злобина¹, Е.А. Якушева¹, М.В. Антипова^{1,3}, М.И. Заброва¹

ВОЗМОЖНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ СУБМИКРОННЫХ ОБЪЕКТОВ В КРОВИ РАБОТАЮЩИХ

¹ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», ул. Монастырская, 82, Пермь, Россия, 614045

²ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Комсомольский пр-т, 29, Пермь, Россия, 614990

³ФГБОУ ВПО «Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова», ул. Петропавловская, Пермь, 23, Россия, 614990

Приведены результаты исследований характеристик наночастиц в крови и плазме экспонированных рабочих титано-магниевого производства и работающих вне сферы воздействия производственных факторов. Сравнительное исследование плазмы крови работающих проведено методами динамического рассеяния света (ДРС), сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ). При измерении дисперсных характеристик плазмы крови работающих, подверженных воздействию наноматериалов, установлено повышенное процентное содержание частиц с гидродинамическим диаметром в диапазоне 60–100 нм и больше 100 нм.

Ключевые слова: наночастицы, метод динамического светорассеяния, сканирующая электронная микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия, расчетная концентрация наночастиц.

T.S. Ulanova^{1,2}, A.V. Zlobina¹, E.A. Yakusheva¹, M.V. Antip'eva^{1,3}, M.I. Zablova¹. **Possibilities of submicron objects study in blood of workers**

¹Federal Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies», 82, Monastyrskaya str., Perm, Russia, 614045

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Perm National Research Polytechnic University», 29, Komsomolsky prosp., Perm, Russia, 614990

³Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Perm State Agricultural Academy Named After Academician D.N. Pryanishnikov», 23, Petropavlovskaya str., Perm, Russia, 614990

The article contains results of studies characterizing nanoparticles in blood and serum of exposed workers engaged into titanium and magnesium production and workers outside coverage of occupational factors. Comparative study of the workers' serum included dynamic light dispersion, scanning electronic microscopy, transmission electronic microscopy. Measuring dispersion characteristic of blood serum in the workers exposed to nanomaterial revealed increased percentage of particles with hydrodynamic diameter within 60–100 nm and over 100 nm.

Key words: nanoparticles, dynamic light dispersion method, scanning electronic microscopy, transmission electronic microscopy, calculated concentration of nanoparticles.

В современном мире развитие нанотехнологического производства приводит к увеличению риска воздей-

ствия наноматериалов на здоровье населения. Специфические физико-химические свойства наномате-

риалов позволяют предполагать, что они могут быть потенциально токсичными для человека; вызывать повреждения на организменном, клеточном, субклеточном и белковом уровнях [6]. Более того, некоторые наночастицы свободно перемещаются по организму, депонируются в органах-мишенях, проникают через клеточные мембраны, оседают на митохондриях, тем самым запуская различные повреждения [4,8].

В этой связи оценка опасности химического воздействия продукции нанотехнологий на здоровье работающих в условиях промышленной экспозиции наноматериалами, исследование токсикологических характеристик и новых свойств материалов является исключительно важной задачей в области медицины труда и промышленной гигиены [3,5].

Одним из важных этапов исследований при изучении промышленной экспозиции наноматериалами является определение распределения частиц по размерам. Обычно для этого используют большое количество микрофотографий, полученных при помощи просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ) или сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) [1,10]. Для получения информации о размерности частиц, содержащихся в исследуемом образце, может быть использован метод динамического светорассеяния (ДРС). Метод динамического светорассеяния позволяет определить коэффициент диффузии дисперсных частиц в жидкости путем анализа характерного времени флуктуаций интенсивности рассеянного света. Далее из коэффициента диффузии может быть рассчитан радиус наночастиц. Хаотическое броуновское движение дисперсных частиц вызывает микроскопические флуктуации их локальной концентрации, что приводит к локальным неоднородностям показателя преломления среды. При прохождении лазерного луча через такую среду часть света будет рассеяна на этих неоднородностях. Флуктуации интенсивности рассеянного света будут соответствовать флуктуациям локальной концентрации дисперсных частиц. Информация о коэффициенте диффузии частиц содержится в зависящей от времени корреляционной функции флуктуаций интенсивности [9].

Метод ДРС чаще всего применяется для определения размеров наночастиц и их агрегатов в суспензиях, при этом можно получать полные кривые распределения частиц по размерам для всех частиц образца, начиная от долей нанометра. Измерение наночастиц в растворе и распределение их по размерам сопровождается формированием агрегатов в растворе, которое зависит от действия ванн-дер-ваальсовых сил, вследствие высокой концентрации частиц в растворе или изменения pH ионной силы раствора. В связи с тем, что после попадания наночастиц в раствор потенциал формирования агрегатов увеличивается, применяют повторное их «разбивание» для перевода частиц в монодисперсное состояние [2].

Цель исследования. Исследование характеристик наночастиц в крови и плазме экспонированных ра-

бочих титано-магниевого производств и работающих вне сферы воздействия производственных факторов.

Материалы и методы. Исследование наличия и дисперсных характеристик наночастиц в биологических средах обследованных рабочих проведено в двух группах: обследования, имеющей контакт с наночастицами на рабочих местах, и сравнения, состоящей из взрослого работающего населения территорий вне антропогенного воздействия. В группу обследования ($n=22$) входили рабочие титано-магниевого предприятия (плавильщики), подвергавшиеся экспонированию наночастицами на рабочих местах. Исследования воздуха рабочей зоны на рабочем месте плавильщика характеризуется счетной концентрацией наночастиц в интервале 13 523–28 609 млн/м³, что в 25,6–28,6 раз выше счетной концентрации на рабочих местах сравнения (администрация ОАО «Ависма») [7].

Группой сравнения служили сотрудники школы, расположенной вне зон антропогенного воздействия, анализировалась плазма их крови.

В процессе исследований рассматривали следующие характеристики: медиана и средний размер, процентное содержание сигнала по интенсивности, в диапазонах, ограниченных гидродинамическими диаметрами наночастиц 10–30, 30–60, 60–100 и более 100 нм, положение максимумов распределения частиц по интенсивности.

Сравнительное исследование плазмы крови работающих проведено методами динамического рассеяния света (ДРС), сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ).

Размерность частиц и их дисперсные характеристики определяли методом динамического светорассеяния на анализаторе размеров частиц Horiba LB-550 (Франция).

Визуализация частиц плазмы крови методом СЭМ проведена с помощью станции Auriga Cross Beam (Carl Zeiss, Германия); получение изображений, их обработка и последующий анализ проводился с помощью программных пакетов SmartSEM (Carl Zeiss, Германия) и SIAMS Photolab (SIAMS, Екатеринбург, Россия) в Центре «Современные нанотехнологии» ИЕН УрФУ, г. Екатеринбург. Образцы плазмы крови наносили на подложку из скола слюды, высушивали в лиофильной сушке, напыляли Au/Pd, получали изображения при увеличении до 30 000 раз.

Получение микрофотографий и анализ элементного состава подготовленных образцов цельной крови проходило на сканирующем электронном микроскопе Tescan MIRA3 LMU с возможностью локального элементного энерго-дисперсионного микроанализа при помощи системы Oxford Advanced Aztec Energy (IE350) X-max80 в ресурсном центре «Развитие молекулярных и клеточных технологий» СПбГУ, Санкт-Петербург.

Микрофотографии ультратонких срезов подготовленных образцов цельной крови получали на просвечивающих электронных микроскопах JEOL

JEM-1400 и JEOL JEM-2100HC (JEOL Ltd., Япония) в ресурсном центре «Развитие молекулярных и клеточных технологий» СПбГУ, Санкт-Петербург. Образцы цельной крови фиксировали, обезвоживали, пропитывали и заливали в эпоксидную смолу Araldite.

Результаты и их обсуждение. В процессе исследования плазмы крови методом динамического рассеяния света установлено различие определяемых характеристик в группах обследования, подвергшихся экспонированию наночастицами на рабочем месте (табл. 1), от группы сравнения (табл. 2).

В плазме рабочих титано-магниевого производства (группа обследования) отмечено содержание частиц по размерам в трех диапазонах, ограниченных гидродинамическими диаметрами наночастиц от 10 до 30 нм (53,5% по интенсивности сигнала, табл. 1), от 31 до 50 нм (30,97%), от 61 до 100 нм (12,61%) и более 100 нм (6,19%). Средний размер частиц составлял 35,55 нм, медиана 26,21 нм.

Визуализация образцов крови проведена с помощью просвечивающего электронного микроскопа, микрофотографии представлены на рис. 1.

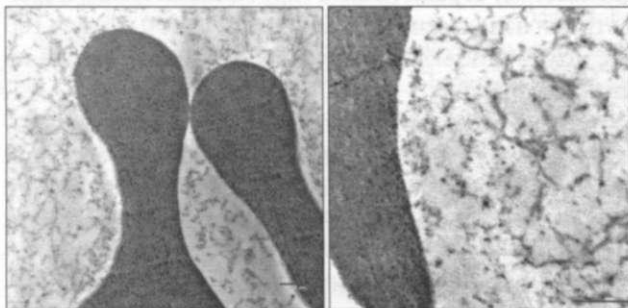


Рис. 1. Микрофотографии ПЭМ образцов цельной крови рабочих из группы обследования А). Образец крови № 7 (табл. 1); В), образец крови №. 5 (табл. 1).

Во всех исследованных образцах цельной крови присутствует большее количество эритроцитов, редко лейкоциты и тромбоциты. Контуры эритроцитов четкие, гладкие ровные. Изображение плазмы крови получено как структура в виде сетки из контрастных волокон размером в среднем 20×200 нм. Между опи-

санными элементами прослеживается нерегулярное отсутствие связанных с остальными элементов, так называемые «ячейки», которые могут быть объяснены кристаллизацией белков альбумина или глобулина. Размеры «ячеек» находятся в диапазоне от 200 до 500 нм. Иногда в поле «ячеек» попадаются более плотные образования неправильной формы «зерна» размером 20–60 нм. Для определения состава «зерен» необходимо проанализировать данные частицы на сканирующем микроскопе, который позволяет получить информацию о составе объекта (обратно-рассеянные электроны, анализ характеристического рентгеновского излучения), для идентификации предположительно присутствующих в плазме антропогенных элементов титано-магниевого производства.

Измерение дисперсных характеристик плазмы крови группы сравнения методом ДРС (табл. 2) показало, что содержание частиц в исследованных образцах плазмы крови приходилось на диапазоны от 10 до 30 нм (73,0%) и 31–60 нм (20,3%), на диапазон от 61 до 100 нм приходилось 0,69% сигнала по интенсивности. Средний размер частиц по группе составлял 20,3 нм, медиана 14,1 нм.

Средневзвешенная диаграмма логнормального распределения частиц по размерам в образцах плазмы крови групп обследования и сравнения, приведена на рис. 2. Для обеих диаграмм логнормального распределения частиц по размерам характерно двумодальное распределение, вместе с тем, в распределении группы обследования (А, рис. 2) выделяется более интенсивный сигнал в области 1–30 нм и менее, и более выражена область более 100 нм.

Проведено сравнительное исследование плазмы крови работающих из группы обследования и группы сравнения методом ДРС. Дисперсные характеристики образцов группы обследования, а именно медиана и средний размер частиц, находились достоверно выше аналогичных характеристик образца группы сравнения. Сигнал от наночастиц в образцах плазмы крови группы обследования свидетельствовал об увеличении гидродинамических диаметров частиц по сравнению с группой сравнения, что количественно отражено в увеличении характеристик процентного содержания сигнала по ин-

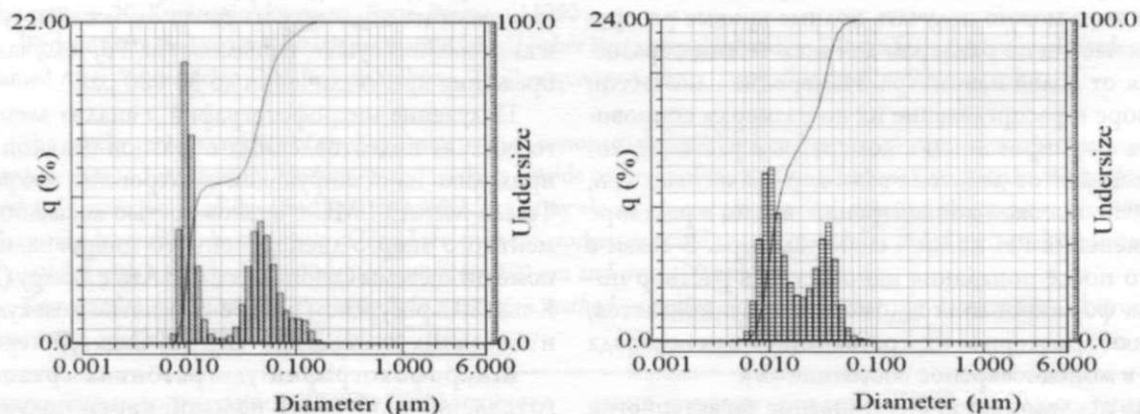


Рис. 2. Средневзвешенная диаграмма логнормального распределения частиц по размерам в образцах плазмы крови работающих группы обследования (А) и группы сравнения (В)

Таблица 1

Результаты исследования плазмы крови работающих группы обследования методом ДРС

Номер пробы	Средний размер, нм	Процентное содержание сигнала по интенсивности в диапазонах, ограниченных гидродинамическими диаметрами наночастиц, нм				Максимумы сигнала по интенсивности, нм			Медиана, нм
		0-30	31-60	61-100	>100	Пик 1	Пик 2	Пик 3	
1	33,4	49,434	45,405	4,599	0,562	29,5	-	-	29,6
2	27,8	63,894	33,026	3,080	-	17,1	44,3	-	21,8
3	28,0	60,951	26,427	10,904	1,712	10,0	44,3	-	13,0
4	24,6	61,880	37,860	0,260	-	13,1	15,0	-	15,2
5	30,4	58,949	27,349	23,702	-	13,1	58,1	-	19,6
6	36,8	52,147	29,853	18,000	-	19,6	66,6	-	27,4
7	24,5	63,344	35,592	1,064	-	13,1	38,7	-	19,3
8	48,8	38,707	26,791	29,500	5,002	25,7	87,3	-	40,0
9	43,0	47,598	22,792	22,765	6,845	15,0	66,6	-	33,3
10	44,1	46,507	22,359	30,534	0,600	22,5	76,2	-	35,3
11	33,8	48,701	40,472	3,966	6,864	10,0	50,7	-	22,0
12	26,0	63,182	33,172	3,646	-	13,1	44,3	-	17,3
13	84,0	0,234	44,773	18,515	36,478	44,3	131,2	-	65,6
14	24,1	65,697	32,914	1,389	-	-	13,1	-	14,7
15	22,4	68,899	30,962	0,139	-	-	13,1	-	13,4
16	54,0	40,778	19,832	26,090	13,300	13,3	17,1	-	47,0
17	34,3	57,654	25,880	16,113	0,353	0,4	19,6	-	24,2
18	38,3	46,549	36,001	17,210	0,240	0,2	22,5	-	32,1
19	27,7	61,669	35,118	3,213	-	-	15,0	-	18,9
20	38,4	51,877	26,649	21,244	0,230	0,2	22,5	-	28,7
21	18,6	75,133	24,654	0,213	-	-	11,1	-	11,2
22	39,0	53,131	23,512	21,270	2,087	2,1	17,1	-	27,0
Среднее	35,55	53,50	30,97	12,61	6,19	14,57	41,64	-	26,21

Таблица 2

Результаты исследования дисперсных характеристик плазмы крови работающих группы сравнения методом ДРС (n=17)

Номер пробы	Средний размер, нм	Процентное содержание сигнала по интенсивности, в диапазонах, ограниченных гидродинамическими диаметрами наночастиц, нм				Максимумы сигнала по интенсивности, нм			Медиана, нм
		0-30	31-60	61-100	>100	Пик 1	Пик 2	Пик 3	
1	20,8	74,061	25,581	0,358	-	11,4	38,7	-	14,9
2	22,7	63,488	36,031	0,481	-	10	11,4	44,3	11,7
3	26,1	59,792	38,61	1,598	-	13,1	50,7	-	16,6
4	31,9	55,760	36,837	7,376	0,027	19,6	58,1	-	26,9
5	21,8	64,348	34,661	0,991	-	10,0	38,7	87,3	12,9
6	30,9	56,605	36,693	6,712	-	19,6	44,3	-	26,3
7	21,7	71,570	28,267	0,0163	-	13,1	44,3	-	14,8
8	19,2	74,214	25,776	0,010	-	11,4	38,7	-	12,7
9	14,2	100,00	-	-	-	8,7	33,8	-	9,3
10	22,3	71,686	28,301	0,013	-	13,1	38,7	-	17,6
11	17,4	73,862	26,138	-	-	8,7	38,7	-	9,8
12	16,5	81,519	18,481	-	-	11,4	38,7	-	11,2
13	16,5	82,976	17,024	-	-	10,0	33,8	-	11,0
14	18,9	78,276	21,724	-	-	11,4	38,7	-	13,8
15	25,5	62,367	36,825	0,808	-	15,0	38,7	-	20,6
16	23,6	61,995	37,724	0,281	-	11,4	38,7	-	18,4
17	15,7	83,209	16,791	-	-	10,0	33,8	-	10,6
Среднее	20,3	73,041	26,269	0,69	-	11,4	38,7	-	14,1

тенсивности в диапазонах 61–100 нм и более 100 нм, а также увеличении положения максимумов по интенсивности на логарифмической шкале размеров.

Выполненные исследования позволяют предположить, что высокий процент содержания наночастиц в биосредах (кровь) обследованных рабочих на территориях с низкой антропогенной нагрузкой в диапазоне 10–30 нм обусловлен присутствием в плазме крови белков, липопротеидов и других биологических молекул. Для проверки гипотезы с помощью визуализации использовали методы сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ).

Методом СЭМ оценивали поверхность клеток крови и прилегающей к ней области, а также элементный состав. С помощью приставки для энерго-дисперсионного рентгеновского микроанализа проанализирован элементный состав клеток и частиц на их поверхности, обнаружены элементы кислород (до 48 вес.%), кремний (до 32 вес.%), титан, калий, натрий, алюминий, цинк.

На микрофотографиях ПЭМ образцов цельной крови работающего из группы сравнения мы выделили две разные по электронной плотности области исследования — клетки (рис. 3, 1) и плазма крови (рис. 3, 2).

Изображение плазмы крови получено как структура в виде сетки из овальных более контрастных центров (1) и менее контрастных волокон (2) (рис. 4). Размер контрастных зерен составил 50–70 нм, реже 80 нм, волокна имеют размер в среднем 20×200 нм. Между описанными элементами прослеживается нерегулярное отсутствие связанных с остальными элементами, так называемые «ячейки», которые могут быть объяснены кристаллизацией белков альбумина или глобулина. Размеры «ячеек» находятся в диапазоне от 200 до 500 нм.

По результатам исследований клетки были представлены эритроцитами, лимфоцитами, тромбоцита-

ми. Размеры клеток, измеренные по крайним точкам, составляли в длину от 3,47 до 8 мкм, в ширину от 1,1 до 3,17 мкм. Без контрастирования тяжелыми металлами мембрана клеток видна нечетко, вместе с тем, на поверхности клеток отчетливо видны контрастные объекты круглой и овальной формы размером 20–40 нм, заключенные в белую оболочку. Полученные размеры довольно сильно отличаются от размеров мембранных белков, например, белка полосы 3 (7,5 нм), возможно, это внеклеточные везикулы, имеющие мембранную оболочку.

Таким образом, исследование характеристик частиц нанометрового диапазона в биосредах рабочих в условиях промышленной экспозиции должно иметь комплексный характер. Применение при исследованиях наночастиц в биологической матрице крови комбинации методов сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии, энерго-дисперсионного анализа, динамического рассеяния света обеспечивает изучение наличия антропогенных наночастиц, дисперсных характеристик — размеров, формы частиц, элементного состава, локализации, агломерации, вторичного взаимодействия с компонентами крови.

Для выполнения массовых скрининговых исследований биологических образцов рабочих в условиях промышленной экспозиции мы рекомендуем использовать метод динамического рассеяния света. Для сравнения результатов необходимо выбрать и предварительно обследовать группу сравнения с однородными дисперсными характеристиками биологической среды.

В результате экспериментальных исследований дисперсных характеристик плазмы крови группы наблюдения для исследования методами электронной микроскопии и локального элементного анализа выбирают образцы, отличающиеся от группы сравнения по результатам исследования методом ДРС.

В процессе визуализации методом ПЭМ оценивают наличие в биосреде наночастиц, их форму, размер, описывают однородность клеток и плазмы крови или при-

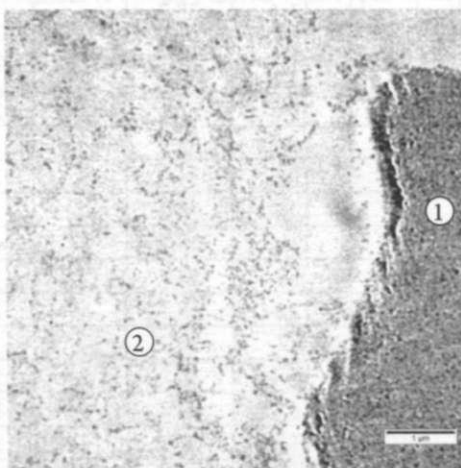


Рис. 3. Микрофотография ПЭМ образца цельной крови работающего из группы сравнения 1 — эритроцит, 2 — плазма крови

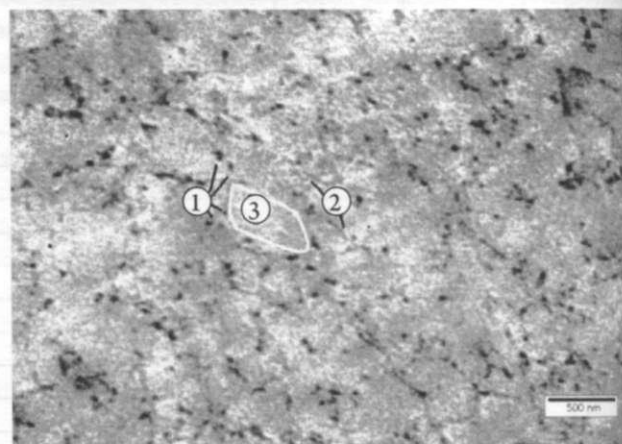


Рис. 4. Микрофотография ПЭМ образца цельной крови (плазма) работающего из группы сравнения, 1 — компактные объекты плазмы, 2 — вытянутые объекты плазмы, 3 — «ячейка» плазмы, область без объектов

знаки взаимодействия матричных компонентов крови с наночастицами. С помощью приставки для энергодисперсионного рентгеновского микроанализа или анализа по спектрам характеристических потерь энергии электронов может быть проанализирован элементный состав клеток и частиц на их поверхности или внутри.

Выводы. 1. Исследования дисперсных характеристик плазмы крови группы обследования работающих, подвергавшихся экспонированию наночастицами на рабочем месте, и группы сравнения методом динамического рассеяния света позволило установить различие определяемых характеристик (медиана, средний размер частиц, процентное содержание сигнала по интенсивности, в диапазонах, ограниченных гидродинамическими диаметрами наночастиц в нм). 2. Измерение дисперсных характеристик плазмы крови группы сравнения методом динамического рассеяния света позволило установить, что в исследуемых образцах присутствуют частицы с преобладанием гидродинамических диаметров наночастиц от 1 до 30 нм и от 30 до 60 нм, вероятно, обусловленные присутствием белков, липопротеидов и других биологических молекул естественного происхождения. 3. При измерении дисперсных характеристик плазмы крови работающих, подверженных воздействию наноматериалов, установлено повышенное процентное содержание частиц с гидродинамическим диаметром в диапазоне 60–100 нм и больше 100 нм. 4. Плазма крови работающих, подвергшихся экспонированию наночастицами на рабочем месте по результатам визуализации методом сканирующей электронной микроскопии характеризовалась сложным дисперсным составом: содержала частицы разной природы, формы и организованные скопления мелких (11–100 нм) и более крупных (136–298 нм) частиц округлой формы. 5. Для доказательства антропогенного происхождения встречающихся частиц в плазме крови необходимо проводить элементный анализ данных объектов методом энергодисперсионного рентгеновского микроанализа. Полученные данные по исследованию дисперсных характеристик плазмы крови методом динамического рассеяния света необходимо сопоставлять с клиническими и биохимическими показателями обследуемых групп.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES pp. 9,10)

1. Багров Д.В., Голубев С.С., Кудеяров Ю.А., и др. // Метрология. — 2012. — № 10. — С. 42–53.
2. Нанотехнологии и экология: риски, нормативно-правовое регулирование и правление / М. Халл, Д. Боумен; пер. с англ. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 344 с.
3. Онищенко Г.Г. // Гиг. и сан. — 2011. — № 2. — С. 4–9.
4. Привалова Л.И., Сутункова М.П. и др. // Мед. труда и пром. экология. — 2012. — № 11. — С. 42–46.
5. Рукавишников В.С., Соседова Л.М. // Мед. труда и пром. экология. — 2013. — № 3. — С. 1–6.
6. Третьяков Ю.Д. // Экология человека. — 2011. — № 1. — С. 98–107.
7. Уланова Т.С., Антипова М.В., Забирова М.И., Волкова М.В. // Анализ риска здоровью. — 2015. — № 1. — С. 77–81.

8. Фатхутдинова Л.М., Халиуллин Т.О., Залылов Р.Р. // Казанский мед. журнал. — 2009. — Т. 90, № 4. — С. 578–584.

REFERENCES

1. Bagrov D.V., Golubev S.S., Kudayarov Yu.A., et al. // Metrologiya. — 2012. — 10. — P. 42–53 (in Russian).
2. Khall M., Boumen D. Nanotechnologies and ecology: risks, rules and regulations and management. Translated from English. — Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2013. — 344 p. (in Russian).
3. Onishchenko G.G. // Gig. i san. — 2011. — 2. — P. 4–9 (in Russian).
4. Privalova L.I., Sutunkova M.P. et al. // Industr. med. — 2012. — 11. — P. 42–46 (in Russian).
5. Rukavishnikov V.S., Sosedova L.M. // Industr. med. — 2013. — 3. — P. 1–6 (in Russian).
6. Tret'yakov Yu.D. // Ekologiya cheloveka. — 2011. — 1. — P. 98–107 (in Russian).
7. Ulanova T.S., Antip'eva M.V., Zabirowa M.I., Volkova M.V. // Analiz riska zdorov'yu. — 2015. — 1. — P. 77–81 (in Russian).
8. Fatkhutdinova L.M., Khaliullin T.O., Zalyalov R.R. // Kazanskiy med. zhurnal. — 2009. — V. 90. — 4. — P. 578–584 (in Russian).
9. Berne B.J., Pecora R. Dynamic Light Scattering with Applications to Chemistry, Biology and Physics. Willey-Interscience. — N.Y., 1976.
10. Vromen J., McCane B. Red Blood Cell Segmentation from SEM Images Available at: <http://www.cs.otago.ac.nz/staffpriv/mccane/publications/BloodSegmentation.pdf>.

Поступила 22.06.2015

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Уланова Татьяна Сергеевна (Ulanova T.S.);
зав. отд. хим.-аналитич. методов иссл. ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»; профессор кафедры охраны окружающей среды ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», д-р биол. наук. E-mail: ulanova@fcrisk.ru.
- Злобина Анастасия Витальевна (Zlobina A.V.);
зав. лаб. методов анализа наноматериалов и мелкодисперсных частиц.
- Якушева Екатерина Андреевна (Yakusheva E.A.);
химик лаб. методов анализа наноматериалов и мелкодисперсных частиц.
- Антипова Марина Владимировна (Antip'eva M. V.);
ст. науч. сотр. лаб. методов анализа наноматериалов и мелкодисперсных частиц ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»; доцент кафедры ботаники, генетики, физиологии растений и биотехнологий.
- Забирова Марина Игоревна (Zabirowa M.I.);
инж.-иссл. лаб. методов анализа наноматериалов и мелкодисперсных частиц.