

приятия, непосредственно связанные с экологическим состоянием данной территории, с уменьшением отрицательного воздействия антропогенных факторов МО на окружающую среду и здоровье населения;

– реализовать стратегию охраны окружающей среды в регионе посредством приоритетной концентрации ресурсов для решения первоочередных задач по улучшению экологической обстановки, сохранению благоприятной окружающей среды в целях сохранения здоровья населения МО.

В результате реализации предусмотренных Программой мероприятий создается гибкая система, регламентирующая хозяйственную деятельность на территории муниципальных образований. Созданная система мониторинга окружающей среды позволяет принимать как оперативные, так и долговременные меры по обеспечению экологической безопасности территории. В результате снижения неблагоприятного воздействия загрязнения объектов окружающей среды на здоровье населения уменьшаются социально — экономические потери, связанные с ущербом здоровью. Для реализации экологических программ МО в полном объеме необходимо проведение мероприятий по модернизации и техническому перевооружению как предприятий, так и лечебно-профилактических учреждений, по реализации муниципальных целевых программ, общегородских профилактических мероприятий и мероприятий по реабилитации здоровья населения.

## Заключение

Отмечены неблагоприятные тенденции ухудшения состояния здоровья населения об-

следованных МО Уральского региона — неблагоприятная медико-демографическая обстановка, высокая смертность, особенно трудоспособного населения, высокие показатели осложнений беременности и родов, заболеваемости детей, рост заболеваемости детей и подростков, рост онкологической заболеваемости. Проведенная оценка риска и анализ расчетных уровней индивидуального риска показали, что атмосферный воздух является ведущим объектом окружающей среды, с которым связана наибольшая часть рисков для здоровья. Разработанные на основании проведенных исследований и реализуемые в рамках Экологической программы технологические, организационные и санитарно-гигиенические меры позволят достичь улучшения состояния здоровья населения, проживающего на экологически неблагоприятных территориях Уральского региона.

## Литература

1. Щербо А. П., редактор. Окружающая среда и здоровье: подходы к оценке риска. СПб.: МАПО, 2002.
2. Селезнева Е. А., Кузьмин С. А., Никонов Б. И. и др. Реабилитация здоровья населения, проживающего на экологически неблагоприятных территориях Свердловской области. Гигиена и санитария. 2007; 3: 21-5.
3. Дерягина С. Е., Астафьева О. В., Струкова М. Н., Струкова Л. В. Экологический менеджмент на предприятии. Екатеринбург: УрО РАН, 2007.
4. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004.
5. Рахманин Ю. А., Новиков С. М., Шашина Т. А. Современные направления методологии оценки риска. Гигиена и санитария. 2006; 3: 4-8.
6. Рахманин Ю. А., Онищенко Г. Г., редакторы. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду — М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002.

# Применение биомониторинга в системе социально-гигиенического мониторинга для оценки токсической нагрузки населения свердловской области

О. Л. Малых

Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Свердловской области, г. Екатеринбург

## Резюме

*В Свердловской области, начиная с 1996 г., проводится биологический мониторинг для оценки популяционной или групповой экспозиции населения в рамках поперечных эколого-эпидемиологических исследований или сравнительных оценок риска. На этапе гигиенической диагностики он применяется для выбора групп детей, подлежащих профилактике в связи с экологически обусловленными нарушениями здоровья и для оценки риска пренаталь-*

О. Л. Малых — к. м. н., начальник отдела социально-гигиенического мониторинга Управления Роспотребнадзора по Свердловской обл.

ной токсической экспозиции беременных женщин и новорожденных. Важно использование групповых показателей биомониторинга для оценки эффективности определенной технологии реабилитации здоровья.

**Ключевые слова:** биомониторинг, токсическая экспозиция, гигиеническая диагностика, экологически обусловленные состояния.

## Введение

Для Свердловской области, как и для многих других промышленных регионов России, характерно загрязнение различными токсичными металлами и некоторыми другими экотоксикантами практических всех компонентов среды обитания (воздуха, воды, почвы, пищи) при существенных различиях биодоступности и кинетики поступления в организм. Это придает особое значение косвенной оценке суммарной дозы, поступающей в него разными путями, с помощью определения содержания вещества (или его метаболитов) во внутренней среде организма или в выделениях. Показатели, выявляемые при биомониторинге, часто называют биологическими маркерами (биомаркерами). В 155-м выпуске документов «Environmental Health Criteria» (IPCS, 1993) Международной Программы по химической безопасности, названном «Биомаркеры и оценка риска: концепции и принципы», используется следующее определение, первоначально предложенное в 1987 г. Национальной Академией Наук США: «Биологический маркер экспозиции — это экзогенное вещество, или его метаболит, или продукт взаимодействия между ксенобиотическим агентом и какой-либо молекулой-мишенью или клеткой-мишенью, которые измеряются в отдельной части (compartment) организма».

Однако тогда, когда речь идет о токсичных металлах, наиболее часто используемым биомаркером экспозиции является измеряемое содержание химического элемента без уточнения его соединения и превращений в процессе взаимодействия с организмом.

**Цель** настоящего исследования: провести биологический мониторинг для популяционной оценки содержания металлов в биосредах и индивидуальной интоксикации на этапе гигиенической диагностики и оценки риска для здоровья населения.

**Основные задачи, решаемые нами с помощью биомониторинга:**

1. Сравнительная оценка экспозиции детского населения к токсичным металлам в разных городах или зонах.

2. Выбор групп детей с предполагаемой экологически обусловленной патологией для последующего проведения клинической диагностики и реабилитации здоровья.

**Примечание.** В статье обобщены результаты исследований, проводившихся совместно с проф. Б. А. Кацнельсоном, проф. Л. И. Приваловой, к. м. н. В. Б. Гурвичем, С. В. Гнездиловой, Г. В. Матюхиной и др.

3. Диагностика экологически обусловленного заболевания в системе реабилитации здоровья населения.

4. Оценка риска пренатальной токсической экспозиции по данным содержания металлов в крови беременных женщин и в пуповинной крови.

5. Использование показателей биомониторинга в качестве одного из критериев эффективности проведенных реабилитационных мероприятий (как биологической профилактики, так и лечения).

Биомониторинг имеет свои источники возможной неопределенности данных, которую можно значительно снизить правильной его организацией. Для повышения надежности сравнительных популяционных оценок экспозиции к вредным веществам особое значение имеет целенаправленное формирование групп (с учетом пола, возраста, профессиональной характеристики, условий питания) и унификация условий их обследования (с учетом всех факторов, от которых может зависеть результат — например, время взятия проб мочи, место взятия и длина проб волос). Развиваемая нами система биомониторинга строится с соблюдением этих требований. Важнейшее значение имеет выбор адекватного субстрата для биомониторинга экспозиции. Уровень содержания токсичного элемента в крови, как правило, наиболее информативен, однако для группового и, тем более, для широкого скринингового биомониторинга, предпочтение должно быть отдано неинвазивным методам. С учетом ряда соображений (включая равномерность распределения вещества, обеспечивающей репрезентативность отбираемой пробы, и возможность объяснения получаемых данных с точки зрения закономерностей токсикокинетики) нами, как и большинством исследователей, используется для исследований два основных субстрата биомониторинга: кровь и моча.

## Материалы и методы исследования

Биомониторинг содержания свинца в крови проводился среди детей дошкольного возраста (3-7 лет), посещающих образовательные учреждения, расположенные на различном расстоянии от промышленных предприятий. За

период с 1996-2000 годы обследовано 1085 детей из городов Красноуральск, Кушва, Кировград, Первоуральск, Екатеринбург. Проведение биомониторинга для оценки эффективности реабилитационных мероприятий проведено в г. Красноуральске с 1996 по 2001 годы, обследовано 523 ребенка. С 2003-2007 годы на 10 экологически неблагополучных территориях обследовано 7068 детей на этапе скрининг-диагностики экологически обусловленной патологии, у 4353 детей проведена оценка эффективности курса реабилитации. В табл. 1 представлены города, объекты исследования и определяемые токсичные вещества в биосредах у детей на этапах гигиенической диагностики, выбора групп детей и в ходе реализации реабилитационных мероприятий. Оценка свинца в венозной, пуловинной крови проведена у 616 беременных женщин из г. Первоуральска, Ревды, Екатеринбурга и с 2006 г. проведена

оценка эффективности биопрофилактических курсов у беременных женщин.

Работа по биомониторингу выполнялась в Аккредитованном испытательном центре. АТ-ТЕСТАТ «Системы» №ГЭСН. RU. ЦОА. 069 от 27.06.2003 г. зарегистрирован в Госреестре № РОСС RU. 0001.0510116 от 27 июня 2003 г.

Посуда для отбора проб крови и мочи предварительно оценивалась на загрязнение токсичными металлами в соответствии с инструкцией по тестированию посуды, разработанной в лаборатории контроля химических факторов центра ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области». Определение металлов, в том числе свинца, проводилось в венозной и капиллярной крови, моче в разные годы исследования. Проведение биомониторинга в соответствии с Пособием для врачей «Организация и проведение оценки содержания токсичных элементов в биологических материалах»

Таблица 1. Биологический мониторинг на этапе гигиенической диагностики и реабилитации детского населения (объекты исследования и определяемые элементы)

Город	Объект исследований	Определяемые элементы
Екатеринбург	Моча (скрининг)	Pb Cu As
	Кровь (до и после реабилитации)	Pb Cu As
Первоуральск	Моча (скрининг)	Pb Cu As Cr
	Кровь (до и после реабилитации)	Pb Cu As Cr
Ревда	Моча (скрининг)	Pb Cu As Cr
	Кровь (до и после реабилитации)	Pb Cu As Cr
Красноуральск	Моча (скрининг)	Pb Cu As Cd
	Кровь (до и после реабилитации)	Pb Cu As Cd
Серов	Моча (скрининг)	Pb Cr Ni Mn
	Кровь (до и после реабилитации)	Pb Cr Ni Mn
Кировград	Моча (скрининг)	Pb Cu As Cd
	Кровь (до и после реабилитации)	Pb Cu As Cd
Верхняя Пышма	Моча (скрининг)	Pb Cu As Se
	Кровь (до и после реабилитации)	Pb Cu As Se
Нижний Тагил	Моча (скрининг)	Pb Mn Cd Cr
	Кровь (до и после реабилитации)	Pb Mn Cd Cr
	Моча (до и после реабилитации)	бенз(а)пирен, фенол
Каменск-Уральский	Моча (скрининг)	Pb As Al
	Кровь (до и после реабилитации)	Pb As Al
	Моча (до и после реабилитации)	бенз(а)пирен
Красноуральск	Моча (скрининг)	Pb As Al
	Кровь (до и после реабилитации)	Pb As Al
	Моча (до и после реабилитации)	бенз(а)пирен

Таблица 2. Результаты биомониторинга содержания свинца (PbB) в крови у детей в ряде городов Свердловской области

Город	Год, кол-во обследованных детей	% детей с концентрацией PbB > 10 мкг/дл	Среднее геометрическое PbB ± s.e. (мкг/дл)
Красноуральск	1996, 107 детей	64,5	11,8±0,5
	1997, 250 детей	59,5	11,2±0,2
Кировград	2000, 135 детей	60,7	10,8±0,4
Первоуральск	1999, 339 детей	25,9	7,4±0,2
Кушва	2000, 54 ребенка	22,2	7,5±1,08
Екатеринбург	1997, 659 детей	9,1	6,9±0,8

Рисунок 1. Средняя концентрация металлов в моче у детей на объединенном массиве данных по 10 городам Свердловской области в динамике за период 2006-2007 гг., мг/дм<sup>3</sup>

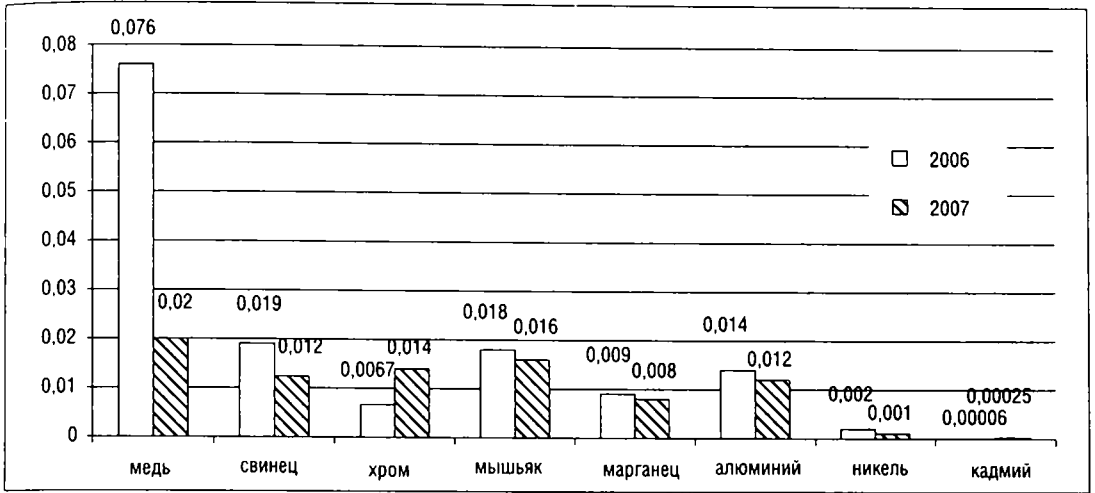
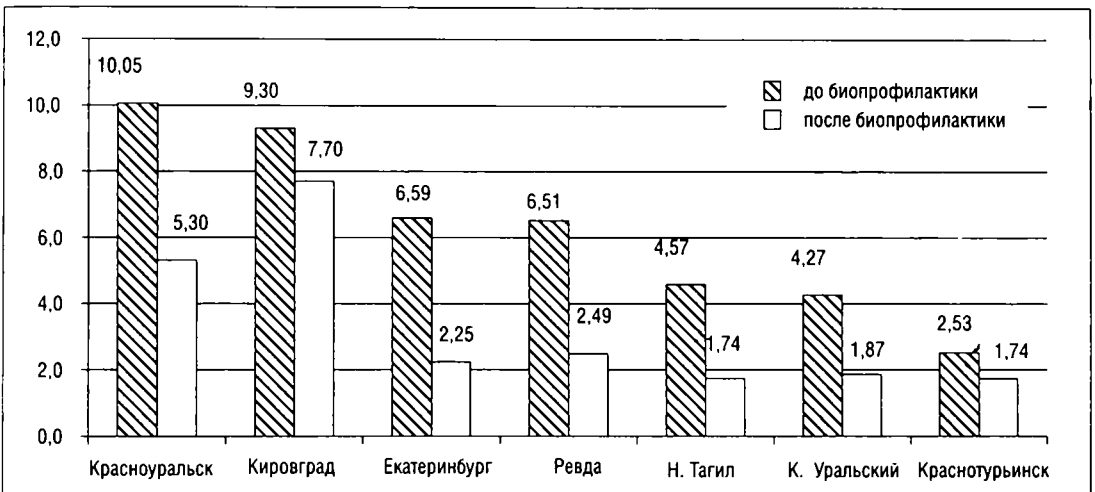


Рисунок 2. Концентрация свинца в венозной крови у беременных женщин до и после курса профилактики по ряду городов Свердловской области, мкг/дл



лах», утверждено зам. председателя секции «Гигиена» УС МЗ и СР РФ Устюшиным Б. В. протокол №6 от 15.12.2004 г. При оценке свинца в капиллярной крови использовался электрохимический метод тест системы Blood Test Kit на приборе Lead Care согласно рекомендациям CDC (ESA, Inc., Chelmsford, MA) [1-2].

### Результаты исследования

Сопоставление популяционных или групповых показателей биомониторинга, полученных в ходе реализации первой задачи исследования, на одной и той же территории или на одном и том же предприятии за длительные периоды времени, используется как один из критериев для оценки последствий изменения экологической ситуации или условий труда, в

том числе, в связи с реализацией программ управления рисками. Поскольку в этих случаях за прошедший период, который нередко измеряется годами, в персональном составе, возрасте и других существенных признаках исходно обследованной группы (в особенности, детской) могут произойти изменения, делающие указанное сопоставление некорректным, наиболее правильно подбирать для каждого срока биомониторинга новую группу, совпадающую с исходной по наиболее важным характеристикам.

Биомониторинг свинцовой экспозиции детского населения дошкольного возраста путем определения концентрации свинца в крови детей, проводился в разные годы в Екатеринбурге, а также в 4 городах Свердловской об-

Таблица 3. Результаты биомониторинга свинцовой экспозиции детей дошкольного возраста в Красноуральске

Год и число обследованных детей	Процент детей с PbB>10 мкг/дл	Среднее геометрическое PbB, мкг/дл
До реализации реабилитационной программы		
1996 г. (107 детей)	64,5	11,8±0,5
1997 г. (250 детей)	59,5	11,2±0,2
После реализации программы в 1998-1999 гг.		
2000 г. (175 детей)	25,9	7,4±0,3
2001 г. (201 ребенок)	14,4	6,2±0,2

ласти, находящихся на разном расстоянии от медеплавильных предприятий, выбросы которых содержат этот металл [3]. Было найдено, что в целом высокий процент обследованных детей имеет концентрации выше так называемого уровня озабоченности (10 мкг/дл), свидетельствующего о высокой вероятности задержки психологического развития и некоторых других нарушений. Средние концентрации по «металлургическим» городам были от 7,5 до 11 мкг/дл, а в Екатеринбурге (в 1997 году) — 6,9 мкг/дл (табл. 2). Эти уровни могут быть оценены как высокие. Для сравнения можно привести общенациональный результат по американским детям той же возрастной категории — около 3 мкг/дл. Было найдено, что в целом высокий процент обследованных детей имеет концентрации выше, так называемого уровня озабоченности (10 мкг/дл), свидетельствующего о высокой вероятности задержки психологического развития и других нарушений.

В результате решения второй задачи исследования на этапе гигиенической диагностики при выборе групп повышенного риска используются как популяционные (эколого-гигиенические), так и индивидуальные критерии; к числу последних относится и токсическая нагрузка организма, оцениваемая по показателям биомониторинга. Основным эколого-гигиеническим критерием является проживание ребенка в городе с существенным техногенным загрязнением среды обитания. Проживание ребенка на такой территории позволяет предполагать, что выявленные у него отклонения в состоянии здоровья могут быть эффектом токсического воздействия загрязнителей среды обитания. К числу критериев для выбора детей относится наличие патологии, развитие которой может зависеть от факторов окружающей среды, в частности, бронхообструктивных состояний, аллергодерматозов, часто и длительно протекающих простудных заболеваний и т.д.

Биомониторинг токсической нагрузки у таких детей проводится с определением концентрации металлов, которые являются приоритетными загрязнителями среды обитания в дан-

ном городе, в утренней пробе мочи. По результатам биомониторинга список детей ранжируется в порядке убывания концентрации каждого металла (то есть ранговое место тем ниже, чем выше эта концентрация). Затем для каждого ребенка рассчитывается сумма ранговых мест по всей комбинации металлов, и окончательно проводится ранжирование. Дети с высокой суммарной нагрузкой отбираются, как подлежащие реабилитации в первую очередь, поскольку именно у них экологическая обусловленность рассматриваемой патологии наиболее вероятна. Вместе с тем, учитывается ранг по содержанию в моче металлов, наиболее опасных и приоритетных для данной территории, а также тяжесть клинических проявлений заболевания. Концентрации металлов в моче у детей, обследованных в 2006-2007 гг., представлены на рис. 1. Из числа обследованных 7068 детей, проживающих в 10 экологически неблагополучных территориях области, сформирована группа детей с экологически обусловленной патологией и высокой токсической нагрузкой, которая составила 4353 человек, или 61,6%, все они впоследствии прошли курсы реабилитации и лечения на базе лечебно-профилактических учреждений области.

В результате решения третьей задачи исследования показано применение биологического мониторинга как одного из критериев постановки диагноза эколого-обусловленного заболевания. Оценивается суммарная токсическая нагрузка по содержанию металлов в моче и крови у ребенка. В системе реабилитации здоровья населения, проживающего на экологически неблагополучных территориях в Свердловской области, на этапе клинико-лабораторной диагностики и лечения экологически обусловленных нарушений здоровья детям из групп риска проводится курс реабилитационных мероприятий. Однако основная неопределенность гигиенической и клинической оценки результатов биомониторинга связана с отсутствием по большинству металлов надежных литературных данных о пределах физиологических показателей концентраций в крови и в моче для тех, которые в малых дозах являются эссенциаль-

ными биомикроэлементами, и о концентрациях, которые могут рассматриваться как вредные. В связи с этим нами проводятся работы по разработке фоновых уровней содержания в моче детей ряда токсичных металлов, приоритетных для промышленных городов области.

В данном исследовании в ходе решения четвертой задачи представлены результаты использования биомониторинга для оценки риска пренатальной токсической экспозиции по содержанию металлов, в частности свинца в крови беременных женщин и в пуповинной крови. Свинец не является физиологическим микроэлементом по литературным данным и различные концентрации его в крови даже на уровне 2-2,5 мкг/дл небезвредны. Учитывая то, что в период внутриутробного формирования и перинатального развития организма чувствительность к токсическим воздействиям несомненно выше, условно принято в качестве границы повышенного риска для обследованной когорты новорожденных концентрация свинца в пуповинной крови  $>1,0$  мкг/дл [4].

В трех городах области: Екатеринбурге, Первоуральске и Ревде, — относящихся к наиболее техногенно загрязненным, были сформированы когорты беременных женщин, которые прослеживались до родов и отбиралась пуповинная кровь для оценки содержания токсичных металлов. Средняя концентрация и процент проб содержания свинца в пуповинной крови выше 1 мкг/дл составили в г. Ревда 4,72 мкг/дл и 86% проб пуповинной крови соответственно, в г. Первоуральске — 2,16 мкг/дл и 46,4% соответственно и в г. Екатеринбурге — 1,06 мкг/дл и 37,4 % соответственно. Показано, что средняя концентрация свинца в крови у беременных женщин и процент проб выше 1 мкг/дл зависят от близости зоны проживания к основному промышленному источнику эмиссии этого токсичного металла в атмосферу и снижаются по мере удаленности территории от источника загрязнения. Так, в г. Ревда источником эмиссий свинца является Среднеуральский медеплавильный завод, расположенный в городе, свинцовая нагрузка у беременных женщин отмечалась высокой по сравнению с г. Екатеринбургом, где показатели снижались.

В результате реализации пятой задачи исследования использовались групповые показатели биомониторинга для оценки эффективности биологической профилактики экологически обусловленных нарушений. Критерием этой эффективности является разность показателей, измеренных перед и после проведения соответствующего комплекса реабилитационных мероприятий (рис. 2). В качестве примера эффективности реализации профилактических ме-

роприятий для беременных женщин из групп риска, которые получали биопротективные комплексы, направленные на снижение токсической нагрузки и повышение устойчивости организма к ней, показано снижение концентраций свинца по городам и средний статистический показатель снижения составил 41%.

На примере г.Красноуральска, где с 1996 года проводится биологический мониторинг токсической свинцовой нагрузки у детей и оценка основных путей поступления свинца в организм, была разработана система малозатратных профилактических мероприятий, направленных на ограничение поступления свинца в организм детей, коррекцию рациона питания и рекомендации, направленные на повышение устойчивости организма к токсическому действию свинца. Интегральным показателем эффективности всего комплекса внедренных мероприятий является снижение концентрации свинца в крови детей г.Красноуральска в течение 3-х лет с  $11,8 \pm 0,5$  до  $6,2 \pm 0,2$  мкг/дл,  $p < 0,001$  и процента детей с превышением «уровня озабоченности» с 64,5% до 14,4% (табл. 3).

## Заключение

В проведенном исследовании показаны результаты применения биологического мониторинга содержания токсичных веществ в биосредах у детей, беременных женщин, проживающих в экологически неблагоприятных территориях Свердловской области для решения задач сравнительных популяционных оценок, индивидуальных токсических нагрузок. Биологический мониторинг применяется для выбора групп повышенного риска и постановки диагноза экологически обусловленного нарушения здоровья у детей, проживающих на экологически неблагоприятных территориях Свердловской области. Важно использование групповых показателей биомониторинга для оценки эффективности реабилитационных мероприятий и биологической профилактики экологически обусловленных нарушений.

## Литература

1. Analytical methods for blood lead measurements. 49 th National Meeting of the American Association for Clinical Chemistry Workshop 210. G.: Wisconsin state laboratory of hygiene. — Atlanta, GA, July 21, 1997.
2. Analytical methods for blood lead measurements. Atlanta, 1997.
3. Привалова Л. И., Кацнельсон Б. А., Кузьмин С. В. и др. «Экологическая эпидемиология: принципы, методы, применение». Екатеринбург: ЕМНЦ ПОЗРП, 2003. 276 с.
4. PCS (International Programme on Chemical Safety) Environmental Health Criteria 155: «Biomarkers and risk assessment: concepts and principles». Geneva: WHO, 1993. 82p.
5. Environmental Health Criteria 165: Inorganic Lead. Geneva: WHO, 1995. 300p.