

М. Д. Уфимцева, С. А. Банарь

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ¹

Введение. Роль особенностей геохимических условий природной среды (уровень концентраций химических элементов и их соотношение) как экологического фактора, обуславливающего возникновение биогеохимических эндемий у живых организмов, включая человека, была оценена в учении А. П. Виноградова о биогеохимических провинциях [1–3]. Им, в частности, были раскрыты причины происхождения уральной болезни в Забайкалье, распространения зоба и так называемой «болезни обработки злаков» [4–7]. Дальнейшее изучение нарушений обмена веществ и появление биогеохимических эндемий у растений, животных и человека в естественных биогеохимических провинциях получили широкое развитие в трудах многих ученых СССР [8–11 и др.]. Возникшее благодаря им научное направление, сформулированное В. В. Ковальским как геохимическая экология, ставило своей целью вскрыть механизм реакций организмов на избыток (или недостаток) микроэлементов (МЭ) в природной среде и выявить причинные связи между ними и геохимическими факторами на основе работ, проводимых на суборганизменном уровне (органы, ткани, клетка) [12, 13]. Результаты проведенных исследований обобщены В. В. Ковальским в монографии «Геохимическая экология» [14] и последующих его работах [15–18], а также изложены в многочисленных публикациях других специалистов, включая материалы Всесоюзных тематических конференций «Биологическая роль микроэлементов в сельском хозяйстве и медицине».

Таким образом, в предвоенные годы и до конца 70-х, исключая военные годы, была заложена фундаментальная основа концепции эколого-геохимической обусловленности эндемий у растений, животных и человека в связи с избытком или недостатком МЭ, что позволило в значительной степени раскрыть адаптивные возможности и механизмы реакций живых организмов на разных уровнях их организации.

Глобальная урбанизация привела к созданию экологической среды с высокими концентрациями химических веществ в атмосферном воздухе, почвах, водах, биоте. В настоящее время известно около 10 млн химических соединений, из которых 70 тыс. внесены в медицинский регистр как потенциально токсичные и около 1 тыс. как высокотоксичные вещества. Следовательно, создалась реальная угроза экологического неблагополучия для здоровья населения промышленно-городских агломераций. Это вызвало необходимость объективной оценки современного экологического состояния окружающей среды (ОС) урбанизированных территорий, особенно крупных городов с развитой промышленно-транспортной инфраструктурой, и территорий с горнодобывающей и горно-перерабатывающей промышленностью.

Одним из эффективных методов определения геохимических техногенных аномалий с высоким содержанием загрязняющих веществ как зон риска для здоровья населения является ландшафтно-геохимический. Он основан на теоретических положени-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования России (грант №1'-10-15).

© М. Д. Уфимцева, С. А. Банарь, 2003.

ях Б. Б. Полынова [19] и дальнейшее развитие применительно к техногенно нарушенным территориям получил в трудах В. В. Добровольского [20, 21], М. А. Глазовской [22], Н. С. Касимова [23] и других ученых.

Необходимо отметить также проникновение интеграционных идей географии и биогеохимии в медицину, что привело к оформлению направления географической патологии [24, 25], или микроэлементологии, изучающей различные группы микроэлементозов у человека, в том числе техногенные, связанные с избытком определенных МЭ.

Проблема гигиены ОС привлекла широкий круг медиков. Были разработаны основы гигиенического нормирования, установлены количественные зависимости изменения состояния здоровья населения под влиянием различных факторов среды [26]. Накопленный материал позволил выявить уровень риска возникновения негативных изменений в организме человека под воздействием загрязнения атмосферного воздуха [27]. Было выявлено, что в атмосфере 125 городов России предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ превышены в 5–10 раз [28]. Сдвиги в функциональном состоянии организма человека (снижение жизненной емкости легких и др.) отмечаются уже при содержании в атмосферном воздухе загрязняющих веществ, равном 1,5–2 ПДК, минимальный порог атмосферного загрязнения, при котором наступают существенные изменения в заболеваемости населения, составляет 5 ПДК [29]. Экопатогенные воздействия обусловили появление новых, не известных ранее заболеваний: химической астмы, итаи-итаи, болезни Минамата, синдрома общей утомляемости [30]. Атмосферный путь поступления токсичных веществ в организм человека является ведущим, так как в течение суток человек потребляет примерно 15 кг воздуха, 2,5 кг воды и около 1,5 кг пищи, кроме того, при ингаляции химические элементы поглощаются организмом наиболее интенсивно. Так, Pb, поступающий с воздухом, абсорбируется кровью примерно на 60%, с водой — на 10%, а с пищей — на 5%. Загрязнением атмосферы обусловлено до 30% общих заболеваний населения промышленных центров [31]. Высокое содержание загрязняющих веществ в ОС воздействует и через пищевую цепь на иммунитет особей или популяций. Первенство по степени опасности для человека принадлежит таким классам веществ, как тяжелые металлы (ТМ), хлорированные углеводороды, нитраты, нитриты и нитросоединения, асбест, пестициды [32]. Осознание актуальности проблемы взаимосвязи здоровья населения с состоянием окружающей среды нашло выражение в деятельности Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и изданных ею ряда нормативных документах, в регулярных международных конференциях «Metal ions in biology and medicine». В этих материалах показаны биологическая активность и участие МЭ во многих процессах жизнедеятельности организмов, отражены клинические аспекты действия токсических концентраций металлов и другие вопросы [33].

Рассмотренные направления в исследовании проблемы ОС — здоровье взаимно дополняют друг друга. Медицинский (санитарно-гигиенический) аспект представляется более узко специализированным. Экогеохимический подход, основанный на выявлении закономерностей миграции МЭ по всей системе биогеохимической пищевой цепи, является фундаментальным методом, так как дает возможность определить территории экологического неблагополучия для здоровья населения и прогнозировать качество ОС при контролируемых нормативах техногенной нагрузки.

Методологическое обоснование исследований. Управление качеством ОС в интересах сохранения здоровья населения требует методологического обоснования исследований и методической разработки четких критериев определения реальной нагрузки многообразных факторов ОС на человека. Очевидно, что наряду с едиными критериями, действующими на федеральном уровне, должны быть и региональные для различных территорий. Также и внутри регионов наблюдаются существенные различия в состоянии антропогенно-техногенно измененной среды. Особенно это касается городов-

мегаполисов, техногенное загрязнение которых носит мозаичный характер, что обусловлено сложностью ландшафтно-городской структуры, мощностью источников загрязнения, розой ветров и другими факторами. Поэтому техногенная нагрузка в разных районах одного и того же города даже при очаговой загрязнении может различаться на один-два порядка и более [34]. Безусловно, при мозаичном загрязнении пространственная неоднородность его усугубляется. В таких случаях необходимы высокочувствительные и экспрессные методы оценки современного экологического состояния ОС и ее мониторинга. Таким требованиям удовлетворяет развиваемая нами концепция интегральной фитоиндикации, рассматривающей городскую растительность как функциональный компонент урбоэкоосистем [35, 36]. Принципы концепции основываются, с одной стороны, на универсальных закономерностях, составляющих фундамент биогеохимии и биологии в их приложении к проблемам современной экологии: однотипности химических связей в организме и вне его, зависимости биологических эффектов от химического строения и физико-химических свойств веществ, универсальности физиологических реакций организмов в ответ на химическое воздействие (адаптация, гомеостаз, общие и избирательные механизмы биологического поглощения МЭ); с другой — на основных положениях и законах «экологии популяций»: законе толерантности организмов, на распределении вещества и энергии по пищевым цепям (пирамиды потока вещества и энергии) и др. Детерминирующим фактором концепции является феномен химико-биологического взаимодействия (среда — организм), определяющий возникновение физиологических сдвигов на суборганизменном уровне, когда они уже четко фиксируются на организменном и надорганизменном уровнях комплексом физиономических (морфологических) признаков. Это отвечает фундаментальным положениям В. И. Вернадского [37] и В. В. Ковальского [38].

Таким образом, суть экофитоиндикационной концепции оценки здоровья населения заключается в том, что изменение соотношений химических элементов регионального биологического круговорота под влиянием техногенеза служит критерием для прогнозирования сдвигов популяционного здоровья населения. Очевидно, создаются объективные условия для выявления ранних реакций организма человека на стадии предпатологии (до клинического проявления болезни). Основные положения данной концепции сводятся к следующему:

1) все живые организмы связаны не только своим происхождением в процессе эволюции, но и экологически единой биогеохимической цепью питания. Это определяет возможности исследований различных патологических новообразований, возникающих у человека (например, онкологических) на примере аналогичных новообразований у растений, ибо пороки и эндемии у растений и человека, как показано Э. И. Слепяном [39], на начальных этапах развития протекают однотипно;

2) токсикологическое воздействие на растения оказывают более низкие концентрации химических элементов, чем на человека. Для экспертных оценок качества жизни растения являются более удобным объектом, чем животные и человек, так как реакции растений под воздействием геохимических факторов легче охарактеризовать. Физиономические индикаторные признаки городских растений могут служить основой комплексного мониторинга «среда — здоровье населения». Выявление специфики реакций растений, адекватно отражающих загрязнение атмосферного воздуха и других компонентов урбоэкоосистем, позволяет в конечном итоге определить фитоиндикационные критерии для прогнозирования возможных сдвигов в состоянии популяционного здоровья населения;

3) объективизация причинно-следственных связей в системе среда — фитоиндикаторы — здоровье населения должна основываться на корреляционной зависимости между сопряженными параметрами фито- и антропогеохимических исследований на элементном уровне по зонам экологической напряженности.

Следовательно, в отличие от ландшафтно-геохимического экофитоиндикационный метод оценки ОС носит биоцентрический аспект, являясь интегральной мерой ее состояния. Им учитываются реакции городских растений на фитогеохимическом (с учетом синергизма и антагонизма действия ТМ), физиономическом (визуально определяемые морфологические признаки), фитооптическом (по особенностям отражательной способности городских растений) и фитоценоотическом уровнях. На основе интегральной ответной реакции городской растительности осуществляется экологическое районирование (зонирование) территории с выделением зон экологического риска [40, 41]. Оценка заболеваемости населения, проведенная в Василеостровском районе Санкт-Петербурга по установленным зонам экологической напряженности, показала хорошую сопряженность результатов [42]. Следовательно, комплекс получаемых взаимокоррелирующих индикаторных признаков позволяет при экологической оценке ОС использовать само состояние урбоэкоосистемы в качестве интегрального фитоиндикатора, отражающего воздействие комплексного геохимического фактора на живые организмы [43]. Концепция интегральной фитоиндикации включает экспрессный вариант, позволяющий предварительно оценить современное экологическое состояние ОС на основе количественного соотношения биологических реакций: хлороза, некроза, паразитарных патологий, уменьшения продуктивности (морфологически проявляется в снижении сквозистости кроны деревьев, ее усыхании, суховершинности стволов, мелколистности и других физиономических признаках) [44].

Очевидно, что при интерпретации результатов оценки среда — здоровье необходимо принимать во внимание социально-экономический, генетический и другие факторы.

Методика полевых и камеральных исследований. Программа полевых работ, проводимых в Кировском, Центральном и других районах Санкт-Петербурга в 1994–2002 гг., реализует изложенные выше теоретические положения. Для выявления зависимости здоровья дошкольников от экологического состояния городской среды было использовано несколько оценочных критериев, полученных на основе фактического материала. Экспрессным эокофитоиндикационным методом проведена оценка городской среды по разнообразию и интенсивности биологических реакций зеленых насаждений, произрастающих вблизи детских садов. На этих же эталонных участках отобраны образцы почв и растений для определения уровня концентрации химических элементов в депонирующих компонентах геосистем, что позволяет выявить и охарактеризовать техногенные геохимические аномалии на исследованной территории.

Для установления причинной связи заболеваемости в связи с загрязнением ОС в соответствии с требованиями ВОЗ обязательным является исследование содержания токсикантов в биосубстратах человека. С этой целью проводится многофакторный анализ, включающий сопоставление медико-демографических показателей со степенью превышения ПДК в биосфере и с содержанием ряда химических элементов в биосубстратах [45–47]. В качестве информативного биосубстрата были выбраны волосы детей, посещающих детские сады, расположенные на эталонных участках в соответствующих микрорайонах. Детское население подвержено в меньшей степени миграции и поэтому представляет более объективный индикатор качества городской среды. Микроэлементный состав волос адекватно отражает воздействие ТМ, содержащихся в техногенной среде, на организм человека [48]. Таким образом, системы почвы — растительность — человек рассматривались как сопряженные звенья геохимического круговорота веществ. Изучение микроэлементного состава золы растений позволило определить уровень загрязнения атмосферного воздуха, а концентрации ТМ в биосубстратах детского населения выявить степень воздействия токсичных веществ, содержащихся в атмосферном воздухе, на их здоровье.

Определение концентраций химических элементов в почве выполнялось рентгенофлуоресцентным методом, в пробах растений — количественным спектральным анализом, в волосах — методом атомной абсорбции.

Были использованы также показатели здоровья детского населения, полученные из медицинских форм государственной отчетности: заболеваемость детей по отдельным нозологическим формам и классам болезней, общая заболеваемость, мертворождаемость, заболеваемость новорожденных.

Обсуждение результатов. Санкт-Петербург — важнейший промышленный, научный и культурный центр России, четвертый по населению город Европы и самый северный из крупных городов мира. Для него характерна высокая техногенная нагрузка на ОС. В городе действует около 40 тысяч стационарных источников выброса, из которых лишь 25% имеют систему очистки. По загрязненности городской среды Санкт-Петербург замыкает десятку самых загрязненных городов России [49]. Приоритетными загрязнителями атмосферного воздуха мегаполиса являются автотранспорт и предприятия топливно-энергетического комплекса, металлургии и металлообработки [50]. Наибольшее количество промышленных выбросов с токсичным содержанием ТМ отмечено во Фрунзенском и Кировском районах [51].

Население, проживающее вблизи промышленных предприятий, испытывает повышенную нагрузку вследствие постоянных или периодических выбросов, что сказывается на состоянии его здоровья. Вклад различных факторов, обуславливающих здоровье населения, определяется следующим образом: социальные условия и образ жизни — 49–53%, генетический статус — 18–22%, состояние ОС и природно-климатические условия — 17–20%, здравоохранение — 8–10% [32]. Более тесно связаны с загрязнением ОС следующие медико-географические показатели: частота врожденных пороков развития у детей, распространенность анемий, умственной отсталости, патологий органов дыхания, вторичных иммунодефицитов, частота аллергических патологий и инфекционных заболеваний. В зонах экологической напряженности наблюдается отставание детей в физическом и нервно-психическом развитии. Уже в детском возрасте под влиянием химических мутагенов возможно формирование новообразований [28].

В 90-е годы увеличилась в 4–5 раз заболеваемость новорожденных, в 2–3 раза — детская. Все чаще отмечается задержка развития детей (по данным Минздрава России, в настоящее время в школах обучаются около 80% хронически больных детей). Наиболее чувствительны к загрязнению атмосферного воздуха дети в возрасте от 3 до 6 лет [32]. М. А. Студенкиным и А. Е. Ефимовой выявлены три патологических состояния у детей, обусловленных экологическими факторами: аллергические болезни (атопический дерматит), рецидивирующий бронхит, железодефицитные анемии [52]. По их данным, экологические факторы по показателям относительного риска для здоровья детей занимают 4-е место, уступая наследственным и другим биологическим факторам. Но экологический фактор усиливает действие других причинных факторов, так как загрязнение ОС может стать пусковым механизмом в развитии ряда патологических состояний в определенный период жизни ребенка.

Существует взаимосвязь содержания токсичных веществ в крови, моче, волосах и других тканях человека со степенью их вредного действия на организм. Выявлена зависимость между уровнями концентраций Cd и Pb в волосах школьников и их умственным развитием [31]. Повышенные количества в волосах детей с заболеванием органов дыхания и пищевой аллергией отмечено и по другим элементам. Так, среднее содержание Zn, Cu и Se в группе больных детей соответственно составляет 146,19; 18,815 и 0,68 мг/г по сравнению с 128,8; 11,92 и 0,410 мг/г (при $p = 0,001$) у здоровых детей [53]. Установлено также, что содержание Pb в дентине детей дошкольного возраста, проживающих вблизи аккумуляторного завода в Кировском районе Санкт-Петербурга, в 1,4 раза выше, чем в условно фоновых районах, например Красносельском [54].

Нами выявлено значительное загрязнение почв ТМ. Сопоставление полученных данных по концентрациям Zn, Cu, Ni и Co с величинами ПДК [55] показало, что почвы промышленного района Санкт-Петербурга обогащены Zn и Cu — 2 ПДК, Ni — 1,5 ПДК, Pb — 8 ПДК [56]. Урбаноземы в Центральном районе также характеризуются высоким содержанием ТМ, значительно превышающих ПДК. Как видно из таблицы, функциональные зоны района, отличаясь по величинам суммарного показателя загрязнения почв (ZC), относятся по оценочной шкале опасности загрязнения почв к категории опасных [57].

**Содержание химических элементов в почвах
различного вида использования
в Центральном районе Санкт-Петербурга
(по данным Госсанэпиднадзора Санкт-Петербурга)**

Элементы	Зоны отдыха		Селитебные зоны		Промышленные зоны	
	мг/кг	ПДК	мг/кг	ПДК	мг/кг	ПДК
Никель	30,03	1,5	29,60	1,5	52,59	2,6
Кобальт	8,75	0,2	7,85	0,2	10,06	0,2
Хром	26,44	0,3	36,63	0,4	109,31	1,2
Медь	53,79	1,6	57,84	1,8	139,04	4,2
Цинк	230,05	4,2	473,61	8,6	683,54	12,4
Ртуть	0,34	0,2	0,29	0,1	0,34	0,2
Свинец	95,57	3,0	113,77	3,6	177,46	5,5
Мышьяк	4,35	2,2	3,54	1,8	4,44	2,2
Кадмий	0,54	1,1	0,65	1,3	0,97	1,9
ZC	38,06		54,38		75,14	

Оценка функционального состояния зеленых насаждений Кировского и Центрального районов также свидетельствует о высокой техногенной нагрузке на биоту. У более 50% всех изученных деревьев и кустарников наблюдаются биогеохимические эндемии и паразитарные патологии, являющиеся следствием техногенного прессинга и индицирующие загрязнение воздуха (рис. 1).

Абсолютное количество стволов, выраженное в процентах от общего числа стволов в каждом насаждении, пораженных хлорозом и некрозом, отражает загрязнение атмосферного воздуха в исследуемом районе [58]. В листьях липы отмечены высокие уровни концентраций Pb, Sr, Cr и Ba по сравнению с региональным фоном содержания ТМ в растениях. Накопление ТМ в листьях деревьев, произрастающих в дорожных ландшафтах, происходит интенсивнее, чем в селитебных (рис. 2).

Таким образом, загрязнение городской среды Санкт-Петербурга является экологическим фактором риска, о чем свидетельствует сравнение данных заболеваемости по городу и области (рис. 3). Уровень заболеваемости в Санкт-Петербурге — один из самых высоких в России. Согласно санитарно-эпидемиологическим критериям, почти 2 млн человек проживает в неблагоприятной среде [59]. Следует отметить, что показатели младенческой смертности в Кировском районе снизились в 1998 г., но в 1999 г. снова повысились и достигли значений 1997 г. Заболеваемость болезнями органов дыхания в этом административном районе превышает городской показатель. Анализируя структуру детской заболеваемости по классам болезней в Кировском районе Санкт-Петербурга, можно сделать вывод, что болезни органов дыхания значительно преобладают над остальными (76%), за ними следуют инфекционные заболевания (10%). Загрязнение городской среды, имеющее кумулятивный характер, проявляется в нарастании динамики хронической заболеваемости дошкольников Центрального района по сравнению с городом в целом (рис. 4).

Неравномерная интенсивность загрязнения Центрального и Кировского районов Санкт-Петербурга обуславливает варьирование содержания Pb в волосах детей (x) (рис. 5), которое обнаруживает прямую корреляцию с его концентрацией в почве (y), что выражается уравнением регрессии $y = -8,15x + 191,27$. Это подтверждает, что геохимический фактор является фактором риска для здоровья дошкольников, вызывая заболевания органов дыхания вследствие поступления пыли с токсичным содержанием металлов.

Данные, приведенные на рис. 6, хорошо согласуются с результатами, полученными нами при эколого-геохимическом районировании г. Кишинева, на территории которого были выявлены техногенные аномалии содержания МЭ в почвах и пыли. Количество Pb в волосах детей, проживающих и посещающих детские сады в селитебной, автотранспортной и промышленной функциональных зонах, соответственно составляет 4,3; 6,8 и 6,2 мкг/г, что свидетельствует о существенном вкладе транспортно-промышленных выбросов в загрязнение городской среды [46].

Заключение. Как видно на примере Центрального и Кировского районов Санкт-Петербурга, состояние здоровья детей дошкольного возраста зависит от геохимических особенностей городской среды. Общая детская заболеваемость, заболевание по ряду классов болезней в исследованных районах превышают аналогичные показатели по области и России в целом. Содержание Pb, Cd в волосах детей этой возрастной категории, проживающих в загрязненных микрорайонах, выше, чем у соответствующего контингента на фоновых территориях. Влияние геохимических техногенных аномалий, сформировавшихся в мегаполисе в связи с промышленными и автотранспортными выбросами, на биогеохимический статус человека очевиден. Фитогеохимический критерий

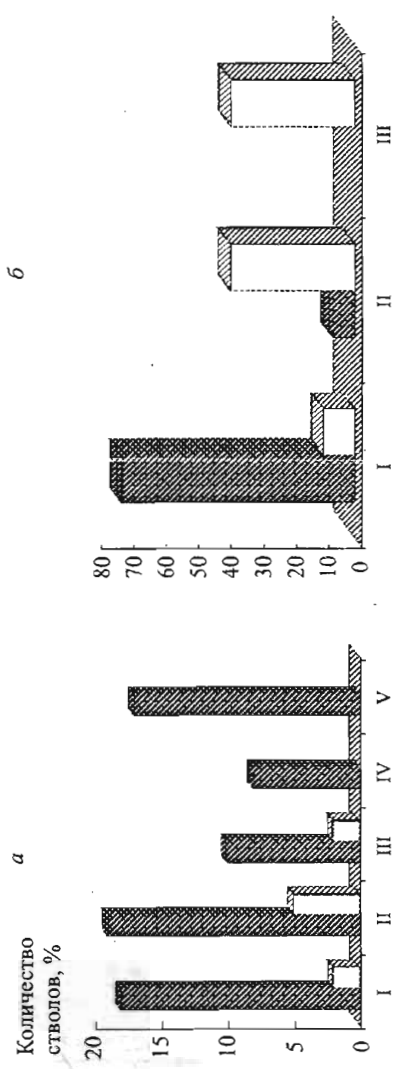


Рис. 1. Общая структура хлороза (1) и некроза (2) листьев по ул. Шпалерной (а) и проспекту Стачек (б).

Содержание
элементов,
мг/кг

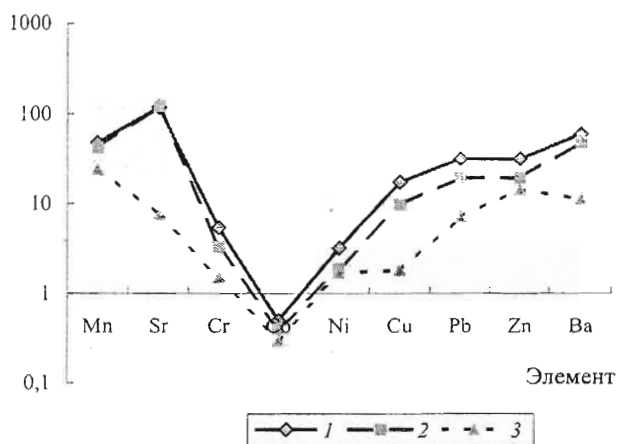


Рис. 2. Содержание химических элементов в листьях липы.
1 — дорожный ландшафт; 2 — селитебный ландшафт; 3 — фон.

Показатель на
1 000 человек

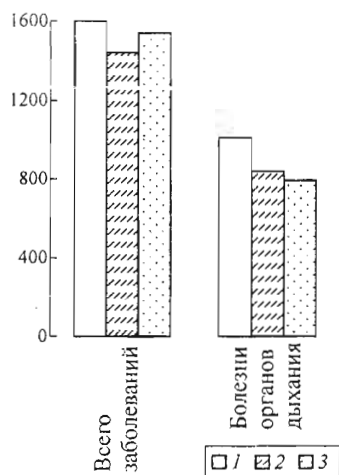


Рис. 3. Заболеваемость дошкольников в Санкт-Петербурге (1), Ленинградской обл. (2) и Российской Федерации (3).

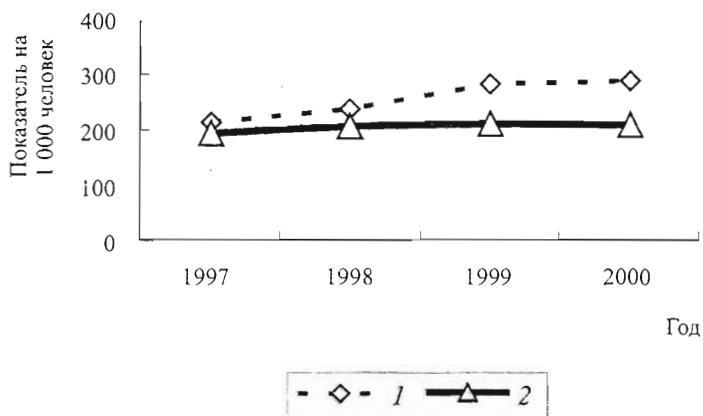


Рис. 4. Динамика хронической заболеваемости дошкольников Центрального района (1) и Санкт-Петербурга (2) (по данным Госсанэпиднадзора Санкт-Петербурга).

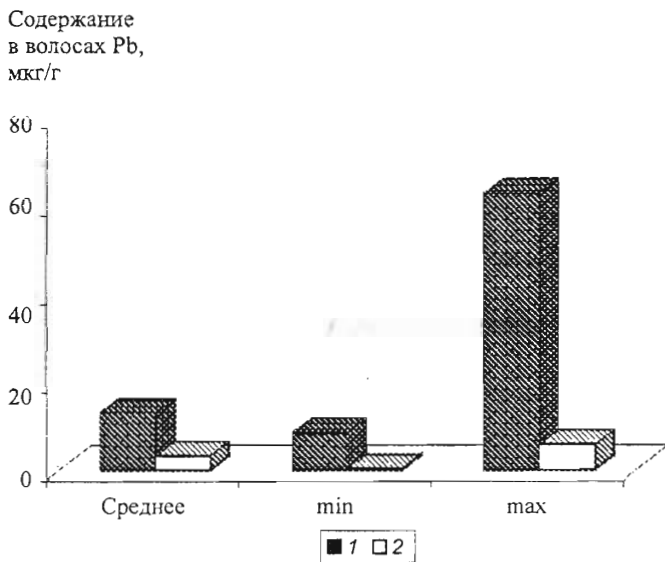


Рис. 5. Содержание Pb в волосах детей, проживающих в Центральном (1) и Кировском (2) районах Санкт-Петербурга.

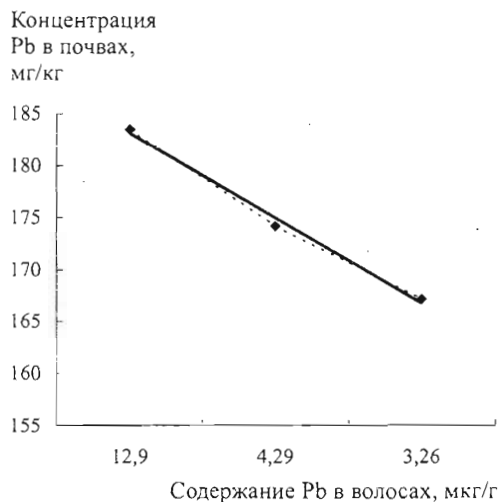


Рис. 6. Зависимость содержания Pb в волосах детей от его концентрации в почве.

экологического риска для здоровья населения как эквивалент токсичности ОС выражается в дефиците биофильных элементов (Mn, Si) и избытке технофильных элементов (Pb, Cr и др.) в элементном составе городских растений по сравнению с фоновыми.

В целях устойчивого социально-экономического развития общества необходим оперативный мониторинг экологического портрета человека (начиная с детского возраста) на основе экспрессного метода фитоиндикации.

Summary

Ufimtseva M. D., Banar S. A. Biochemical criteria in estimation of ecological risk for the health of urban inhabitants.

The problem of correlation between health of urban inhabitants and the environment is considered. The influence of geochemical features of the urban environment on children's health is established.

Литература

1. *Виноградов А. П.* Биогеохимические провинции и эндемии // Докл. АН СССР. 1938. Т. 18, № 4–5.
2. *Виноградов А. П.* Биогеохимические провинции // Труды Юбилейной сессии АН СССР. М., 1949.
3. *Виноградов А. П.* О генезисе биогеохимических провинций // Труды Биогеохим. лаб. АН СССР. 1960. Т. 11. 4. *Виноградов А. П.* Биогеохимические исследования в области распространения урвской болезни // Докл. АН СССР. 1939. Т. 23, № 1. 5. *Виноградов А. П.* Содержание меди в различных почвах // Докл. АН СССР. Нов. сер. 1940. Т. 27, вып. 9. 6. *Виноградов А. П.* Геохимическая обстановка в районе распространения зоба // Изв. АН СССР. Сер. географии и геофизики. 1946. Т. 10. № 4. 7. *Виноградов А. П.* О причинах происхождения урвской эндемии // Труды Биогеохим. лаб. АН СССР. 1949. Т. 9. 8. *Ковальский В. В.* Новые направления и задачи биологической химии сельскохозяйственных животных в связи с изучением биогеохимических провинций // Материалы Юбилейной сессии ВАСХНИЛ. 1917–1957 гг. М., 1957. 9. *Ковальский В. В.* Урвские биогеохимические провинции // Труды биогеохим. лаб. АН СССР. М., 1976. Т. XIV. 10. *Рши М. А.* Биогеохимические провинции Западного Узбекистана: Автореф. докт. дис. Самарканд, 1964. 11. *Кабыш А. А.* Микроэлементы и эндемические болезни животных // Микроэлементы в биологии и их применение в сельском хозяйстве и медицине / Под ред. Б. А. Ягодина. Чебоксары, 1986. Т. 3. 12. *Ковальский В. В.* Геохимическая экология как основа краевой медицины // 1-я Республ. науч. конф. «Микроэлементы в медицине»: Тез. докл. Иванов-Франковск, 1965. 13. *Ковальский В. В.* Геохимическая экология — новое направление в изучении из-

менчивости обмена веществ под влиянием избытка и недостатка микроэлементов // Докл. ВАСХНИЛ. 1967. Т. 11. 14. *Ковальский В. В.* Геохимическая экология. М., 1974. 15. *Ковальский В. В.* Химическая среда, здоровье, болезни // Теория и методика географических исследований экологии человека / Под ред. А. Д. Лебедева. М., 1974. 16. *Ковальский В. В.* Геохимическая экология — основа системы биогеохимического районирования // Биогеохимические циклы в биосфере: Материалы VII пленума СКОПЕ / Под ред. М. А. Глазвской. М., 1976. 17. *Ковальский В. В.* Геохимическая среда и жизнь. М., 1982. 18. *Ковальский В. В.* Геохимическая среда, микроэлементы, реакции организмов // Проблемы геохимической экологии. Труды биогеохим. лаб. АН СССР. Т. 22. М., 1991. 19. *Полынов Б. Б.* Избр. соч. М., 1956. 20. *Добровольский В. В.* Тяжелые металлы: загрязнение окружающей среды и глобальная геохимия // Тяжелые металлы в окружающей среде / Под ред. В. В. Добровольского. М., 1980. 21. *Добровольский В. В.* Основы биогеохимии. М., 1998. 22. *Глазвская М. А.* Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М., 1988. 23. *Касимов Н. С., Батоян В. В., Белякова Т. М.* Эколого-геохимические оценки городов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5: География. 1990. № 3. 24. *Авцын А. П.* Предмет, задачи и методы советской географической патологии // Проблемы географической патологии / Под ред. А. А. Жаворонкова. М., 1964. 25. *Авцын А. П.* Введение в географическую патологию. М., 1972. 26. *Сидоренко Г. И., Кутелов Е. Н.* Методология изучения состояния здоровья населения // Гигиена и санитария. 1998. № 4. 27. *Буштуева К. А., Случанко И. Г.* Методы и критерии здоровья в промышленных условиях. М., 1979. 28. *Вельтищев Ю. Е., Фокеева В. В.* Экология и здоровье детей. Химическая экпатология. М., 1996. 29. *Шандала М. Г., Звонячковский Я. И.* Определение роли отдельных факторов в комплексном влиянии окружающей среды на здоровье населения // Гигиена и санитария. 1981. № 9. 30. *Авцын А. П.* Микроэлементозы человека. М., 1991. 31. *Азаджалян Н. А.* Экология человека. Избр. лекции. М.; Новосибирск, 1997. 32. *Протасов В. Ф.* Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. М., 1999. 33. *Finkelman R. B., Centeno J. A., Selinus O., Skinner C.* Metal ions in environmental health and disease // Trace elements in medicine. Moscow, 2002. Vol. 3. N 2. 34. *Белякова Т. М.* Эколого-геохимические основы оценки состояния окружающей среды // Экологическая геология и рациональное недропользование: Материалы Междунар. конф. СПб., 2000. 35. *Уфимцева М. Д.* Биогеохимическая урбэкология (методологический аспект) // Материалы 2-й Российской школы «Геохимическая экология и биогеохимическое районирование биосферы» (посвящается 70-летию организации Вернадским В. И. биогеохимической лаборатории и 100-летию со дня рождения В. В. Ковальского): Материалы, тезисы, доклады, воспоминания. 25–28.01. 1999 г. М., 1999. 36. *Ufimtseva M. D., Terekhina N. V.* Phitoindicational investigation in the monitoring city's environment (using the example of St.-Petersburg) // Intern. Ecol. congress. 1996. Sept. 22–28. Voronezh, Russia. Proceed. and Abstracts. Section: Science and the environment. Kansas, USA. 1996. 37. *Вернадский В. И.* Проблемы биогеохимии // Труды биогеохим. лаб. М., 1980. Т. XVI. 38. *Ковальский В. В.* Геохимическая среда, микроэлементы, реакции организмов // Труды биогеохим. лаб. 1991. Т. 22. 39. *Слепян Э. И.* Проблемы онкологии и тератологии у растений. Л., 1975. 40. *Ufimtseva M. D., Terekhina N. V.* Albedo of green plantations as diagnostic criterion by ecological estimate of technogenic contamination of city's environment // Annual conference ASPRS-RTI. Tampa, Florida, USA. 1998. March 30–April 3. 41. *Уфимцева М. Д., Терехина Н. В.* Геоэкологические методы исследования урбосистем // Инженерная география. Экология урбанизированных территорий. Докл. IV Междунар. конф. Ярославль. 1999. 42. *Александрова Л. В., Васильев В. Ю., Дмитриев В. В.* и др. Многокритериальная оценка экологического состояния и устойчивости геосистем на основе метода сводных показателей. V. Интегральная оценка экологического состояния урбанизированных территорий // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7: Геология, география. 2000. Вып. 4 (№ 31). 43. *Уфимцева М. Д.* Методологические основы экофитоиндикации // География и природные ресурсы. 2003. № 4. 44. *Уфимцева М. Д., Терехина Н. В.* Экспрессный фитоиндикационный метод оценки экологического состояния городской среды. СПб., 2000. 45. *Ревич Б. А.* Химические элементы в волосах человека как индикатор воздействия загрязнения производственной и окружающей среды // Гигиена и санитария. 1990. № 3. 46. *Мырлян Н. Ф., Матюченко Г. С., Банарь С. А.* К вопросу о накоплении тяжелых металлов в субстратах человека в г. Кишиневе // Изв. Академии наук Республики Молдова. 1991. № 2. 47. *Черняева Т. К.* Содержание тяжелых металлов в волосах детей в промышленном городе // Гигиена и санитария. 1997. № 3. 48. *Ревич Б. А.* Химические элементы в волосах человека как индикатор воздействия загрязнения производственной и окружающей среды // Гигиена и санитария 1990. № 3. 49. *Ратамова М. П.* Оценка степени экологической опасности городов России для здоровья населения // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5: География. 1995. № 3. 50. *Худолей В. В., Зубарев С. В., Дятченко О. Т.* Состояние и прогноз здоровья населения Санкт-Петербурга в изменяющихся экологических условиях. СПб., 1998. 51. *Экологическая обстановка в Санкт-Петербурге и Ленинградской области в 1995 году* / Ред. А. К. Фролов. СПб., 1996. 52. *Студенкин М. А., Ефимова А. Е.* Негативные тенденции экзогенного воздействия // Экология и здоровье детей. Тенденции, факторы риска. М., 1999. № 7. 53. *Piotrowska-Depta M. J., Piotrowska-Jastrzebskaj D. D., Boravska M.* The content of chosen trace elements in hair of children with food allergy // Metals ions in biology and

medicine: Intern. conf. Paris, 2002. 54. *Нечипоренко С. П., Колбасов С. Е., Барышников В. И.* Влияние промышленных загрязнений на содержание контаминанта в биосредах людей. Экологическая безопасность городов. СПб., 1993. 55. *Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях / Пер. с англ. Д. В. Гринчука, Е. П. Янина; Под ред. Ю. Е. Света. М., 1989. 56. *Банарь С. А.* Влияние промышленного загрязнения на зеленые насаждения города // Третья С.-Петерб. ассамблея молодых ученых и специалистов. СПб., 1998. 57. *Сает Ю. Е., Резвч Б. А.* Эколого-геохимические подходы к разработке критериев нормативной оценки состояния городской среды // Изв. РАН. 1988. № 4. 58. *Банарь С. А.* Геохимия городских почв промышленного района Санкт-Петербурга // Всерос. науч. конф. «Экологические и метеорологические проблемы больших городов и промышленных зон». СПб., 1999. 59. *Экологические проблемы Санкт-Петербурга и пути их решения* / Под ред. С. Г. Инге-Вечтомова. СПб., 1993.

Статья поступила в редакцию 15 сентября 2002 г.