

ИНСТИТУТ МИНЕРАЛОГИИ, ГЕОХИМИИ И КРИСТАЛЛОХИМИИ  
РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ  
САРАНСКИЙ ГОРОДСКОЙ ЦЕНТР ГОССАНЭПИДНАДЗОРА  
САРАНСКОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "ЛИСМА"

**ЭКОЛОГО-  
ГЕОХИМИЧЕСКАЯ  
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
г. САРАНСКА**



МОСКВА-1993

УДК 550.84:502.7

Эколого-геохимическая оценка состояния окружающей среды г. Саранска. Э. К. Буренков, Е. П. Янин, С. А. Кижапкин, Л. И. Кашина и др. М.: ИМГРЭ, 1993. - 115 с.

В книге на основе оригинального фактического материала впервые дается комплексный экогеохимический анализ состояния окружающей среды г. Саранска в связи с техногенным загрязнением.

Монография представляет интерес для специалистов в области экологии, гигиены, градостроительства и городского хозяйства.

К о л л е к т и в а в т о р о в :

Э. К. Буренков, Е. П. Янин, С. А. Кижапкин, Л. И. Кашина,  
В. И. Тростина, Ю. Я. Чардина, Т. И. Бурлакова,  
Л. В. Душанина, А. А. Динерман, Г. Ю. Краснов,  
Ю. В. Беляков, Р. М. Величко, Л. М. Агеносов

О т в е т с т в е н н ы й р е д а к т о р :

доктор геол.-минерал. наук Б. А. Колотов

Р е ц е н з е н т :

доктор геол.-минерал. наук В. М. Роговой

С

Институт минералогии, геохимии  
и кристаллохимии редких элементов, 1993 г.

П Р Е Д И С Л О В И Е

Хозяйственная деятельность человека вносит существенные изменения в природные экосистемы. Это приводит к резкому ухудшению экологической обстановки во многих регионах страны, обусловленное прежде всего загрязнением окружающей среды. Проблема загрязнения особенно актуальна для территорий городов, поскольку именно в них наиболее ярко выражены два основных процесса техногенеза - концентрирование огромных масс химических элементов и их рассеивание. Для изучения этих процессов и оценки их последствий очень эффективно применение комплекса эколого-геохимических методов.

В предлагаемой работе приведены результаты эколого-геохимических исследований, выполненных в г. Саранске и его окрестностях в 1989-1990 гг. Они проводились по просьбе Совета Министров Мордовии в связи с предполагаемым чрезвычайно интенсивным загрязнением территории города ртутью, связываемым главным образом с деятельностью светотехнических предприятий ПО "Лисма" (заводы СЭЛЗ и СИС-ЭВС). Каких-либо детальных работ по изучению распределения и концентрирования ртути в различных компонентах городской среды ранее в городе не проводилось.

Саранск (с населением в 360 тыс. человек) является крупнейшим промышленным центром России и обладает хорошо развитой промышленной структурой. Многолетний опыт экогеохимических исследований свидетельствует о том, что в городах, подобных столице Мордовии, экологическая обстановка определяется поступлением в окружающую среду разнообразного комплекса загрязняющих веществ. Поэтому было принято решение об изучении распределения в городской среде не только ртути, но максимально возможного круга поллютантов, прежде всего тяжелых металлов.

Работы выполнялись в рамках договора с ПО "Лисма". Кроме того, в их финансировании принимали долевое участие ПО "Автопромоборудование", ПО "Орбита", ПО "Электровыпрямитель", заводы - автосамосвалов, инструментальный, механический, приборостроительный, "Саранскабель", экскаваторный. Финансирование специализированных исследований, связанных с оценкой загрязнения реки Суры в районе Сурского водозабора и реки Алатырь в районе Ардатовского водозабора, соответственно осуществлялось Саранским ШХХХ и Ардатовским

Все указанные исследования выполнены сотрудниками лаборатории экологической геохимии и ряда других структурных подразделений ИМГРЭ (научный руководитель - член-корр. АЕН РФ Э. К. Буренков, отв.

исполнитель - канд. геол.-минер. наук Е.П.Янин) при участии работников Саранского городского центра госсанэпиднадзора (гл.врач С.А.Кижашкин), Республиканского центра госсанэпиднадзора (гл.специалист Р.М.Величко) и помощи соответствующей службы ПО "Лисма" (зам.гл.инженера Л.М.Агеносов). Успешному выполнению работ способствовала поддержка гл.инженера ПО "Лисма" В.В.Литвишкина, гл.санитарного врача республики А.Ф.Воронцовой, генерального директора ТПО ЖКХ Мордовии К.М.Калинина, директора городских электросетей А.С.Терехина, руководителей ряда других служб города и республики (В.А.Инжеваткин, О.П.Калеткин, Е.М.Кальскова, А.И. Кондратьев, Н.В.Мишуняев, В.А.Рыбкин, Н.В.Уткин).

Предлагаемая вниманию читателей книга - это первая попытка комплексной эколого-геохимической оценки состояния окружающей среды г.Саранска. Авторы надеются, что она послужит дальнейшему более широкому развертыванию экологических исследований в столице Мордовии. Любые отзывы, замечания и предложения будут приняты с благодарностью.

Эколого-геохимическая оценка состояния окружающей среды базируется на данных, получаемых при проведении специализированных геохимических и гигиенических исследований, направленных на установление источников загрязнения, прослеживание путей миграции поллютантов и выявление территорий, где их концентрация становится опасной для живых организмов и нормального функционирования экосистем. Эти исследования включают комплекс полевых, лабораторных и химико-аналитических исследований [9, 10, 12, 27].

Главная задача экогеохимических исследований заключается в выявлении геохимических аномалий, формирующихся в различных компонентах среды, и в оценке их экологической и гигиенической значимости. Появление аномалий связано с источниками воздействия, не являющимися обязательным компонентом данного природного ландшафта. В случае техногенных источников образуются техногенные геохимические аномалии, т.е. участки территории, в пределах которых хотя бы в одном из слагающих их природных тел статистические параметры распределения химических элементов достоверно отличаются от вариации геохимического фона. Фоновое содержание (геохимический фон) - это среднее содержание химических веществ в природных телах по данным изучения их естественного распределения в пределах однородного в ландшафтно-геохимическом отношении участка, расположенного вне зон прямого техногенного воздействия. Обычно различают геохимические ореолы и геохимические потоки рассеяния, которые по сути и являются зонами загрязнения. Как правило, термин геохимический поток рассеяния применяется при описании аномалий в природных водах и воздухе (динамичные среды), а геохимический ореол рассеяния - в почве, растительном покрове и т.п. (депонизирующие среды). По компонентам ландшафта, фиксирующим аномалии, геохимические ореолы и потоки могут быть литохимическими (в почвах, горных породах, донных отложениях), гидрхимическими (в водах), атмосферическими (в воздухе), биогеохимическими (в живых организмах).

Техногенные геохимические аномалии могут быть как моноэлементными, так и включать широкий спектр загрязняющих веществ, среди которых выделяют главные, или приоритетные ингредиенты. Для фиксации зоны неблагоприятного воздействия источников загрязнения часто достаточно изучение типоморфных химических элементов, т.е. тех, которые позволяют судить о состоянии изучаемой системы в целом. Осо-

бенно эффективно использование комплекса тяжелых металлов, которые являются не только опасными поллютантами, но и четко фиксируют уровень и масштабы воздействия многих источников загрязнения.

При экогеохимических исследованиях наряду с изучением отдельных химических элементов проводится анализ распределения геохимических ассоциаций, т.е. групп элементов, обнаруживаемых в изучаемом объекте (компоненте среды) в количествах, отличных от неких нормативных величин (как правило, геохимического фона). Обычно в ассоциацию включают химические элементы (вещества) с коэффициентами концентрации относительно фона, равными и больше 1,5 (нормативная ошибка менее 50%), что позволяет достаточно надежно выделить комплекс аномальных поллютантов. Для этих целей, как правило, исследуют так называемые депонирующие (консервативные) среды, которые, являясь более стабильным компонентом окружающей среды, служат своеобразными аккумуляторами загрязняющих веществ. К таким средам относятся прежде всего почвы и донные отложения, позволяющие по их химическому составу выделить техногенные литохимические потоки и ореолы рассеяния (техногенные аномалии) и оценить качество связанных с ними жизнеобеспечивающих сред - атмосферного воздуха и вод. Изучение депонирующих сред важно само по себе, поскольку они являются составной частью окружающей среды и определяют многие ее экологические особенности. Более того, концентрирующиеся в них поллютанты в зависимости от форм нахождения и при благоприятных условиях способны активно переходить в сопредельные динамичные среды. Поэтому полученный при изучении депонирующих сред материал, давая возможность оценить общий уровень загрязнения, служит основой для проведения более углубленных исследований качества окружающей среды, направленных на экологическую и гигиеническую оценку выявленных техногенных геохимических аномалий. Эти исследования включают наблюдения за составом атмосферного воздуха, воды, растительности, предусматривая не только выявление уровней концентрирования и динамику распределения поллютантов, но и форм их нахождения и интенсивности миграции, а также оценку воздействия на живые организмы.

Оценка результатов геохимических исследований дается в относительных единицах, т.е. при сравнении данных опробования с нормативными параметрами состояния окружающей среды по каждому рассматриваемому показателю (или их сумме). В настоящее время такими параметрами являются гигиенические нормативы и ПДК, которые, однако, разработаны не для всех сред и не для всех ингредиентов. Поэтому при эколого-геохимических исследованиях окружающей среды в качестве нормативных показателей используются разработанные в геохимии

понятия о фоновых и кларковых уровнях содержания химических элементов, варьирующих в зависимости от геолого-минералогических и ландшафтно-геохимических факторов. При этом основным показателем интенсивности техногенного воздействия является коэффициент концентрации химического элемента (Кс), который определяется отношением реального (аномального) содержания поллютанта в конкретном природном теле к его фоновому (глобальному или региональному) уровню, т.е.  $K_c = \frac{C}{C_{\text{ф}}}$ , где С - реальное, а С<sub>ф</sub> - фоновое содержание. Поскольку техногенные аномалии, как правило, имеют полэлементный состав, то для них используется суммарный показатель загрязнения (Σс), который равен сумме Кс химических элементов и характеризует эффект воздействия группы элементов:

$$\Sigma c = \sum_{j=1}^n K_c - (n - 1),$$

где n - число учитываемых элементов.

На основе анализа эфирического материала, полученного при изучении зон загрязнения различных источников воздействия, разработаны ориентировочные шкалы оценки загрязнения воздушной и водной сред [4,5,11]. Как правило, они позволяют путем изучения химического состава депонирующих сред (почва, донные отложения) оценить реальный уровень загрязнения более динамичных сред (воздуха и воды) - (табл.1,2). Естественно, что данные, полученные при изучении депонирующих сред, обязательно должны дополняться результатами непосредственного исследования динамичных сред и биоты.

Таким образом, при интерпретации получаемой при эколого-геохимических исследованиях информации используются не только гигиенические нормативы и ПДК, но и система геохимических показателей, разработанная для оценки состояния окружающей среды на основе экогеохимических исследований.

Эколого-геохимические работы, выполненные в пределах г.Саранска и его окрестностях, включали геохимическое опробование различных компонентов окружающей среды, комплекс лабораторных и химико-аналитических методов, необходимых для обработки и подготовки геохимических проб к анализам, их анализы в полевой и стационарных лабораториях, сбор необходимой фоновой информации и интерпретацию полученных данных, осуществляемые в соответствии с разработанными требованиями [7,11,15,22]. Кроме того, использованы материалы, полученные городским Центром госсанэпиднадзора как в рамках регулярного контроля, так и результаты наблюдений, выполненные специально для данной работы.

Т а б л и ц а 1. Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения ( $Z_c$ )

Категория загрязнения почв	Величина $Z_c$	Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения
Допустимая	Менее 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Умеренно опасная	16-32	Увеличение общей заболеваемости
Опасная	32-128	Увеличение общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистой системы
Чрезвычайно опасная	Более 128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушения репродуктивной функции женщин (увеличение токсикоза беременности, числа преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофий новорожденных)

Приведено по: "Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими элементами". М.; 1987 - утверждены зам.гл.Государственного санитарного врача СССР 13 марта 1987 г., № 4266 - 87

Т а б л и ц а 2. Ориентировочная шкала оценки загрязнения водных систем [II]

Категория загрязнения	Величина $Z_c$ токсичных элементов в донных отложениях	Уровни содержания токсичных элементов в воде
Слабое	Менее 10	Слабоповышенные в сравнении с фоном
Среднее	10-30	Повышенные в сравнении с фоном, эпизодическое превышение ПДК
Сильное	30-100	Во много раз выше фона, стабильное превышение отдельными элементами уровней ПДК
Очень сильное	Более 100	Практически постоянное присутствие многих элементов в концентрациях выше ПДК

Примечание. Здесь и далее в таблицах  $Z_c$  - суммарный показатель загрязнения.

Для оценки интенсивности загрязнения атмосферы и наземных экосистем было проведено геохимическое картирование почвенного покрова города в масштабе 1:25 000 (опробовался верхний 0-10 см слой) и изучение глубины проникновения (вертикального распределения химических элементов) загрязнения по профилю почв (15 шурфов глубиной до 130-150 см с интервалом отбора проб через 5 см). В общей сложности было отобрано около 1600 проб почв. В основных районах города выполнены динамические наблюдения за микроэлементным составом приземного слоя атмосферного воздуха - более 130 проб (периоды наблюдения - от 8 до 22 дней подряд; осуществлялся отбор среднесуточной пробы атмосферного воздуха на установке типа ЭА-1А на фильтр АФА-ХА; скорость аспирации - 20 л/мин). При газортушной съемке территории города, выполненной в летний и осенний периоды 1990 г., использовался анализатор АГП-1 (произведено около 500 газортушных замеров). Кроме того, равномерно по территории города отобрано 50 проб городской растительности (ветви, листья и кора березы).

Для оценки состояния водных систем и степени их преобразования техногенными процессами было проведено изучение вещественного состава осадков городских сточных вод (20 осредненных проб, отобранных на городских очистных сооружениях из иловых карт); выполнена литохимическая съемка донных отложений реки Инсар и ее притоков, которая на участке от с.Зыково до с. Кр.Дол осуществлялась с шагом опробования в 250 м. На участке реки от с. Кр.Дол до устья Инсара отбор проб донных отложений производился "кустовым" способом (створы опробования: с.Шувалово, с.Анненково, п.Ромоданово, с. Пушкино, с.Лада, с.Баево, ~ 1000 м выше устья и непосредственно в устье р.Инсар, в р.Алатырь ниже устья р.Инсар). В районе каждого "куста" (в зависимости от характера русла и илов) отбиралось от 6 до 10 проб. Для песчаных отложений отбирался верхний (20-30 см) слой; илы опробовались на всю мощность (от 40-60 см до 150 см и более). Всего отобрано более 340 проб донных отложений. При биогеохимической съемке водотоков было отобрано 60 проб растений и 20 проб эфирито-взвеси.

Комплекс по исследованию состояния поверхностных вод включал: 1). Гидрохимические динамические наблюдения за составом воды в ближней зоне влияния г.Саранска (створы наблюдения располагались: с.Зыково, ст.Посоп, устье руч.Никитинский, 1 км ниже устья руч.Никитинский, непосредственно выше городских очистных сооружений, в створе очистных сооружений, с. Кр.Дол) и в дальней зоне влияния (створы располагались: с.Анненково, п.Ромоданово, с.Пушкино, с.Лада, с.Баево). Наблюдения выполнялись в летний период 1989 г. цик-

лами по 8 дней с ежедневным отбором водных проб на каждом створе. 2). Гидрохимическое прослеживание состава воды рек Инсар и Алатырь в летний период 1989 г. на участке от с.Кр.Сельцо до г.Ардатов с отбором проб воды на 20 створах (с учетом времени добегания воды). 3). Разовые гидрохимические опробования (летом 1989-1990 гг.) р. Инсар в отдельных точках, а также его притоков - рек Левжа, Саранка, Тавла, Пензятка, а также Инсар в зимний и весенний периоды 1990 г. 4). Отбор при гидрохимических динамических наблюдениях на выше перечисленных 12 створах так называемой сепарационной взвеси, получаемой путем отстаивания проб воды объемом в 120-160 л в течение суток. После отстаивания вода сливалась, а получаемый таким способом осадок (взвесь) использовался для исследований. Во всех случаях пробы воды фильтровались на специальной установке через мембранные фильтры с диаметром отверстий 0,45 мкм для разделения растворенных и взвешенных форм миграции химических элементов. Таким образом, после предварительной обработки и подготовки водных проб получали: а) фильтрат (растворенные формы химических элементов), который либо консервировался или концентрировался для последующего анализа в стационарных лабораториях, либо исследовался на определенные компоненты непосредственно после отбора в полевой лаборатории (более 150 проб); б) фильтры со взвесью (взвешенные формы химических элементов), которые исследовались в стационарных лабораториях (более 100 проб); в) отстой (сепарационная взвесь), также исследуемый в стационарных лабораториях (12 объединенных проб).

Для оценки качества питьевых вод (100 проб) было организовано опробование водопроводной сети города, (равномерно по всей его территории), выполненное в 1989 и 1990 г. (летние периоды). Кроме того, опробовалась вода из колодцев, используемых для бытовых целей и расположенных в южной части города, а также из колодцев и неглубоких скважин в сельских населенных пунктах, расположенных на пойме р.Инсар ниже г.Саранска (40 проб).

Для оценки интенсивности накопления пестицидов в сельскохозяйственной продукции, выращиваемой на пойме р.Инсар, был выполнен небольшой объем агрогеохимических работ - отбор верхнего слоя почв (40 проб) и некоторых видов сельхозпродукции (25 проб).

Исследования по оценке потенциального воздействия загрязнения на жителей города включали: I). Работы, связанные с изучением накопления химических элементов в биосубстратах населения. В качестве диагностических биосубстратов использовались волосы (исследовались ртуть и ряд других металлов) и моча (ртуть). Микроэлементный состав волос был изучен у рабочих ПО "Лисма", а также у детского населения (школы и детские сады, расположенные в различных районах

города). Ртуть в моче исследовалась только у детей (детские сады, расположенные в основных районах города). Всего отобрано 150 проб мочи и 650 проб волос. 2). Работы, связанные с изучением состояния здоровья населения в зависимости от геохимической структуры территории города. Для этих целей был организован сбор информации о состоянии здоровья детского населения в возрасте от 0 до 6,5 лет в поликлиниках, обслуживающих основные районы города (центр, зона влияния СЭЛЗ, зона влияния ТЭЦ-2 и северной промышленности, "Светотехника", "Октябрьский", "Заречный"). Всего проанализировано более 600 "историй развития ребенка". Кроме того, использовались обобщенные учетные медицинские сведения, отражающие состояние здоровья населения на отдельных территориях города, а также результаты исследований, выполненных городским Центром государственного надзора.

Для получения сравнительного материала комплекс специальных исследований проведен на территориях, не подверженных прямому техногенному воздействию. Эти участки располагались, как правило, выше города (в верховьях р.Инсар) и соответствовали соответствующим выше названным разделам работ.

Все геохимические пробы исследовались широким комплексом аналитических методов как в полевой лаборатории, так и (после соответствующей подготовки) в стационарных лабораториях ГОСЭС, ИМПРЭ и его экспедиций [9, 12, 16]. Химико-аналитические исследования были организованы так, что позволяли для значительной части изучаемых компонентов осуществлять контроль (т.е. одновременное исследование одних и тех же образцов разными методами и в разных лабораториях).

## 2. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ И НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ ГОРОДА

Техногенные геохимические преобразования атмосферы и загрязнение наземных экосистем городов обусловлены распространением промышленных, энергетических и транспортных выбросов. Это приводит к формированию в промышленных городах обширных атмосферных, литохимических и биогеохимических техногенных аномалий (потоков и ореолов рассеяния) широкой группы пестицидов [10, 11].

### I. Общая оценка ситуации

В настоящее время в городе Саранске насчитывается около 60 предприятий, осуществляющих выбросы более 60 различных вредных веществ в атмосферу. Общий выброс вредных веществ в воздушный бас-

сейн от стационарных источников в городе оценивается примерно в 42 тыс.т/год, при этом на промышленных предприятиях подвергается очистке примерно 41% выбросов; 27% улавливаемых веществ утилизируется. Расчетный выброс вредных веществ от автотранспорта оценивается в 46 тыс.т/год. Следует особо отметить, что существующий на многих предприятиях неорганизованный выброс вредных веществ практически не учитывается как количественно, так и качественно. По абсолютному объему выбросов стационарными источниками Саранск занимает среднее положение среди других промышленных городов. Однако абсолютное количество выбросов не может достаточно объективно свидетельствовать о степени техногенной нагрузки на территорию города. Для сравнительной оценки необходимо использование относительных показателей, позволяющих более корректно сравнить различные по площади и населению города. Одним из таких показателей может быть количество выбросов, приходящееся на одного жителя в год (табл. 3). Как видим, по данному показателю Саранск "опережает" многие промышленные города (Москва, Киев, Ереван и др.) и не уступает таким как Донецк, Самара, Пермь и др. При этом во многих городах абсолютные объемы выбросов соотносятся с выбросами Саранска. Если предположить, что все выбросы в итоге осаждаются в пределах городской территории, то можно использовать еще один показатель - количество вредных веществ, поступающих в год на единицу площади городской территории (табл.4). Как следует из таблицы, по этому показателю Саранск заметно превосходит гг.Киев и Москва.

По совокупности загрязнения воздушного бассейна приоритетными примесями (т.е. индексу загрязнения атмосферы) г.Саранск в 1991 г. вошел в перечень городов с уровнем загрязнения значительно выше среднего по стране. Он имеет максимальный комплексный показатель загрязнения среди более чем 30 городов Верхне-Волжского региона, при этом фиксируется стабильная тенденция возрастания интенсивности загрязнения воздуха. Так, индекс загрязнения атмосферы равнялся соответственно в 1986 г. - 3,9; в 1987 г. - 9,6; в 1988 г. - 10,7; в 1989 г. - 8,57; в 1990 г. - 17,7; в 1991 г. - 18,1.

По данным статистической отчетности в воздушный бассейн города выбрасывается, как отмечалось, более 60 веществ различных классов опасности, среди которых тяжелые металлы, фтористые соединения, углеводороды, растворители, оксиды азота, серы и др. Например, известно, что в воздушный бассейн центральной части города поступают оксиды азота, различные углеводороды, пары кислот, щелочей, влывент, бутилацетат, спирты этиловый и бутаноловый, аммиак, фтористые соединения, аэрозоли красок и тяжелых металлов, пары ртути, пыль пенициллина, твердые взвешенные вещества. К сожалению, системати-

Т а б л и ц а 3. Сравнительная оценка выброса вредных веществ от стационарных источников в атмосферный воздух в некоторых промышленных городах (кг/год на I жителя)

Более 200	100-200	30-100	до 30
Архангельск, Баку, Барнаул, Волгоград, Грозный, Караганда, Липецк, Рязань, Саратов, Стерлитамак, Тольятти, Уфа, Ярославль	Астрахань, Бишкек, Нижний Новгород, Донецк, Иркутск, Пермь, Самара, Саранск	Алма-Ата, Вильнюс, Гомель, Душанбе, Екатеринбург, Ереван, Кишинев, Минск, Москва, Мурманск, Одесса, Рига, С.-Петербург, Таллинн, Тбилиси, Тверь, Тимень	Ашхабад, Киев, Ташкент

П р и м е ч а н и е. Расчеты выполнены по данным на 1988 г.

ческий контроль осуществляется за очень узким кругом поллютантов. Имеющиеся за последние несколько лет данные свидетельствуют о постоянном либо периодическом присутствии в приземном слое атмосферного воздуха повышенных содержаний (часто выше ПДК) пыли, бензапирена, диоксида азота, оксида углерода, сернистого ангидрида, пыли пенициллина и ряда других.

Таким образом, приводимые данные свидетельствуют о потенциальной чрезвычайно интенсивной техногенной нагрузке на воздушную среду города Саранска, а сам город может быть отнесен к одному из наиболее загрязненных городов страны. Это подтверждают как имеющиеся разрозненные и единичные данные различных городских служб, так и приводимый ниже материал.

## 2. Техногенные геохимические аномалии в почвенном покрове

В соответствие с существующей методикой изучения техногенного преобразования территорий городов в качестве индикатора атмосферного загрязнения используются аномалии химических элементов в почвенном покрове, являющегося средой-депонентом поллютантов и отражающего состояние воздушного бассейна. Как было установлено, при определенных сроках воздействия источников загрязнения концентрация поллютанта в почвогрунтах городов пропорциональна нагрузке

Т а б л и ц а 4. Сравнительная оценка интенсивности техногенной нагрузки на воздушную среду

Город	Общий выброс в атмосферу от стационарных источников, тыс. тонн	Кг/год на I жителя	Грамм/год на I м <sup>2</sup> территории
Киев	70,5	28	90
Москва	311,8	36	318
Саранск	42	124	646
Варшава	187	110	
Братислава	58	142	
Гданьск	69	147	
Краков	596	805	
Прага	133	111	

П р и м е ч а н и е. Расчеты выполнены по данным на 1988 г.

элемента, поступающего на их поверхность при выпадении из атмосферы. Поступление загрязняющих веществ на поверхность почв может быть столь велико, что приводит к заметному возрастанию их содержания до таких уровней, при которых флуктуации фоновых концентраций практически не сказываются, а интенсивность концентрирования отражает степень загрязнения атмосферы [4, 10].

С гигиенических позиций опасность загрязнения почвы химическими веществами определяется уровнем ее возможного отрицательного влияния на контактирующие среды, пищевые продукты и опосредованно на человека, а также на биологическую активность почвы и процессы ее самоочищения. При этом для ряда поллютантов основным критерием гигиенической оценки опасности загрязнения почвы является предельно допустимая концентрация (ПДК) веществ в почве, представляющая собой комплексный показатель безвредного для человека содержания химических веществ в почве [5]. Оценка опасности загрязнения почвы населенных пунктов определяется: 1) эпидемиологической значимостью загрязненной химическими веществами почвы; 2) ролью загрязненной почвы как источника вторичного загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха и при ее непосредственном контакте с человеком; 3) значимостью степени загрязнения почвы в качестве индикатора загрязнения атмосферного воздуха.

Как показали исследования, в загрязненной почве на фоне уменьшения истинных представителей почвенных микробценозов (антагонистов патогенной кишечной микрофлоры) и снижения ее биоактив-

ности отмечается увеличение положительных находок патогенных энтеробактерий и геогельминтов, которые более устойчивы к химическому загрязнению, нежели представители естественных почвенных микробценозов [5]. Оценка неблагоприятных последствий загрязнения почв при их непосредственном воздействии на организм человека важна для случаев геофагии у детей при их играх на загрязненных почвах. Так, при содержании свинца в почве игровых площадок на уровне 500 мг/кг можно ожидать изменений психоневрологического статуса у детей [4, 11]. Оценка уровня химического загрязнения почв как индикаторов неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводится по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и гигиенических исследованиях окружающей среды городов. Такими показателями, как указывалось, являются коэффициент концентрации химического элемента относительно его фонового (т.е. природного, естественного) содержания и суммарный показатель загрязнения [11].

Как отмечалось выше, для выявления пространственной структуры и интенсивности загрязнения территории города химическими элементами в его пределах была проведена площадная геохимическая съемка (в масштабе 1:25 000), базирующаяся на опробовании верхнего слоя почв. На основе полученных данных были составлены карты-схемы загрязнения территории города как отдельными химическими элементами, так и отражающих суммарный эффект воздействия поллютантов (около 40 ингредиентов). По независимым от исполнителей причинам не опробовались промплощадки предприятий города (за исключением промзон заводов СИС-ЭВС и СЭЛЗ). Поэтому, безусловно, выявленные площади наиболее интенсивных аномалий многих элементов в реальности будут более значительными.

В табл.5 приведены данные о структуре загрязнения территории Саранска химическими элементами, являющихся основными поллютантами городской среды. Они прежде всего свидетельствуют о ведущей роли свинца в загрязнении территории города, определяющего во многом качество городской среды. Это обусловлено не только его поступлением от стационарных источников, но и очень интенсивным движением автотранспорта в пределах городской застройки.

Анализ материалов показывает, что практически вся территория города характеризуется аномальными содержаниями свинца в верхнем слое почв. Преобладают территории с содержаниями в почве данного металла в 3-10 раз выше фоновых концентраций; отдельными небольшими по площади "пятнами" встречаются аномалии с уровнями в 30-100 раз выше фона, закономерно приуроченные к территориям заводов СЭЛЗ и СИС-ЭВС, других промзон, а также к наиболее "оживленным" транспортным перекресткам. Более значительные по размерам аномалии с

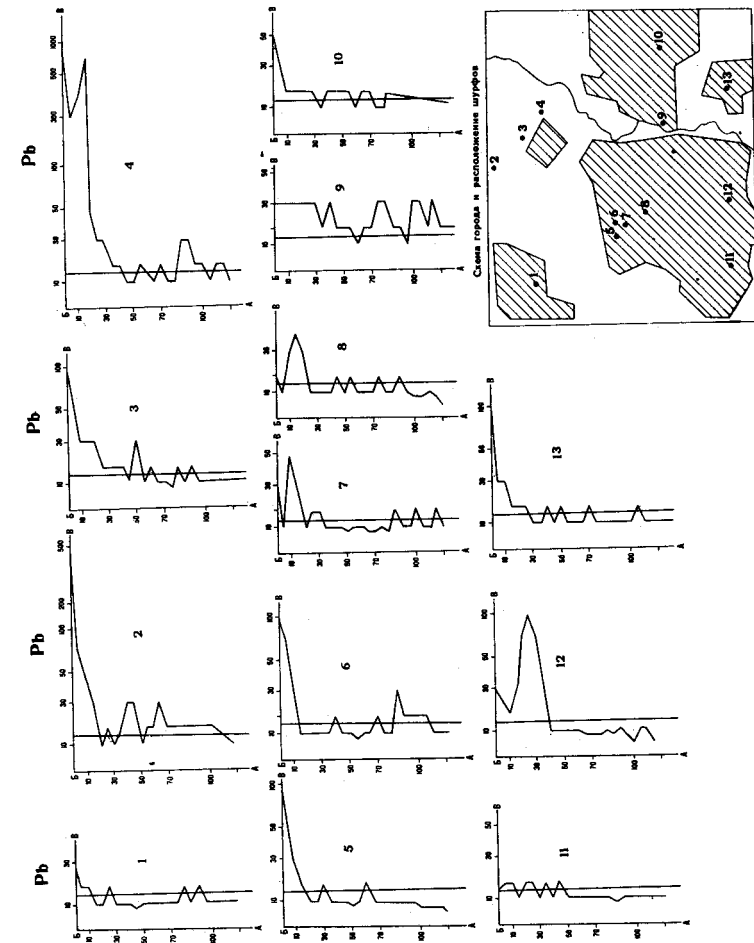


Т а б л и ц а 5. Структура загрязнения территории Саранска некоторыми химическими элементами (в % от общей площади города)

Химический элемент	Коэффициент концентрации относительно фона					
	менее 1,5	1,5-3	3-10	10-30	30-100	более 100
Медь	92,8	6,6	0,5	0,1	-	-
Цинк	52,5	43,3	3,9	0,2	0,1	-
Никель	81,9	17,1	1	-	-	-
Стронций	83	13,8	2,8	0,4	-	-
Молибден	88,6	9,8	1,5	0,3	-	-
Олово	56,2	42,4	1,4	-	-	-
Свинец	23,6	29,9	41,9	4,2	0,4	-
Ртуть	82	9,2	6,9	1,5	0,3	0,1

интенсивность концентрирования свинца от 10 до 30 Кс встречаются в центральной части города и в северной промышленной зоне. Достаточно четко фиксируется "вытянутость" техногенных аномалий вдоль основных транспортных магистралей города (северо-восточное, юго-восточное и северо-западное направления). В какой-то мере это может быть связано и с направлением преобладающих ветров. Более 80% территории города характеризуется уровнями содержания свинца, превышающими существующую ПДК. Характерно, что отмечается многократное превышение допустимых уровней свинца по различным показателям вредности (транслокационному, общесанитарному и даже, в отдельных районах города, миграционному).

Высокая степень техногенного загрязнения территории города свинцом четко фиксируется данными, полученными при изучении особенностей распределения этого металла в профиле городских почв (рис.1), свидетельствующих о чрезвычайно интенсивном и повсеместном накоплении свинца техногенного происхождения в их верхнем слое. Наиболее сильное и стабильное загрязнение свинцом характерно для территорий заводов СЭЛЗ и СИС-ЭВС (шурфы 5,6,7 и 2), а также микрорайона "Северный" (шурфы 3 и 4), что проявляется не только в высоких уровнях металла в верхнем слое почв, но и в глубине его проникновения по профилю почв. Достаточно существенно загрязнен центр города (8) и микрорайон "Заречный" (9,10). Наименьший уровень характерен для жилых районов "Светотехника" (I) и "Октябрьский" (II). Однако необходимо отметить, что существующая в нашей стране ПДК свинца в почвах безусловно нуждается в корректировке, поскольку как и на наш взгляд, так и по мнению многих исследователей сильно за-



Р и с. 1. Распределение свинца в профиле городских почв  
А-Б - глубина, см; Б-В - концентрация, мг/кг.  
Тонкая вертикальная линия - уровень фона

нижена. В частности, в ряде западноевропейских стран ПДК свинца в почвах составляет 100 мг/кг. Естественно, что при таком уровне площади гигиенически опасных аномалий этого металла заметно уменьшаются. В тоже время, в пределах города широко развиты участки, где уровень свинца заметно превышает 100 мг/кг и достигает значений 500 мг/кг и более. Кроме того, в принципе наличие значительных территорий, где содержания свинца резко превышают фоновые уровни, не может не вызывать опасения. До недавнего времени одним из основных источников поступления свинца в городскую среду являлось стекольное производство, существующее на ПО "Лисма". В настоящее время в связи с переходом на новую технологию выброс этого элемента резко снижен. Однако проблема загрязнения окружающей среды города этим поллютантом по-прежнему актуальна, поскольку, во-первых, существуют загрязненные почвы, во-вторых, существенные его количества поступают с выбросами автотранспорта.

Анализ данных по структуре загрязнения территории города ртутью и особенностей ее площадного распределения в верхнем слое почв свидетельствует о том, что для подавляющей части города загрязнение территории этим тяжелым металлом не является критическим (табл.5). Так, более 80% площади города характеризуется ее фоновыми уровнями в почвах. Около 10% территории "завято" слабоконтрастными аномалиями ( $K_c = 1,5-3$ ). Наиболее значимые по контрастности и размерам техногенные ореолы ртути приурочены к промзонам заводов СЭЛЗ и СИС-ЭВС и их окрестностям, району ТЭЦ-2 (микрорайон "Северный"), Ромодановскому шоссе (транспортировка отходов? преобладающие ветры?) и, в какой-то степени, к центральной части города. В указанных районах фиксируются значимые ореолы ртути с концентрациями, превышающими фон в 3-10, 10-30 раз и более. Уровни, превышающие ПДК, обнаружены в пределах промзон заводов СЭЛЗ и СИС-ЭВС (в меньшей степени), а также в пределах жилой застройки, непосредственно примыкающей к первому заводу. По всей видимости, рассмотренные особенности достаточно объективно отражают реальную ситуацию, сложившуюся на территории города, и свидетельствуют о наличии локальных зон загрязнения городской территории этим токсичным металлом. Характерно, что, за исключением промплощадок заводов СЭЛЗ и СИС-ЭВС, где загрязнение почв ртутью прослеживается соответственно до глубины 40-80 см и 20-40 см, в остальных шурфах в пределах города значимые ее уровни фиксируются только в верхнем 5-10 см слое почв. Лишь в районе пос."Северный" загрязнение прослеживается до глубины в 15-20 см (в зоне влияния ТЭЦ-2). Напомним, что производство люминесцентных ртутных ламп на Сарыанском электроламповом заводе (СЭЛЗ) организовано с начала 1960-х гг. Начиная с 1965 г.

ежегодно выпускается 30-35 млн. ламп, при этом годовое использование ртути в технологическом процессе составляет около 5,5 т. По данным завода в течение первых 15 лет в атмосферу города поступало до 200-400 кг ртути в год. В 1976 г. в цехах, где идет использование ртути, были установлены угольные адсорберы. Это позволило снизить выбросы ртути до 62 кг/год (среднее за 1981-1985 гг.). Таким образом, максимальное количество ртути, поступившее в атмосферу за весь период (около 30 лет) существования производства, составляет примерно 6 т. Для сравнения приведем данные по одному из наиболее крупных заводов - ПО "Карбид" (г.Темиртау), использующего в технологическом цикле ртуть. Здесь при производстве апетальдегида в год применяется 60-70 т ртути. Ее выброс в окружающую среду за 30-летний период составил более 1000 т [26,27]. Но, естественно, что присутствие повышенных содержаний ртути в окружающей среде, также как и наличие постоянных ее источников (ПО "Лисма", ТЭЦ-2) является негативным фактором в ухудшении экологической ситуации в городе.

Другие изученные химические элементы по характеру площадного распределения и интенсивности концентрирования достаточно четко разделяются на три группы.

Для первой группы, включающей цинк и олово, характерно развитие довольно обширных (до 43% площади города) слабоконтрастных ( $K_c = 1,5-3$ ) ореолов рассеяния, равномерно развитых на территории города (см.табл.5). На фоне указанных слабоконтрастных ореолов небольшими "пятнами" встречаются аномалии с более высокими концентрациями металлов. Для цинка они тяготеют к заводу СЭЛЗ, центру города, северной промзоне, микрорайону "Светотехника" и "Заречный"; для олова - главным образом к заводу СЭЛЗ и центру города, в меньшей степени к микрорайону "Заречный".

Вторая группа химических элементов включает никель, молибден, стронций. Для них характерно развитие слабоконтрастных и незначительных по площади техногенных ореолов. Слабоконтрастные аномалии никеля ( $K_c = 1,5-3$ ) занимают несколько более 7% территорий города, причем на северо-западной его окраине, в районе "Резинотехники" и аэропорта отмечаются более контрастные ( $K_c = 3-10$ ) и значимые по площади ореолы, что, по всей видимости, вполне закономерно. Несколько своеобразно распределение стронция и молибдена, для которых фиксируется, во-первых, более неоднородный ("пятнистый") характер распределения аномальных зон; во-вторых, появление незначительных по площади, но более контрастных по интенсивности ( $K_c = 3-10$  и 10-30) аномалий, которые для молибдена закономерно приурочены к промзоне заводов СЭЛЗ и СИС-ЭВС и к микрорайону "Заречный", а для стронция, тяготея к центру (его северной части), встречаются незначительными "пятнами" на всей территории города.

В третью группу входят медь, хром, ванадий, барий, бор, серебро, марганец, висмут, скандий, галлий, кобальт, иттрий, для которых фиксируются незначительные по площади и слабоконтрастные по интенсивности аномалии ( $K_c = 1,5-3$ ), преимущественно прдуроченные к северной и северо-западной части города, в меньшей степени к микрорайонам "Заречный", "Светотехника" и центру города. В то же время, в отдельных точках фиксируются их концентрации, превышающие фон в 3-10 раз и более. Как правило, такие участки тяготеют к промышленным территориям. Для ванадия и марганца в таких случаях отмечаются уровни, превышающие ПДК. Однако следует отметить, что установленные для этих элементов ПДК вызывают, как и в случае со свинцом, определенные сомнения, поскольку незначительно отличаются от фоновых уровней.

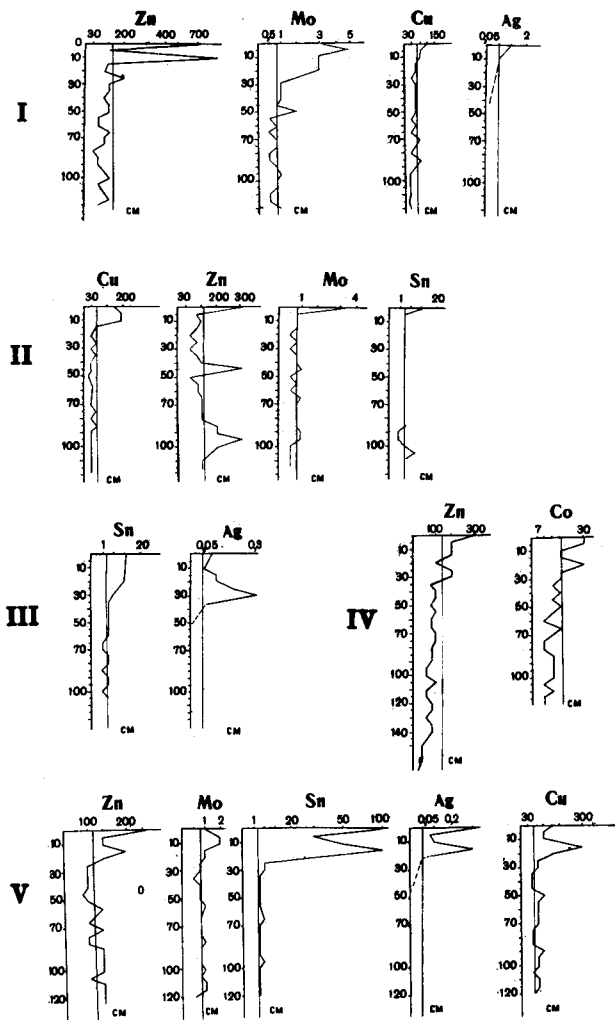
Несмотря на то, что названные химические элементы в целом отличаются слабоконтрастными и незначительными по площади техногенными аномалиями, их присутствие свидетельствует о существенном "металлическом" прессе на окружающую среду города. К тому же, по всей видимости, следует, с одной стороны, ожидать более контрастного накопления многих элементов в пределах промышленных зон предприятий города; с другой, появления и в значительных содержаниях ряда других элементов, требующих специальных исследований. Например, очень контрастные, хотя и локальные аномалии сурьмы, вольфрама, кадмия, таллия фиксировались в пределах промплощадок заводов СЭЛЗ и СИС-ЗВС. Более того, учитывая специфику целого ряда предприятий можно утверждать о значительной роли в загрязнении городской среды таких элементов как кадмий, вольфрам, редкие земли, некоторых других. Если в качестве нормативных величин использовать ПДК, применяемые в ряде стран Западной Европы, то можно констатировать, что в пределах территории города фиксируются участки почв с превышением предельных концентраций для цинка, молибдена, меди, таллия, хрома, кобальта, никеля, кадмия, олова, сурьмы, фтора. Однако как правило, эти ПДК разработаны с позиций опасности поллютантов для сельскохозяйственных растений, но сам факт присутствия в городских почвах столь высоких концентраций широкого круга высокотоксичных элементов не может не вызывать опасения. К тому же, значительная часть территории города занята районами с индивидуальной застройкой, что не исключает перехода поллютантов в выращиваемую на приусадебных участках сельхозпродукцию.

Изучение особенностей распределения химических элементов по профилю почв выявило не только их преимущественное накопление в верхних горизонтах, но и тенденцию (хотя и менее выраженную по сравнению со свинцом) проникновения загрязнения в более глубокие слои

исследованных грунтов. Так, в пределах микрорайона "Светотехника" это наиболее заметно проявилось для марганца и кобальта, в меньшей степени для меди и цинка. В микрорайоне "Северный" особенно ярко для олова, серебра, цинка, молибдена, меди. В центре города - для серебра и олова. В пределах микрорайона "Заречный" и юго-восточной окраины города - главным образом для олова и цинка, в меньшей степени для серебра, стронция, кобальта. В промзоне СЭЛЗ - для цинка, серебра, молибдена, меди, а в пределах территории завода СИС-ЗВС - для олова, меди, цинка, молибдена (рис.2).

Таким образом, наиболее интенсивное загрязнение территории города связано с поступлением в окружающую среду больших количеств свинца, что приводит к формированию в почвенном покрове его контрастных и значительных по площади техногенных аномалий. Одновременно в почвах города фиксируются достаточно контрастные и сравнительно значительные по площади аномалии ртути, цинка, олова, в меньшей степени никеля, стронция и молибдена. Очень контрастные аномалии таллия, кадмия, сурьмы и вольфрама установлены для территорий заводов СЭЛЗ и СИС-ЗВС. Для широкой группы химических элементов - меди, хрома, ванадия, бария, висмута, марганца и др. - техногенные аномалии незначительны по площади и контрастности.

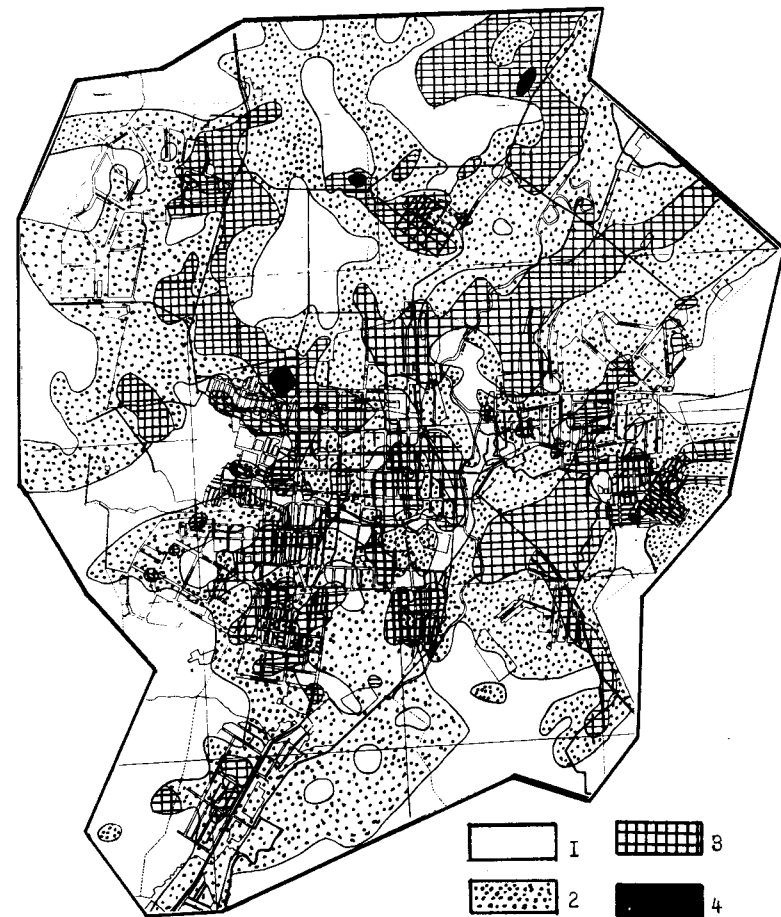
В целом, формирующиеся в пределах города зоны загрязнения отличаются полиэлементным составом, что определяет высокую суммарную степень техногенной нагрузки на окружающую среду (табл.6, рис.3). Так, около 38% территории города характеризуется допустимым уровнем загрязнения, что отвечает, согласно существующим критериям, наиболее низкому уровню заболеваемости населения и минимальной частоте встречаемости функциональных отклонений. Более 46% территории находится в умеренно опасной зоне загрязнения (при таких уровнях воздействия уже фиксируется увеличение общей заболеваемости). Около 16% площади города относится к территории с опасным уровнем загрязнения, что, как правило, выражается в увеличении общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, с нарушением функционального состояния сердечно-сосудистой системы. К территориям с чрезвычайно опасным уровнем загрязнения относится около 1% площади города (главным образом, изученные промзоны). Следует отметить, что площадь территорий с опасным и чрезвычайно опасным уровнями загрязнения безусловно несколько больше, поскольку, как отмечалось, промплощадки других предприятий города не исследовались. Естественно, что названные соотношения категорий загрязнения и заболеваемости детей для в целом небольшого и компактного по площади г.Саранска могут выдерживаться недостаточно четко. В то же время, тот факт, что примерно пятая часть



Р и с. 2. Распределение химических элементов в профиле городских почв

I - промзона СЭЛЗ; II - промзона СИС-ЗЭС; III - центр города; IV - микрорайон Заречный; V - вблизи ТЭЦ-2

Оси координат: горизонтальная - содержание, мг/кг; вертикальная - глубина, см. Тонкой линией показан уровень фона



Р и с. 3. Схема распределения значений суммарного показателя загрязнения почв в пределах г. Саранска

I - менее 16, допустимый уровень загрязнения;  
 2 - 16-32, умеренно опасный; 3 - 32-128, опасный;  
 4 - более 128, чрезвычайно опасный

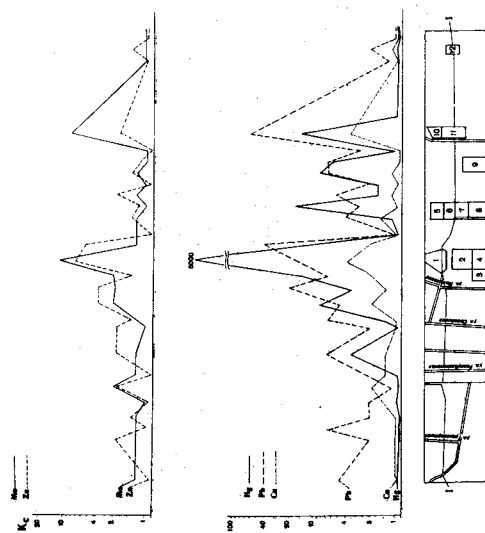
территории города характеризуется опасным и чрезвычайно опасным уровнями загрязнения не может не вызывать тревогу.

Т а б л и ц а 6. Структура загрязнения территории г.Саранска по степени опасности (значениям суммарного показателя загрязнения почв -  $Z_c$ )

Категория загрязнения	Величина $Z_c$	Относительная доля (%) по площади города
Допустимая	Менее 16	37,5
Умеренно опасная	16-32	46,1
Опасная	32-128	15,5
Чрезвычайно опасная	Более 128	0,9

Каких-либо четких пространственных закономерностей в распределении значений показателя суммарного загрязнения по территории города не выявлено. В целом, на фоне ореолов, характеризующихся умеренно опасным уровнем загрязнения, фиксируется незакономерное чередование участков с опасным уровнем загрязнения и участков с допустимым уровнем загрязнения. В какой-то мере отмечается закономерная приуроченность участков с допустимым уровнем загрязнения к периферийным частям города, а также заметно большая сконцентрированность зон с опасным уровнем загрязнения в центральной части города и их некоторая вытянутость в северо-восточном направлении (по направлению преобладающих ветров?). Это, в частности, неплохо прослеживается на поперечном профиле через городскую территорию, на котором показано распределение некоторых химических элементов в верхнем слое городских почв (рис.4). Как видим, уровни концентрации металлов заметно возрастают от южной окраины города к северной, достигая максимумов в северной промышленной зоне.

Очень высокая степень техногенного воздействия на окружающую среду города подтверждается данными по уровням содержания подвижных (геохимически активных и наиболее опасных с гигиенических позиций) форм тяжелых металлов (табл.7). Так, для большинства изученных металлов в техногенных ореолах наблюдается возрастание абсолютных содержаний подвижных форм нахождения. Это особенно ярко проявляется для хрома, кобальта, меди, цинка и свинца. Для цинка постоянно на всей территории города фиксируются концентрации подвижных форм, заметно превышающие ПДК. Для свинца превышение ПДК по подвижным формам отмечено для территории завода СИС-ЗВС и в центральной части города. Подвижные формы меди превышают ПДК в пределах промзоны СИС-ЗВС. Все это свидетельствует об очень высокой



Р и с 4. Распределение тяжелых металлов в верхнем слое городских почв

Кс - коэффициент концентрации относительно фона; профили на схеме показаны промзоны: 1 - СЗЭС; 2 - "Бюкхем"; 3 - "Электровыпрямитель"; 4 - приборостроительный; 5 - "Агропромоборудование"; 6 - автосамосвалы; 7 - "Сарансксель"; 8 - инструментальный; 9 - ИЦ ДСК; 10 - ИЛИС; 11 - СИС-ЗВС; 12 - телевизионный

Т а б л и ц а 7. Уровни содержания подвижных форм химических элементов в почвах г.Саранска, мг/кг

Место отбора пробы	Хром	Кобальт	Никель	Медь	Цинк	Свинец
СИС-ЗВС	0,9(1,2)	1,40(1,5)	1,80(3)	2,23(5,2)	66(111)	85(254)
СЗЭС	0,8(0,9)	0,80(0,9)	1,00(1,2)	0,43(0,5)	26(34)	5(7)
Центр города	0,8	0,82(0,9)	1,00(1,2)	0,40(0,7)	34(58)	4,4(11)
"Заречный"	0,8	0,70(0,8)	1,00(2)	0,20(0,3)	59(65)	1,00(1,5)
"Светоглядка"	0,8	0,80(0,9)	1,00(1,2)	0,20(0,3)	42(45)	1,00(1,5)
с.Ялта	0,8	1,10(1,2)	1,00(1,2)	0,60(0,7)	13(15)	9,00(10,0)
ФОН	0,8	0,65	1,00	0,18	5,30	1
ПДК	6,00	5,00	4,00	3,00	23,00	11,00

Примечание: в скобках указаны максимально наблюдаемые концентрации; подвижные формы выделялись ацетатно-амонийной вытяжкой, рН = 4,2; одной чертой подчеркнуты значения, превышающие фон, двумя - уровень ПДК.

экотоксикологической опасности формирующихся в почвах города техногенных аномалий. Городские почвы отличаются от фоновых почв и по валовому химическому составу, что во многом обусловлено поступлением больших количеств техногенных выпадений. Характерная особенность урбопочв – заметное снижение доли кварца, увеличение содержания оксидов алюминия, железа, кальция, магния, в меньшей степени калия и фосфора. Все это свидетельствует о происходящих в городских почвах глубоких физико-химических изменениях и безусловно о снижении биологической их активности и способности к самочищению при одновременном увеличении эпидемиологической опасности. Особую тревогу загрязнение почв вызывает в связи с широким развитием в пределах города индивидуальной застройки, что не исключает возможности перехода поллютантов в выращиваемую на приусадебных участках сельхозпродукцию.

Таким образом, анализ техногенных геохимических аномалий в почвенном покрове города свидетельствует о чрезвычайно высоком и стабильном загрязнении городской среды широким комплексом тяжелых металлов.

### 3. Уровни содержания и особенности распределения тяжелых металлов в приземном слое атмосферного воздуха

При газортутной съемке в каждом районе города (летом и осенью 1990 г.) в течение трех дней подряд производилось до 50–90 замеров ежедневно в соответствующем количестве точек наблюдения, равномерно распределенных по площади каждого района. В табл. 8 приведены осредненные данные по уровням содержания паров ртути в приземном слое атмосферного воздуха различных районов города. Результаты газортутной съемки хорошо соотносятся с данными литохимического опробования почв и подтверждают выявленный локальный характер загрязнения окружающей среды города ртутью. Практически на всей территории города уровни содержания паров ртути находились в пределах фоновых. Значимые ее содержания, достигающие и превышающие уровни ПДК, закономерно фиксировались в санитарно-защитной зоне завода СЭЛЗ, а также в районе ТЭЦ-2 (приближались к уровню ПДК, заметно и стабильно превышая фон). При этом в летнее (теплое) время уровни содержания паров ртути во всех районах города в среднем в 1,5–3 раза превышали их концентрации, наблюдаемые в осеннее (более холодное) время, что вполне естественно.

Таким образом, в целом для города загрязнение воздуха парогазообразной фракцией ртути не представляет серьезной проблемы, за исключением территорий, непосредственно прилегающих к заводу СЭЛЗ

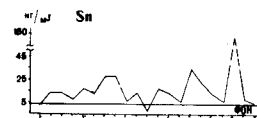
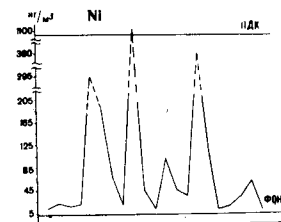
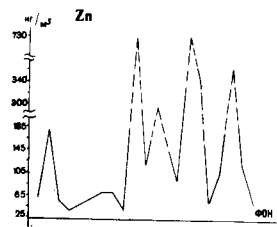
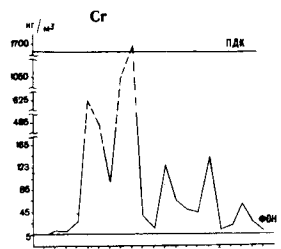
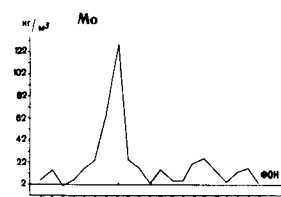
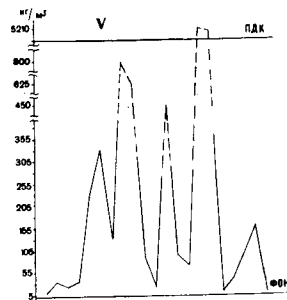
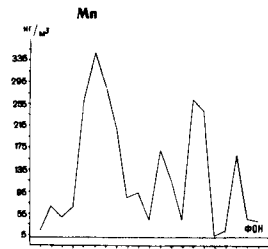
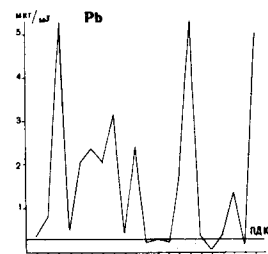
Т а б л и ц а 8. Уровни содержания ртути в приземном слое атмосферного воздуха различных районов Саранска,  $\mu\text{г}/\text{м}^3$

Район города	Летний период	Осенний период
"Светотехника"	< 50–70	< 50
Северная промзона (район СИС-ЗВС)	< 50–80	< 50
"Северный"	< 50–70	< 50
Район ТЭЦ-2	150–250	100–200
Санитарно-защитная зона СЭЛЗ	250–350	70–80
Центральная часть города	< 50–80	< 50–60
"Октябрьский"	< 50	< 50
Район парков (юго-восточная часть города)	< 50	< 50
"Заречный"	< 50–70	< 50
ФОН	< 50	
ПДК	300	

и ТЭЦ-2. Однако, по всей видимости, определенная часть ртути поступает в окружающую среду города в аэрозольной форме (источником которой могут быть многие предприятия города), что и приводит к формированию ее достаточно контрастных, хотя и относительно локальных техногенных аномалий в городских почвах [27].

В табл. 9 приведены данные по ассоциациям химических элементов, присутствующих в приземном слое атмосферного воздуха в разных районах города. Эти данные неплохо соотносятся с результатами литохимического картирования территории города и свидетельствуют о довольно интенсивном загрязнении воздушной среды широкой группой токсичных металлов. Наиболее высокий уровень загрязнения характерен для северной промышленной зоны (точка наблюдения располагалась в пределах промзоны СИС-ЗВС), а также для центральной части города. Уровни содержания металлов в воздухе других районов заметно ниже, однако также свидетельствуют о высокой степени техногенного воздействия. Особенно наглядно интенсивность и характер загрязнения проявляется при анализе ассоциаций, рассчитанных по максимальным наблюдаемым концентрациям поллютантов.

Северная промзона города характеризуется стабильным присутствием в воздухе очень высоких концентраций металлов (табл. 10, рис. 5). Анализ частоты появления аномальных содержаний показывает, что сви-



Р и с. 5. Распределение химических элементов (аэрозольная форма) в приземном слое атмосферного воздуха северной промзоны

На рис.5-10 горизонтальная ось координат - дни отprobования

Таблица 9. Ассоциации химических элементов, присутствующих в приземном слое атмосферного воздуха различных районов г.Саранска

Район города	Коэффициент концентрации относительно фона					Эпизодическое появление	
	более 100	30-100	10-30	3-10	менее 3	заметно превышающее фон	слабо превышающее фон
	По средним данным						
СЖС-ЗВС (северная промзона)	Pb <sub>271</sub> -V <sub>217</sub>	Cr <sub>37</sub> -Ni <sub>31</sub>	Mo <sub>11</sub>	Mn <sub>3</sub> -Zn <sub>3</sub> -Sn <sub>3</sub>	-	Cd-W	-
"Светотехника"	-	-	-	Pb <sub>3,5</sub>	-	Sn-Cr-V	Mn-Ni-Zn
"Заречный"	-	-	-	Cr <sub>3,1</sub>	Mn	-	V-Mn
Центр	Sn <sub>870</sub> -Pb <sub>540</sub>	Zn <sub>57</sub>	V <sub>22</sub>	-	Mn	Cd-Cr	-
"Октябрьский"	Ni <sub>139</sub>	-	V <sub>13</sub>	Pb <sub>7</sub> -Ni <sub>4</sub> -Zn <sub>4</sub> -Cr <sub>3</sub>	Mn-Sn	-	Mo
П/л "Урожай" (левая промзона)	-	-	Pb <sub>18</sub>	Ni <sub>6</sub>	Mn-Zn	Cr-V	Cd

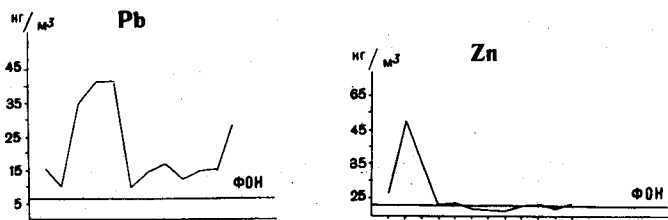
Уточнение табл. 9

Район города	Коэффициент концентрации относительно фона				
	более 100	30-100	10-30	3-10	менее 3
	По максимальным концентрациям				
СЖС-ЗВС (северная промзона)	Cd <sub>1866</sub> -Pb <sub>868</sub> -Cr <sub>289</sub>	Mo <sub>64</sub> -Sn <sub>40</sub> -Zn <sub>32</sub>	V <sub>27</sub> -Mn <sub>27</sub>	-	-
"Светотехника"	-	-	V <sub>10</sub> -Cr <sub>7</sub> -Pb <sub>7</sub>	Sn	Ni-Zn-Mn
"Заречный"	-	-	-	Cr-Ni-V-Pb-Sn	Zn-Mn
Центр	Ni <sub>1042</sub> -Pb <sub>868</sub>	-	Cr <sub>12</sub>	Mn-Cd	-
"Октябрьский"	Sn <sub>870</sub> -Zn <sub>227</sub> -V <sub>104</sub>	-	V <sub>28</sub> -Zn <sub>13</sub> -Pb <sub>11</sub>	Ni-Cr-Mo-Sn	Mn
П/л "Урожай" (левая промзона)	-	Pb <sub>64</sub>	Zn <sub>12</sub> -Ni <sub>11</sub> -Cd <sub>10</sub>	V-Cr-Mn	-

Примечание. Двумя чертами отмечены элементы, для которых фиксируется практически постоянное превышение ЦК; одной - эпизодическое. Цифры у символа элемента означают Ко.

нец практически постоянно превышает во много раз фон и в большинстве случаев уровень ПДК (в отдельные дни до 17 ПДК!). Превышение ПДК отмечено также для ванадия, хрома, никеля, кадмия. Несмотря на то, что для элементов характерно очень динамическое распределение в течение всего периода наблюдения, вариация содержаний происходит на общем их высоком фоне. Это свидетельствует об устойчивости и высокой опасности загрязнения воздуха. Характерно эпизодическое появление экстремальных содержаний вольфрама (выше фона). По всей видимости, выявленный комплекс аномальных элементов достаточно четко отражает характер влияния предприятий северной промзоны и, в первую очередь, завода СИС-ЗВС.

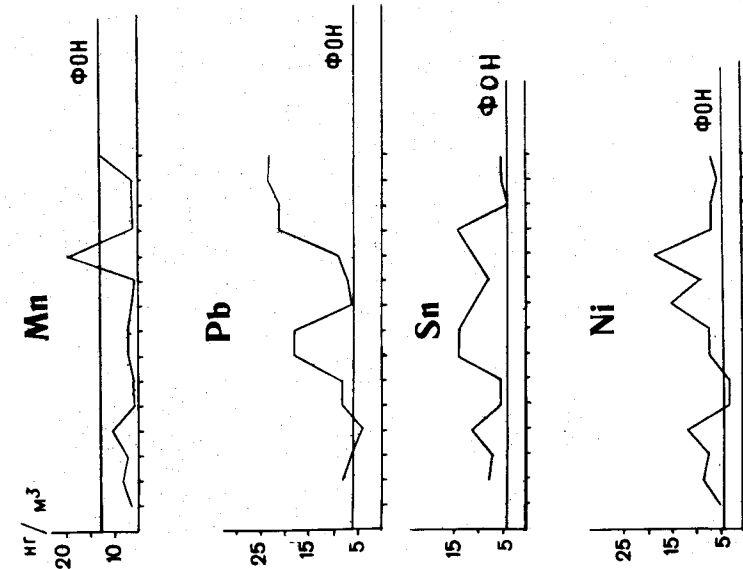
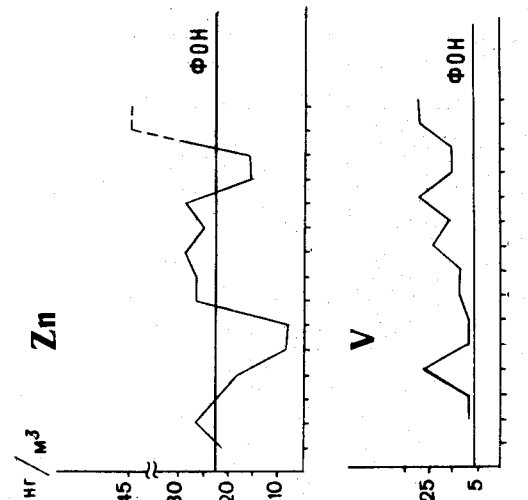
Уровни содержания металлов в килом районе "Светотехника" многократно ниже, чем в северной промзоне (табл. II). Только для свинца и цинка фиксируются стабильные атмосферические аномалии (рис. 6). Однако относительно высокие содержания хрома, олова, никеля (в несколько раз выше фона) свидетельствуют о заметном техногенном воздействии. (По всей видимости, основное количество загрязняющих веществ осаждается либо в пределах самой промзоны, либо переносится в западном и северо-западном направлениях, либо в южном и юго-западном (т.е. следует ожидать довольно интенсивного воздействия на большую часть центра города).



Р и с. 6. Распределение свинца и цинка (аэрозольная форма) в приземном слое атмосферного воздуха микрорайона "Светотехника"

Это подтверждается особенностями распределения многих химических элементов в почвах города, как было показано выше, а также данными по содержанию металлов в воздухе микрорайона "Заречный" и центральной части города.

Если для микрорайона "Заречный" характерны слабоконтрастные аномалии большинства изученных поллютантов (табл. I2, рис. 7), хотя в отдельные дни и фиксировались их высокие уровни (хром, никель, ванадий, свинец), то центральная часть города отличается очень конт-



Р и с. 7. Распределение химических элементов (аэрозольная форма) в приземном слое атмосферного воздуха микрорайона "Заречный"



Т а б л и ц а I0. Уровни содержания химических элементов в приземном слое атмосферного воздуха (аэрозольная форма) в северной промзоне

Химический элемент	Среднее (пределы колебаний), мг/м <sup>3</sup>	Коэффициент концентрации относительно фона	Превышение ПДК (% дней)	Кол-во дней (% с превышением фона в 10 раз	Кол-во дней (% с превышением фона в 100 раз
Ванадий	651 (10-5210)	217 (3,3-1737)	2,6 (10%)	76	29
Хром	222 (6-1736)	37 (1-289)	1,2 (5%)	43	14
Марганец	124 (14-347)	9,5 (1,1-27)	Нет	38	Нет
Никель	125 (10-1100)	31 (2,5-275)	1,1 (5%)	48	5
Цинк	183 (52-730)	8 (2,2-32)	Нет	24	Нет
Молибден	20 (1-128)	10 (0,5-64)	"	24	"
Кадмий	"-" ("-"-1493)	"-" ("-"-1866)	1,5 (5%)	29	10
Олово	21 (1-160)	5,3 (0,3-40)	ПДК отсутств.	5	Нет
Вольфрам	"-" ("-"-27)	"-" ("-"-27)	Нет	5	"
Свинец	1628 (215-5210)	271 (36-868)	1,1-17,4 (76%)	100	52

П р и м е ч а н и е. Приведены данные за 21-дневный период наблюдения.

Т а б л и ц а I1. Уровни содержания химических элементов в приземном слое атмосферного воздуха (аэрозольная форма) микрорайона "Светотехника"

Химический элемент	Среднее (пределы колебаний), мг/м <sup>3</sup>	Коэффициент концентрации относительно фона	Превышение ПДК (% дней)	Кол-во дней (% с превышением фона в 10 раз (в 100 раз)
Ванадий	"-" ("-" - 30)	"-" (< 1-10)	Нет	8 (8)
Хром	"-" ("-" - 43)	"-" (< 1-7,2)	"	- (-)
Марганец	"-" ("-" - 15)	"-" (< 1-1,2)	"	- (-)
Никель	"-" ("-" - 10)	"-" ("-" - 2,5)	"	- (-)
Цинк	19 (18-50)	0,8 (0,4-2,2)	"	- (-)
Олово	"-" ("-" - 15)	"-" ("-" - 3,8)	"	- (-)
Свинец	21 (10-41)	3,5 (1,7-6,8)	"	- (-)

П р и м е ч а н и е. Приведены данные за 12-дневный период наблюдения.

Т а б л и ц а I2. Уровни содержания химических элементов в приземном слое атмосферного воздуха (аэрозольная форма) микрорайона "Заречный"

Химический элемент	Среднее (пределы колебаний), мг/м <sup>3</sup>	Коэффициент концентрации относительно фона	Превышение ПДК (% дней)	Кол-во дней (% с превышением фона в 10 раз (в 100 раз)
Ванадий	"-" ("-" - 12)	"-" (1-4)	Нет	- (-)
Хром	16 (4-28)	2,7 (1-4,7)	"	- (-)
Марганец	7 (3-20)	1 (1-1,5)	"	- (-)
Никель	8 (3-18)	2 (1-4,5)	"	- (-)
Цинк	24 (6-44)	1,1 (1-1,9)	"	- (-)
Олово	8 (4-14)	2 (1-3,5)	"	- (-)
Свинец	12 (4-23)	2 (1-3,8)	"	- (-)

П р и м е ч а н и е. Приведены данные за 15-дневный период наблюдения.

Т а б л и ц а I3. Уровни содержания химических элементов в приземном слое атмосферного воздуха (аэрозольная форма) в центральной части города

Химический элемент	Среднее (пределы колебаний), мг/м <sup>3</sup>	Коэффициент концентрации относительно фона	Превышение ПДК (% дней)	Кол-во дней (% с превышением фона в 10 раз	Кол-во дней (% с превышением фона в 100 раз
Ванадий	66 (14-313)	22 (4,7-104)	Нет	66	5
Хром	"-" (< 6-71)	"-" (< 1-11,8)	"	5	-
Марганец	36 (14-73)	2,8 (1,1-5,6)	"	-	-
Никель	555 (14-4171)	139 (3,5-1042)	3-4 (10%)	78	17
Цинк	1238 (76-5210)	54 (3,3-226)	Нет	100	22
Молибден	Не обнаружен	"-"	-	-	-
Кадмий	"-" ("-" - 45)	"-" ("-" - 56)	Нет	16	-
Олово	Более 3472	> 868	ПДК отсутств.	100	100
Вольфрам	Не обнаружен	"-"	-	-	-
Свинец	3240 (764-5210)	540 (127-868)	2,5-17,3 (100%)	100	100

П р и м е ч а н и е. Приведены данные за 18-дневный период наблюдения.

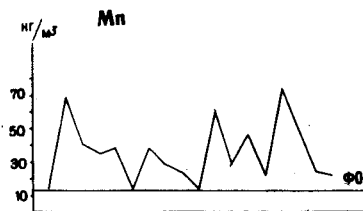
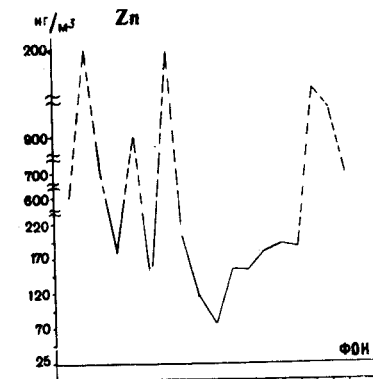
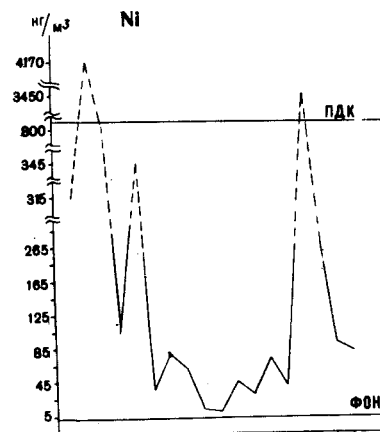
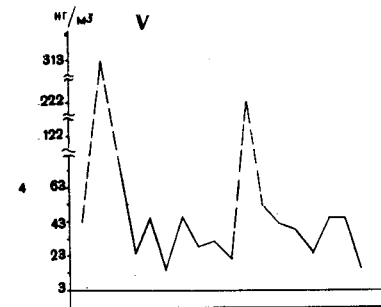
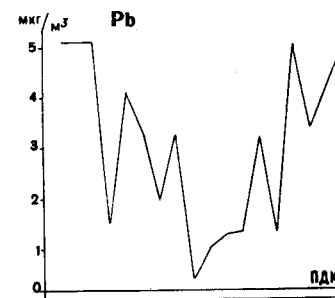
растными аномалиями олова, свинца, никеля, цинка, ванадия. Характерно появление высоких содержаний хрома и кадмия. Наиболее стабильно загрязнение свинцом, оловом, цинком, никелем и хромом, для которых практически постоянно фиксируются уровни, превышающие фон, причем для свинца (постоянно) и никеля (эпизодически) отмечается превышение ПДК (табл.13, рис.8).

По уровням содержания поллютантов микрорайон "Октябрьский" и южная часть города (по сути - п. Николаевка) довольно близки к районам "Светотехника" и "Заречный". Однако следует отметить появление высоких концентраций ванадия, цинка, свинца в воздухе микрорайона "Октябрьский" (табл.14, рис.9), а в пределах южного пригорода - свинца (появление концентраций выше ПДК) и никеля (табл.15, рис.10).

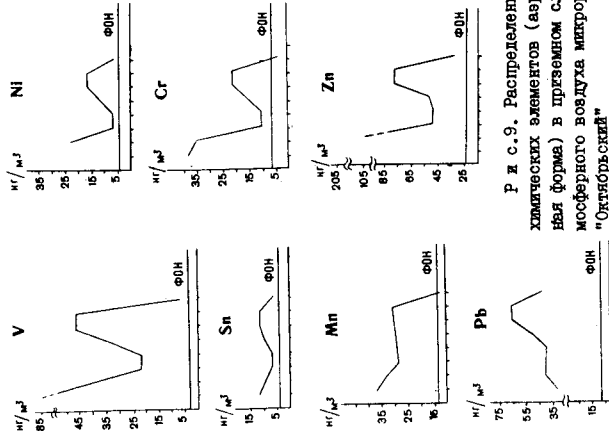
Таким образом, данные геохимических исследований показывают, что в пределах города можно выделить две крупные зоны чрезвычайно интенсивного загрязнения атмосферного воздуха. Это северная промзона (уровни свинца, ванадия, хрома, никеля, кадмия постоянно или эпизодически превышают ПДК; уровни других - постоянно выше фона) и центр города (свинец и никель - постоянно или эпизодически выше ПДК; уровни остальных - многократно выше фона). Остальные районы города характеризуются в целом более низким уровнем загрязнения, хотя имеющиеся данные свидетельствуют о стабильном появлении в их пределах высоких уровней некоторых тяжелых металлов, прежде всего свинца, никеля, цинка, ванадия. Полученные данные неплохо соотносятся с результатами литохимического картирования и указывают на ведущую роль свинца в загрязнении окружающей среды города. Значимые аномалии ртути имеют резко локальное распространение и приурочены к заводу СЭЛЗ и ТЭЦ-2.

#### 4. Уровни содержания тяжелых металлов в городской растительности

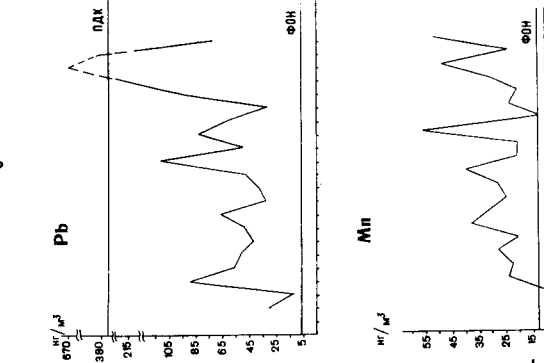
В табл.16 приведены данные об уровнях содержания некоторых тяжелых металлов в листьях, ветвях и коре березы, отобранных в разных районах г.Саранска. Естественно, что результаты биогеохимических исследований могут являться подтверждением постоянного присутствия в воздухе (и почвах) повышенных концентраций тех или иных поллютантов. Как следует из таблицы, наиболее интенсивно в природной растительности концентрируется свинец - ведущий элемент лито- и атмосферных аномалий, выявленных в пределах города. Характерно появление повышенных содержаний молибдена, цинка, меди, никеля,



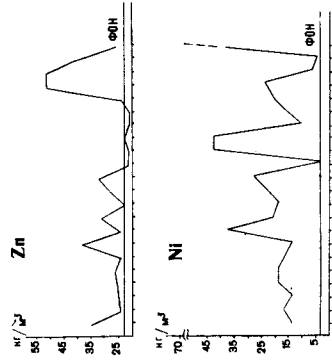
Р и с.8. Распределение химических элементов (аэрозольная форма) в приземном слое атмосферного воздуха центральной части города



Р и с. 9. Распределение химических элементов (аэрозольная форма) в приземном слое атмосферного воздуха микрорайона "Октябрьский"



Р и с. 10. Распределение химических элементов (аэрозольная форма) в приземном слое атмосферного воздуха жилой зоны города



Т а б л и ц а 14. Уровни содержания химических элементов в приземном слое атмосферного воздуха (аэрозольная форма) микрорайона "Октябрьский"

Химический элемент	Среднее (предел колебаний) мг/м³	Коэффициент концентрации относительно фона	Превышение ПДК (% дней)	Кол-во дней (%) с превышением фона в 10 раз (в 100 раз)
Ванадий	38 (7-83)	12,6 (2,3-27,6)	Нет	63 (-)
Хром	20 (8-38)	3,3 (1,3-6,3)	"	- (-)
Марганец	28 (7-36)	2,2 (1-2,4)	"	- (-)
Никель	15 (6-31)	3,8 (1,5-7,8)	"	- (-)
Молибден	"-" (5-6)	"-" (2,5-3)	"	- (-)
Олово	9 (7-12)	2,3 (1,8-3)	"	- (-)
Свинец	47 (33-65)	7,8 (5,5-10,8)	"	25 (-)
Цинк	91 (31-295)	4,0 (1,3-12,8)	"	12 (-)

П р и м е ч а н и е. Приведены данные за 8-дневный период наблюдения.

Т а б л и ц а 15. Уровни содержания химических элементов в приземном слое атмосферного воздуха (аэрозольная форма) в районе плонерского лагеря "Урожай" (железная промзона)

Химический элемент	Среднее (предел колебаний), мг/м³	Коэффициент концентрации относительно фона	Превышение ПДК (% дней)	Кол-во дней (%) с превышением фона в 10 раз	Кол-во дней (%) с превышением фона в 100 раз
Ванадий	"-" ("-" - 52)	"-" ("-" - 9)	Нет	Нет	Нет
Хром	"-" ("-" - 24)	"-" ("-" - 4)	"	"	"
Марганец	26 (3-56)	2 (< 1-4,3)	"	"	"
Никель	22 (3-69)	5,5 (< 1-17,3)	"	14	"
Цинк	25 (3-52)	1,1 (< 1-2,3)	"	"	"
Молибден	-	-	-	-	-
Кадмий	-	-	-	-	-
Олово	-	-	-	-	-
Вольфрам	-	-	-	-	-
Свинец	106 (13-669)	17,6 (2,1-111)	1,3-2,2 (9)	41	4

П р и м е ч а н и е. Приведены данные за 22-дневный период наблюдения.

т.е. тех элементов, которые присутствуют как аномальные в почвах и атмосферном воздухе. Наиболее высокие концентрации свинца и других металлов (особенно молибдена и кадмия) приурочены, как правило, к промышленным территориям и центру города. Значимые содержания ртути в растительности фиксировались лишь в непосредственной близости к заводу СЭЛЗ, находясь в пределах фоновых.

### 5. Техногенные аномалии химических элементов в почвах некоторых городов и поселков Мордовии

Для сравнения нами были проведены рекогносцировочные опробования почв в некоторых городах и поселках Мордовии. В центральной части поселений на площадке размером 50 x 50 и отбиралось по 10 проб верхнего слоя почв. Безусловно, что полученные данные носят ориентировочный характер (табл.17). Как видим, наиболее существенное (опасное - по значениям суммарного показателя) загрязнение фиксируется для п.Чамзинка и г.Ардатов. Для Чамзинки ведущее значение имеют олово и свинец, в меньшей степени ртуть, стронций, цинк. Для Ардатов - свинец и стронций, в меньшей степени - ртуть. Город Краснослободск, п.Ичалки и п.Атяшево характеризуются умеренно опасным уровнем загрязнения, причем в почвах Краснослободска наиболее интенсивно накапливаются свинец, ртуть, серебро, в почвах п.Ичалки - свинец, ртуть, цинк, стронций, в почвах п.Атяшево - стронций, свинец, серебро. Остальные поселения отличаются допустимым уровнем загрязнения при заметно выраженной тенденции более интенсивного накопления в почвах свинца. Однако, во-первых, исследования в данном случае проводились для небольшого круга элементов; во-вторых, случайность отбора и незначительная представительность данных не позволяют делать далеко идущих выводов. По данным МОМГЭ ИМГРЭ в почвах г.Рузаевки интенсивно накапливаются вольфрам, цинк, молибден, хром, свинец, ряд других химических элементов. Полученные данные свидетельствуют о необходимости проведения детальных экогеохимических исследований в промышленных городах и районных центрах Мордовии.

### 8. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ р.ИНСАР

Влияние города на водные системы проявляется как в общем их преобразовании (изменение основных физико-химических параметров воды и донных отложений, трансформация гидробиоценозов), так и в формировании в различных компонентах водотоков техногенных потоков

Т а б л и ц а 16. Уровни содержания тяжелых металлов в различных частях березы, мг/кг сухой массы

Район города	Никель		Медь		Свинец		Кадмий		Цинк		Молибден	
	Л	В	Л	В	Л	В	Л	В	Л	В	Л	В
"Светогеленка"	4,5	1,5	8,9	5,7	7,3	7,2	0,1	0,03	32	57	113	0,4
СЭС-ЗЭС	3,2	1,3	11,3	4,5	7,3	3,7	0,12	0,05	90	93	93	2,5
"Северный"	9,9	2,8	3,7	3,8	3,7	3,3	0,15	0,03	71	107	112	0,4
"Западный"	9,9	2,5	2,9	4,9	7,4	14,8	0,30	0,03	33	101	111	0,8
СЭЛЗ	3,3	3,2	3,4	5,2	5,2	6,2	0,08	0,06	100	54	101	0,4
Центр	1,3	1,9	7,6	3,3	9,8	5,0	0,13	0,20	100	54	1250	-
"Октябрьский"	4	2	4,1	4,8	7,0	4,3	0,06	0,05	56	86	150	-
Прос-восток	3,7	2,5	4,5	4,4	3,1	4,7	0,10	0,07	70	62	86	-
ФОН	4,2	1,8	3,0	4,4	5,0	2,5	0,03	0,06	35	80	100	0,4

Примечание. Л - листья; В - ветки; К - кора; ртуть обнаружена только в листьях возле СЭЛЗ = 0,05 мг/кг; подчеркнуты значения, заметно превышающие фон.

Т а б л и ц а 17. Ассоциации химических элементов в почвах некоторых городов и поселков Мордовии

Населенный пункт	Zn	Коэффициенты концентрации относительно фона		
		более 10	10 - 5	5 - 3
п.Чамзинка	38	Pb <sub>9</sub>	Hg-Sr-Zn	Ag-Y-Zr Zn-Ag-Sr-Cr-Mn-B-Be
г.Ардатов	37	Sr <sub>18</sub>	Hg	Sr-Zn-Sn-Mn-Zr
г.Краснослободск	28	Pb <sub>20</sub>	Ag	Ag-Sn-Mn-Zr-Be-Y
п.Атяшево	28	Hg <sub>6</sub>	Sr	Hg-Zn-B-Y
п.Ичалки	18	Pb <sub>8</sub> -Hg <sub>7</sub> -Zn <sub>6</sub>	Pb-Ag	Sr-Mn-Cu-Cr-Y
п.Гомзланово	14	Sr <sub>7</sub>	Zn	Zn-Hg-Zr-Mn-Sr
г.Исар	10	Pb	Pb	Sr-Y-Mn-Zr-Zn
п.Дубенки	9	-	Sr-Pb	V-Mn-Zn-Y-Zr
п.Дембурь	8	-	Sr-Pb	Mn-Sr-Zr
п.Б.Итнатово	4	-	Pb	-

*Handwritten notes:*  
 1. Ветви  
 2. Листья  
 3. Кора

рассеяния химических элементов, характеристики которых (состав, степень концентрирования, формы нахождения, интенсивность миграции и биологического поглощения поллютантов) определяют качество водной среды [2,8,18,22].

#### 1. Общая оценка ситуации

В настоящее время река Инсар, начиная от г.Саранска и практически до самого устья, представляет собой типичную "сточную канаву", что фиксируется визуально и подтверждается имеющимися разрозненными данными различных городских контролирующих организаций, свидетельствующих о высоких уровнях содержания ряда ингредиентов в водах реки.

Общий сброс сточных вод в пределах г.Саранска оценивается примерно в 50 млн. м<sup>3</sup>/год, что "обеспечивает" ему среднее положение среди упомянутых в табл.18 городов. Однако по объему сточных вод, приходящихся на одного жителя, и по их объему, сбрасываемых без очистки или недостаточно очищенными, г.Саранск заметно превосходит многие другие города. Более того, по объему сбрасываемых без очистки или недостаточно очищенными сточных вод, приходящихся на одного жителя, столица Мордовии занимает ведущее положение среди рассматриваемых городов (табл.18).

Как известно, средний многолетний годовой расход воды в р.Инсар в створе г.Саранска составляет 8 м<sup>3</sup>/сек. или около 252 млн. м<sup>3</sup>/год. Из этого объема примерно 50 млн. составляют сточные воды, 90% из которых неочищенные или недостаточно очищенные, т.е. общий сток реки в среднем на 20% состоит из поступающих сточных вод. В реальности доля загрязненных стоков может быть заметно выше, поскольку в расчетах не учитывалось поступление поверхностного (талого, дождевого, поливочно-моечного) стока с городской территории и промышленных площадок, а также стока г.Рузаевки и сельскохозяйственных объектов. Следует особо отметить, что в городе отсутствует ливневая канализация. Это позволяет предположить, что поверхностный сток с городской территории может являться существенным источником загрязнения водотоков.

Таким образом, рассмотренные факты свидетельствуют о чрезвычайно высокой потенциальной техногенной нагрузке на экосистему р.Инсар. Это подтверждается приводимыми ниже геохимическими данными.

Т а б л и ц а 18. Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты некоторыми городами

Город	Всего, млн.м <sup>3</sup> /год	м <sup>3</sup> /на I жителя в год	Без очистки или недостаточно очищенные, млн. м <sup>3</sup> /год	м <sup>3</sup> /на I жителя в год
Саранск	50	147	45	132
Вильнюс	87,5	154	1,8	3,2
Волгоград	38,5	39	30,5	31
Вологда	48,4	174	2,8	10
Иркутск	95,5	157	0,8	1,3
Казань	196	183	-	-
Киев	22,4	33,8	-	-
Краснодар	45,5	73	2,4	3,9
Москва	2207	256	-	-
Н.Новгород	329	230	45,5	32
Одесса	99,1	87	3,2	2,8
Пермь	35	33	35	33
С.Петербург	1093	249	334	76
Смоленск	28,6	85	0,5	1,5
Тюмень	22,1	49	16,4	36

П р и м е ч а н и е. Расчеты выполнены по данным на 1988 г.

#### 2. Геохимические особенности осадков городских сточных вод

В промышленных городах одним из наиболее объемных и опасных видов отходов являются осадки сточных вод (ОСВ), образующиеся на городских очистных сооружениях (ГОС), и промышленные шламы, т.е. ОСВ, выделяемые после локальной очистки или доочистки промышленных сточных вод. Эти отходы содержат высокие уровни многих поллютантов, большая часть которых при существующих технологиях и способах утилизации ОСВ в итоге попадает в окружающую среду [1,3,10,11]. Знание их геохимических особенностей, во-первых, необходимо для принятия обоснованных решений по их утилизации; во-вторых, позволяет потенциально оценить уровень техногенной нагрузки на водотоки и установить комплекс загрязняющих их веществ.

Нами был исследован химический состав ОСВ очистных сооружений г.Саранска, на которые поступает бытовой сток и сточные воды мно-

гих предприятий. Пробы ОСВ отбирались непосредственно из иловых карт, расположенных вблизи комплекса городских очистных сооружений на берегу р.Инсар. После соответствующей подготовки они исследовались на широкий круг компонентов.

Прежде всего, осадки очень своеобразны по общему химическому составу, резко отличаясь от почв и донных отложений фоновых районов бассейна р.Инсар (табл.19). Эти различия проявляются в более низких содержаниях в ОСВ оксидов кремния и в более высоких - органических веществ, карбонатов, серы и ряда других компонентов. В общем случае по своему химическому составу и морфологическому облику ОСВ довольно близки к техногенным илам (т.е. загрязненным донным отложениям), формирующимся в русле р.Инсар ниже г.Саранска, что, естественно, вполне закономерно.

В табл.20 приведены данные о распределении в ОСВ 34 химических элементов, среди которых практически все те, которые представляют наибольшую опасность с экологических и гигиенических позиций, а также дается их сравнительная характеристика с кларковыми содержаниями, ПДК (разработанных для ОСВ, используемых в качестве сельскохозяйственных меллиорантов), уровнями содержания химических элементов в ОСВ других промышленных городов. Как видим, ОСВ г. Саранска отличаются высокими концентрациями широкой ассоциации химических элементов, прежде всего экотоксичных (табл.21). Средние концентрации многих химических элементов в десятки и сотни раз превышают кларковые уровни (т.е. среднее содержание в земной коре). Наиболее интенсивно концентрируются висмут (Kс = 1688), кадмий (308), олово (160), серебро (108), а также цинк, молибден, ртуть, вольфрам, медь, сурьма (Kс = 30-100), в меньшей степени фосфор, хром, свинец, никель, уран и др. Фиксируемая ассоциация, по всей видимости, достаточно объективно отражает специфику существующих на предприятиях города технологических процессов. По уровням концентрирования многих химических элементов ОСВ г.Саранска не уступают осадкам сточных вод других промышленных городов, "опережая" последние по концентрациям бериллия, фтора, цинка, стронция, молибдена, олова и, судя по-всему, висмута. Определенная часть химических элементов характеризуется уровнями, превышающими установленные для ОСВ ПДК (табл.20). Это бор, хром, стронций, барий, никель, цинк, кадмий, молибден, медь, что однозначно свидетельствует о невозможности использования этих отходов в качестве агромелиорантов (по крайней мере, без соответствующей обработки и подготовки). Для многих химических элементов, резко концентрирующихся в осадках, аналогичные ПДК отсутствуют. Однако сравнение уровней их концентрирования с кларком, фоновым содержанием в почвах, а также с существ-

Т а б л и ц а 19. Сравнительная характеристика общего химического состава осадков сточных вод г.Саранска

Компонент, % на сухую массу	О С В		Фоновые участки бассейна р. Инсар		Донные отложения р. Инсар, ниже г. Саранска
	среднее	пределы колебаний	почва	донные отложения	
SiO <sub>2</sub>	23,87	15,54-38,35	73,69	81,63	58,42
TiO <sub>2</sub>	0,25	0,19-0,31	0,54	0,33	0,64
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,70	3,56-5,73	6,41	5,22	10,98
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,04	0,36-2,12	0,47	4,03	3,73
FeO	3,00	2,54-3,55	2,59	0,57	2,66
MnO	0,045	0,038-0,048	0,20	0,078	0,079
CaO	8,00	7,57-9,72	0,47	0,78	2,20
MgO	1,40	1,24-1,65	0,70	0,37	1,36
K <sub>2</sub> O	0,58	0,55-0,63	0,55	0,56	0,92
Na <sub>2</sub> O	0,84	0,66-1,00	1,48	1,05	1,89
F <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,00	2,54-4,38	0,14	0,19	0,62
H <sub>2</sub> O	4,81	3,31-5,56	4,98	1,37	2,58
ППХ	46,08	34,92-57,79	7,20	3,66	12,23
Серя (свободная)	0,89	0,76-1,06	0,1	0,1	0,16
Серя (общая)	1,79	1,53-2,13	0,1	0,1	0,32
CO <sub>2</sub>	2,75	2,64-3,19	0,22	0,66	1,32

Примечание. Коэффициенты вариации для большинства компонентов колеблется в пределах 40-60%.

Т а б л и ц а 20. Сравнительная характеристика содержаний химических элементов в осадках сточных вод г.Саранска

№ п/п	Химический элемент	Среднее, мг/кг	Пределы колебаний, мг/кг	Kc относительно кларка (пределы колебаний)	ПДК в осадках сточных вод, мг/кг	Kc относительно ПДК (пределы)	Промышленные города мира [3], мг/кг
1	Бериллий	6,1	I-10	1,9 (0,3-3,1)	Норматив отсутствует	-	4-13
2	Бор	35	20-50	2,9 (1,7-4,2)	"	-	-
3	Фтор	3300	2400-4200	5 (3,6-6,4)	"	-	2-740
4	Скандий	2,6	I-3	0,26(0,1-0,3)	"	-	0,5-7
5	Титан	2500	2000-3000	0,6 (0,4-0,7)	"	-	-
6	Ванадий	56	30-70	0,6 (0,3-0,8)	"	-	20-400
7	Хром	1900	1000-3000	2,29 (1,2-3,6)	1200	1,6 (0,8-2,5)	20-40600
8	Марганец	610	300-800	0,6 (0,3-0,7)	2000	0,3 (0,2-0,4)	60-3900
9	Железо	21040	15000-25000	0,5 (0,3-0,5)	Норматив отсутствует	-	-
10	Кобальт	8,4	6-II	0,5 (0,3-0,6)	100	0,08(0,06-0,11)	2-260
11	Никель	690	410-860	11,9 (7-14,8)	400	1,7 (1,0-2,2)	15-5300
12	Медь	1700	1000-3000	36 (21-63)	1500	1,1 (0,7-2)	50-3300
13	Цинк	4500	3000-6000	54 (36-72)	4000	1,1 (0,8-1,5)	700-4900
14	Галлий	5	3-8	0,3 (0,2-0,4)	Норматив отсутствует	-	-
15	Мышьяк	9	7-10	5,3 (4,1-5,9)	20	0,5 (0,4-0,5)	2-26
16	Рубидий	26,4	16-35	0,2 (0,1-0,3)	Норматив отсутствует	-	-
17	Стронций	796	690-1000	2,3 (2-2,9)	300	2,6 (2,3-3,3)	40-360
18	Иттрий	12,6	6,8-15	0,6 (0,3-0,8)	Норматив отсутствует	-	-
19	Цирконий	100	73-150	0,6 (0,4-0,9)	"	-	5-90
20	Ниссий	4,5	3,2-5,9	0,2 (0,1-0,3)	"	-	-
21	Молибден	56	10-150	51 (9,1-136)	50 <sup>X</sup>	1,1 (0,2-3)	1-40
22	Серебро	7,6	5-15	108 (71-214)	Норматив отсутствует	-	-
23	Кадмий	40	20-80	307,6(153,8-615,4)	30	1,3 (0,7-2,7)	2-1500
24	Олово	400	200-600	160 (80-240)	Норматив отсутствует	-	40-700
25	Сурьма	16	10-30	32 (20-60)	"	-	-
26	Барий	270	100-500	0,4 (0,2-0,8)	100 <sup>X</sup>	2,7 (1-5)	150-4000
27	Иттербий	1	0,9-1,1	3 (2,7-3,3)	Норматив отсутствует	-	-
28	Вольфрам	54	30-100	41,5 (23-77)	"	-	-
29	Ртуть	4	3-5	48 (36-60)	15	0,3 (0,2-0,4)	0,1-55
30	Таллий	0,26	0,22-0,34	0,3 (0,2-0,3)	Норматив отсутствует	-	-
31	Свинец	240	100-500	15 (6,3-31,3)	1000	0,2 (0,1-0,5)	50-3000
32	Висмут	15,2	7-30	1688 (777-3333)	Норматив отсутствует	-	-
33	Торий	3,9	3-5	0,3 (0,2-0,4)	Норматив отсутствует	-	-
34	Уран	4,2	3,3-5,1	1,7 (1,3-2,1)	"	-	-

Примечание. а) кларк (т.е. среднее содержание в земной коре) - по А.П.Виноградову;

б) ПДК - предельно допустимая концентрация (или норматив) в ОСВ, используемых в качестве удобрений; значком <sup>X</sup> помечены ПДК для некоторых стран Европы и США;

в) Kc - коэффициент концентрации относительно среднего содержания в земной коре (кларка);

г) химико-аналитические исследования ОСВ выполнены атомно-абсорбционным методом (7,9,10-13,21-23,29,31,32), рентгеноспектральным (33,34), пламенной фотометрией (16,17), экстракционно-фотометрическим методом (30), количественным спектральным методом (3,6,8,15,24-26,28), приближенно-количественным спектральным методом (1,2,4,5,14,18-20,27);

д) содержания даны на сухую массу осадка.

вукшими ПДК для почв явно свидетельствуют о повышенной опасности ОСВ.

Т а б л и ц а 21. Ассоциация химических элементов в осадках сточных вод г.Саранска

Коэффициент концентрации относительно кларка земной коры					
Более 300	300-100	100-30	30-10	10-3	3-1,5
Bi <sub>1688</sub> -Cd <sub>308</sub>	Sn <sub>160</sub> -As <sub>108</sub>	Zn <sub>54</sub> -Mo <sub>51</sub> Hg <sub>48</sub> -W <sub>42</sub> Cu <sub>36</sub> -Sb <sub>32</sub>	P-Cr- Pb-Ni	As-F- Yb	B-Sr- Be-U

Высокая экотоксикологическая опасность ОСВ подтверждается и особенностями форм нахождения в них химических элементов (табл.22). Так, для кадмия, никеля, цинка характерно заметное преобладание подвижных форм (извлекаемых ацетатно-аммонийной вытяжкой) в общем балансе; существенна доля подвижных форм для марганца, магния, кальция, хрома, кобальта, меди. Характерно, что для молибдена и серебра (при преобладании прочно связанных форм) абсолютные concentra-

Т а б л и ц а 22. Формы нахождения химических элементов в осадках сточных вод

Химический элемент	Вал, мг/кг	Доля подвижных форм, %	Химический элемент	Вал, мг/кг	Доля подвижных форм, %
Хром	1338	0,7	Серебро	6,4	1,6
Марганец	252	32,5	Кадмий	37,2	52,7
Кобальт	8,4	13,2	Свинец	166	1,9
Никель	320	55,6	Железо	21040	0,4
Медь	866	3,3	MgO	9200	26,1
Цинк	2080	41,6	CaO	55600	46,2
Молибден	72	0,6			

ции в подвижных формах не уступают и даже превышают (особенно серебро) кларковые и фоновые уровни. Все это свидетельствует о высокой потенциальной мобильности присутствующих в ОСВ полиметаллов, о вероятности их миграции в сопредельные среды и возможном повышенном поступлении в водные системы.

В целом анализ данных показывает, что ОСВ города по своему химическому составу и геохимическим особенностям, являясь своеобразным новым типом современных новейших отложений, могут быть отнесены к токсичным видам отходов с высокой степенью опасности. Они

характеризуются высокими содержаниями широкой группы экотоксичных элементов, уровни концентрирования которых резко превышают средние концентрации в земной коре и фоновые в почвах, а также существующие ЦДК для ОСВ и почв. Безусловно, что эти отходы подлежат утилизации на специальных полигонах (с "жестким" контролем состояния окружающей среды), предусматривающих их раздельное захоронение, а также необходимое обеззараживание и т.п., не исключая возможности их использования как потенциального вторичного сырья для получения ряда полезных компонентов. Безусловно и то, что необходимо детальное геохимическое изучение ОСВ всех городов Мордовии с целью их своеобразной инвентаризации с позиций: а) опасных отходов, б) потенциальных агроамелирантов, в) источников загрязнения водных систем.

### 3. Техногенные потоки рассеяния химических элементов в донных отложениях

Параметры и морфология зон воздействия различных источников на водотоки (т.е. зон загрязнения) наиболее полно проявляются в донных отложениях, в которых формируются полиэлементные техногенные геохимические аномалии (техногенные потоки рассеяния) [24]. При изучении техногенных потоков рассеяния в донных отложениях, фиксирующих многолетнее загрязнение и свидетельствующих о его устойчивости, принципиальное значение имеет выяснение их состава (ассоциаций концентрирующихся поллитантов) и структурно-морфологических особенностей, а также форм нахождения химических элементов [13, 17, 23].

#### Общая характеристика донных отложений р.Инсар

Сброс значительных объемов сточных вод и поверхностного стока с городских и промышленных территорий способствовал поступлению в речную сеть больших объемов твердого материала техногенного происхождения, что принципиально изменило процесс современного аллювиального осадконакопления на значительной части русла р.Инсар и его притоков (рр.Саранка, Лепелейка, Пензятка, руч.Никитинского). Это привело к тому, что в руслах водотоков получил широкое распространение новый тип аллювиальных отложений — так называемые техногенные илы, которые по своим морфологическим и литогеохимическим параметрам резко отличаются от естественного речного аллювия [11, 24, 27, 28].

Фоновые участки русла реки Инсар (выше г.Рузаевка) высланы,

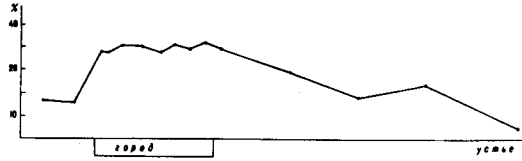
как правило, типичным речным аллювием, представляющим собой разновидности песков с обилием более крупного материала и присутствием незначительных количеств глинистых частиц.

Русло р.Инсар, примерно от устья р.Саранки и практически до с.Баево, а также русло руч.Никитинского, рек Саранки, Лепелейки и (в меньшей степени) Пензятки в значительной степени сложены техногенными илами. Они представляют собой черные или темные тонкие илестные отложения, с коричневатым оттенком, сверху мягкие (часто в виде насыщенной суспензии), книзу более плотные и пластичные, с резким неприятным запахом (химическим или гнилостным), маслянистые, жирные, при их взмучивании всплывают обильные нефтеподобные пятна. Очень часто в илах встречаются песчаные прослои более светлого цвета. Илы пачкаются и при длительном контакте оказывают раздражающее воздействие на кожу рук и разъедающее на резину (на экспедиционную лодку). Как правило, на участке реки от руч.Никитинский до створа городских очистных сооружений их мощность колеблется от 20-30 см до 100-120 см, причем максимальные значения приурочены к берегам; стержневые части русла могут быть высланы песчаными отложениями, но с обилием частиц техногенного ила. На участке русла ниже очистных сооружений мощность илов достигает 240-260 см и даже более (например, чуть выше устья р.Пензятки у левого берега р. Инсар была зафиксирована максимальная мощность илов равная 3 м!). "Залежи" техногенных илов мощностью до 120-150 см практически непрерывно прослеживаются до с.Баево. Даже в устьевой части р. Инсар наблюдались отложения мощностью до 120-150 см. Ориентировочные расчеты показали, что объем находящийся в русле р.Инсар и его притоков техногенных илов оценивается примерно в 0,5 млн.м<sup>3</sup> (исходя из протяженности русла ~70 км, средней его ширины ~15 м и средней мощности илов в 0,5 м), т.е. (если исходить из средней их объемной массы в 1,8 т/м<sup>3</sup>) около 0,9 млн.тонн.

Гранулометрический анализ донных отложений участков реки выше г.Саранска показал заметное преобладание в них песчаных фракций, присутствие грубозернистого песка и довольно равномерное распределение более тонких фракций, что типично для природных разновидностей аллювия [22]. Очень своеобразен гранулометрический состав техногенных илов, для которых характерно варьрующее соотношение различных фракций, более высокое содержание тонких частиц (алеурита и глины): Это, в частности, находит отражение в своеобразном распределении доли физической глины по руслу реки (рис.11). Как видим, если выше города ее доля в среднем составляет около 17%, то в пределах города закономерно возрастает до 25-30%, причем максимальные значения фиксируются ниже очистных сооружений. По мере удаления от



города вниз по течению реки отмечается заметное снижение доли тонких частиц; на отдельных участках в составе илов преобладают либо средние пески, либо грубый алеврит. Повышенные содержания тонких частиц указывают на высокую потенциальную гидродинамическую подвижность илов и их перемещение вниз по руслу, что подтверждается установившейся пространственной неоднородностью гранулометрического состава, свидетельствующей об их активном вторичном перестроении. Выявленные особенности гранулометрического состава характерны для илов, формирующихся в зонах влияния многих других объектов [22,26].



Р и с. II. Пространственное распределение физической глины в техногенных илах р. Инсар

Техногенные илы принципиально отличаются от фоновых донных отложений и содержанием основных компонентов общего химического состава. Так, донные отложения верховьев р. Инсар характеризуются преобладанием  $SiO_2$ , относительно невысоким содержанием органических веществ, отсутствием серы; их состав довольно стабилен в пространстве. В техногенных илах доля оксидов кремния резко снижается (в среднем до 50-65%, иногда до 48%), заметно возрастает содержание других компонентов (прежде всего, оксидов железа, кальция, магния), резко увеличивается количество органических веществ, стабильно присутствуют значимые содержания серы. Химический состав илов, отличаясь от состава коренного аллювия, уже менее стабилен в пространстве, причем отмеченная неоднородность прослеживается не только в горизонтальном строении илов, но и в вертикальном (табл. 23). Однако химическое своеобразие илов, даже при существующей вариации содержания основных компонентов состава, выдерживается на значительных расстояниях. Различия, как будет показано, проявляются лишь в уровнях концентрирования тяжелых металлов. Именно техногенные илы являются ареной развития контрастных и протяженных потоков рассеяния широкой группы химических элементов и определяют экстремально высокий уровень загрязнения реки.

Т а б л и ц а 23. Химический состав (%) техногенных илов р. Инсар

Место отбора проб	$SiO_2$	$TiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$FeO$	$MnO$	$CaO$	$MgO$	$Mn_2O$	$K_2O$	$P_2O_5$	$N_2O$	III	в свобод.	в общ.	$CO_2$
Створ ниже городских очистных сооружений:																
слой 0-60 см	62,32	0,64	10,52	4,24	1,36	0,076	2,20	1,16	0,98	1,89	0,49	2,50	10,46	0,17	0,35	1,32
" 60-120	58,42	0,64	10,98	3,73	2,66	0,079	2,20	1,36	0,92	1,89	0,62	2,58	12,23	0,16	0,52	1,32
" 120-180	57,64	0,60	11,00	3,93	3,74	0,076	1,80	1,05	0,95	2,10	0,38	1,82	13,17	0,16	0,33	0,77
" 180-240	59,24	0,61	10,64	4,72	2,30	0,070	1,72	1,05	1,00	2,10	0,33	2,44	12,01	0,37	0,74	0,66
" 240-300	64,35	0,59	9,92	5,17	1,41	0,057	1,72	0,84	1,00	1,89	0,25	2,18	9,88	0,29	0,58	0,66
Створ с. Пущина, ниже города (слой 0-60 см)	53,42	0,57	9,16	3,75	2,16	0,095	9,43	1,00	0,97	1,89	0,49	2,40	14,31	0,14	0,28	6,16
Фоновые отложения	81,63	0,32	5,22	4,03	7,57	0,078	0,78	0,37	0,56	1,05	0,19	1,37	9,66	0,1	0,1	0,66

Примечание. III - потери при прокаливании.

Геохимические ассоциации и особенности пространственного распределения химических элементов в техногенных илах

В табл.24 приведены ассоциации химических элементов, которые накапливаются в донных отложениях малых водотоков, протекающих в пределах г.Саранска и его ближайших окрестностей. Ручей Блохинский, дренирующий северо-западную окраину микрорайона "Светотехника" и впадающий в р.Пензятку, принимает поверхностный (талый и дождевой) сток с территории жилого района. Это находит отражение в слабоконтрастных аномалиях свинца, ртути, олова, стронция, ванадия, меди и серебра, которые входят в состав техногенных ассоциаций, характерных для городских почв. Таким образом, слабый уровень загрязнения ручья (по значению  $Z_c$  - суммарного показателя загрязнения) обусловлен атмосферными выпадениями и их последующей миграцией с дождями и талыми водами.

Средний уровень загрязнения (по значению  $Z_c$ ) р.Тавла определяется с одной стороны повышенным концентрированием в донных отложениях свинца, цинка, висмута, олова, поступающих с загрязненным атмосферными выбросами поверхностным стоком с территории города, а с другой - слабоконтрастными аномалиями бора, галлия, меди, стронция, лития, явно связанных с влиянием сельскохозяйственного производства.

Как свидетельствуют имеющиеся данные, в р.Пензятку поступают ливневые стоки ряда предприятий (прежде всего СИС-ЭВС); отмечены случаи аварийных и залповых сбросов. Это фиксируется контрастными аномалиями цинка, а также повышенными содержаниями бора, меди, свинца, висмута, вольфрама, фтора, олова и др., что обуславливает достаточно высокий уровень загрязнения реки ( $Z_c$  в среднем достигает 33).

Более интенсивно загрязнена р.Саранка ( $Z_c = 56$ ), в которую поступает не только талый и дождевой сток со значительной территории города, но и, по имеющимся сведениям, аварийно сбрасываемые бытовые сточные воды. Есть указания на то, что для засыпки отдельных оврагов использовались промышленные отходы и мусор с промплощадок. Это и находит отражение в сравнительно контрастных аномалиях ртути ( $K_c$  в среднем до 23), а также висмута, свинца, цинка, олова и ряда других элементов.

Химический состав илов свидетельствует о чрезвычайно высоком уровне загрязнения р.Лепелейки, принимающей сточные воды ПО "Орбита", завода медоборудования, пивзавода ( $Z_c$  в среднем 274). Состав фиксируемой техногенной ассоциации, безусловно, в большей степени

Таблица 24. Ассоциации химических элементов, накапливающихся в донных отложениях водотоков г.Саранска

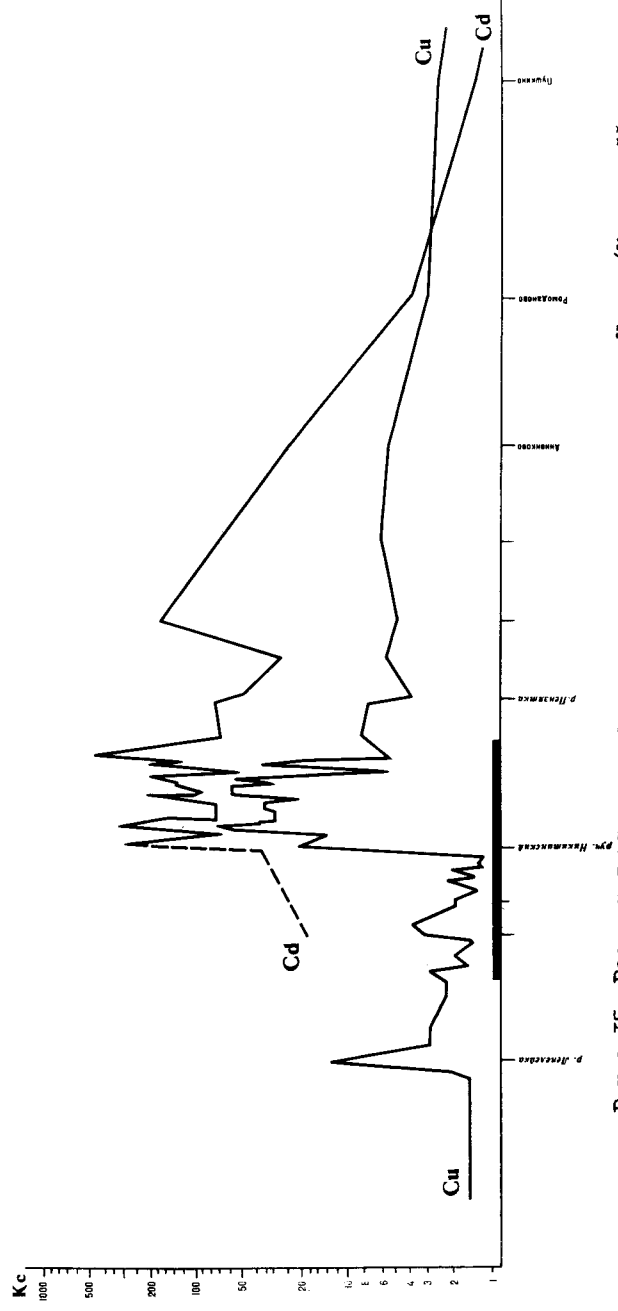
Водоток, место отбора проб	$Z_c$	Коэффициент концентрации относительно фона					
		более 300	300-100	100-30	30-10	10-3	менее 3
руч. Блохинский (микрорайон "Светотехника")	8	-	-	-	-	Hg-Pb	Sn-Sr-V-Cu-Ag
р.Тавла (устьевая часть)	18	-	-	-	-	Bi-Zn-Pb-B	Ga-Sn-Cu-Sr-Ag-Li
р.Пензятка (створ с.Александровка)	33	-	-	-	Zn <sub>11</sub>	B-Cu-Pb-Bi	Sn-W-P-Co Ga-Mi-Cr-Li-P-Sr
р.Саранка (устьевая часть)	56	-	-	-	Hg <sub>23</sub>	Bi-Pb-Zn-Sn-Sr-Ag-Cu	W-B-Ga
р.Лепелейка (устьевая часть)	274	-	Sn <sub>130</sub>	Bi <sub>90</sub>	Cu <sub>14</sub> -Ni <sub>11</sub>	Zn-Ag-Cr-Pb-W	Tl-Sr-Hg-Ga-P
руч. Никитинский (устьевая часть)	810	Cd <sub>308</sub>	Hg <sub>240</sub> -Mo <sub>130</sub>	Zn <sub>40</sub>	Sn <sub>29</sub> -Cu <sub>24</sub> -W <sub>19</sub>	Ag-Ni-Pb-Cr-Sr	P-Pe-Tl-V-Ga

Таблица 25. Ассоциации химических элементов, накапливающихся в техногенных илах руч.Никитинского

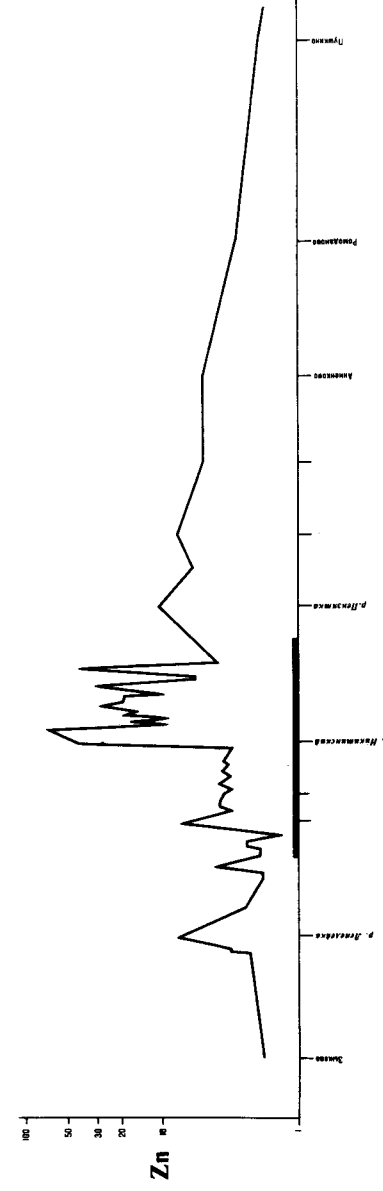
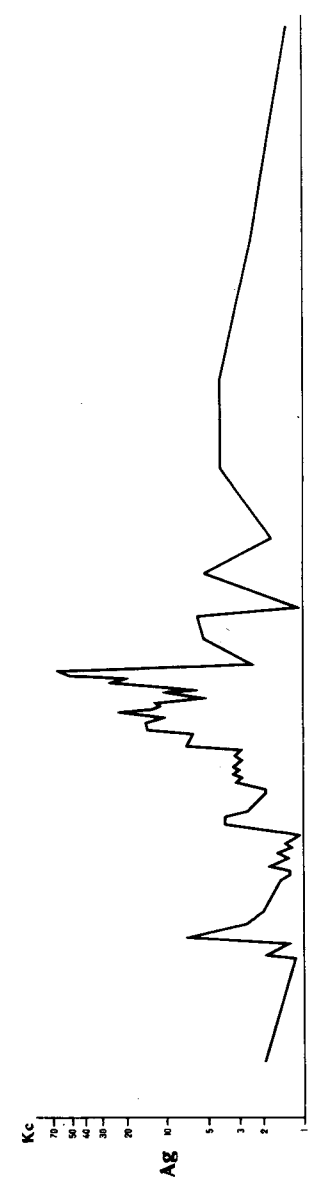
Место отбора проб (см. № на рис.)	$Z_c$	Коэффициенты концентрации относительно фона					
		более 300	300-100	100-30	30-10	10-3	менее 3
Верховья (1)	18	-	-	-	-	-	Pb-Zn-V-Sn-Hg-Ga
Дачи (2)	50	-	-	Hg <sub>35</sub>	-	Pb-Zn	Sr-Sn-Ag-Li-V-Co-Mo-Ga
ул.Титова (3)	240	-	Hg <sub>215</sub>	-	-	Pb-Mo-Sr-Ag-W-Zn	Sn-Cu-V-Ga
ул.Строительная, центр (4)	189	-	-	Hg <sub>80</sub> -Mo <sub>79</sub>	Zn <sub>13</sub>	Pb-Sr-W-Sn-Ag	Cu-Ni-V-Ba-Ga
ул.Пролетарская (5)	315	-	Cd <sub>154</sub>	Hg <sub>43</sub> -Mo <sub>42</sub>	Sn <sub>22</sub> -Zn <sub>17</sub> -Cu <sub>14</sub> -W <sub>12</sub>	Pb-Ni-Sr	Ag-Cr-P-Tl-Sc-V-Ga
Устьевая часть (6)	810	Cd <sub>308</sub>	Hg <sub>240</sub> -Mo <sub>130</sub>	Zn <sub>40</sub>	Sn <sub>29</sub> -Cu <sub>24</sub> -W <sub>19</sub>	Ag-Ni-Pb-Cr-Sr	P-Pe-Tl-V-Ga







Р и с. 15. Распределение кадмия и меди в донных отложениях р. Инсар (Кс – коэффициент концентрации относительно фона)



Р и с. 16. Распределение серебра и цинка в донных отложениях р. Инсар

Т а б л и ц а 26. Ассоциации химических элементов в донных отложениях р.Исар и его притоков в зоне влияния г.Саранска

Место отбора проб	№	Коэффициент концентрации относительно фона				
		Более 100	100-30	30-10	10-3	менее 3
с.Зыково	10	-	-	-	Bi	Pb-Zn-Sn-P-Cu-Cr-W-Ca-Mg
р.Допрачка (устье) ст.Посоп	274	Sn <sub>130</sub>	Bi <sub>90</sub>	Cu <sub>14</sub> -Ni <sub>10</sub>	Zn-Ag-Cr-Pb-W	Tl-Sr-Mg-Ca-P
	17	-	-	-	Bi-Sn-Zn	Ag-F-Cu-Pb-Ca-B-Mg-Mo
р.Саранка (устье)	56	-	-	Mg <sub>23</sub>	Bi-Pb-Zn-Sn-Sr-Ag-Cu	W-B-Ca
	810	Ca <sub>308</sub> -Mg <sub>240</sub> -Mo <sub>130</sub>	Zn <sub>40</sub>	Zn <sub>29</sub> -Cu <sub>24</sub> -W <sub>19</sub>	Ag-Ni-Pb-Cr-Sr	P-Pb-Tl-V-Ca
руч.Нивытн-ский 500 м ниже ручья	207	-	Ca <sub>74</sub> -Mg <sub>45</sub> -Sn <sub>33</sub>	Cu <sub>14</sub> -Mo <sub>12</sub>	W-Ag-Sn-Bi-Ni	Cr-Pb-Sr-P-B-Ca-Tl-F
Район городских очистных сооружений	358	Sn <sub>217</sub>	Ca <sub>77</sub>	Mg <sub>15</sub> -Mo <sub>15</sub>	Cu-Ag-Sn-Cr-Pb-W	Li-Tl-Ni-P-Sr-Co-Be
Выше р.Пензятки	318	Sn <sub>138</sub>	Ca <sub>83</sub> -Mg <sub>31</sub>	Mo <sub>12</sub> -Ni <sub>10</sub> -Cu <sub>10</sub>	Zn-W-Ag-Pb-Bi-Cr-Bi	Sr-Tl-B-F-Li-Co
с.Б.Вихонка	190	Sn <sub>117</sub>	Ca <sub>31</sub>	-	Mo-Sn-Cu-Tl-Ag-Pb-Cr-Mg	W-Bi-B-Ni-Sr-Ca-P-F
с.Кр.Дол	348	Ca <sub>215</sub>	Sn <sub>98</sub>	-	Zn-Cu-Mo-Cr-Tl	Sr-W-Ag-Mg-Cd-Bi-Pb-Bi-F
с.Шувалово	186	-	Ca <sub>77</sub> -Sn <sub>75</sub>	-	Cu-Zn-Mg-Mo-Ag-Tl-Cr	W-Ni-Pb-Bi-Sr-Co-Li
с.Анненково	48	-	-	Ca <sub>12</sub> -Sn <sub>10</sub>	Cu-Sn-Mo-Tl-Ag	Mg-Cr-Ni-Pb-Bi-Ca-V-F
п.Ромоданово	26	-	-	-	Mo-Sn-Cu-Tl-Cd-Sn	Sr-Ag-Pb-Bi-Cr-Mg-Ca
с.Пужкино	21	-	-	-	Sn-Cd-Tl-Cu-Sn	Ag-Mg-Mo-Pb-Sr-Cr-Ca-B
с.Ладя	10	-	-	-	Mo	Cu-Sr-Sn-Pb-Zn-Mg-Cr-V
с.Базово	20	-	-	-	-	Cu-Zn-Sr-Sn-Pb-Mo-B-Cr-Ca-Mg
р.Иноар (устье)	17	-	-	-	Zn-Mo	Cu-W-Sr-Sn-Tl-Cr-Cd-Mg

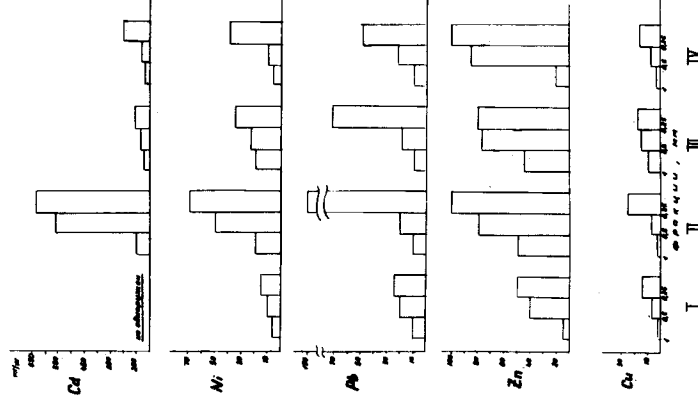
рам, серебро, медь, хром, никель - являются типоморфными элементами выявленных техногенных ассоциаций. Именно в их уровнях концентрирования и характере соотношений проявляется интенсивность и специфика загрязнения рек; именно для этих элементов фиксируются наиболее протяженные (даже в р.Алатырь) техногенные потоки рассеяния. В то же время, характерно появление таких элементов как фтор, таллий, бериллий, висмут, слабоконтрастные аномалии которых также прослеживаются на значительном протяжении в русле р.Исар.

Таким образом, геохимическое изучение донных отложений р. Исар и ее притоков в зоне влияния г.Саранска указывает на экстремально высокий их общий уровень загрязнения (по значению суммарного показателя загрязнения). В техногенных илах фиксируются контрастные техногенные потоки рассеяния широкой группы экотоксичных элементов. Наиболее резко (многократно выше фона) техногенные аномалии проявились для типоморфных элементов геохимических ассоциаций - олова, кадмия, ртути, молибдена, цинка, вольфрама, серебра, меди. Характерно появление достаточно выраженных аномалий таллия, фтора, хрома, никеля, свинца, стронция, железа, висмута, бериллия, сора. По уровням содержания, интенсивности концентрирования, составу ассоциаций и протяженности аномалий в техногенных илах р.Исар относится к одной из наиболее загрязненных рек, описанных в литературе.

Техногенные илы - источник вторичного загрязнения водной среды

Вывод полиметаллов из водной массы и их накопление в донных отложениях (техногенных илах) свидетельствует лишь о временном "самоочищении" воды. Многочисленными натурными и экспериментальными исследованиями было показано, что загрязняющие вещества могут поступать из илов в водную фазу [6,14]. При этом даже в случае полного прекращения сброса сточных вод интенсивно загрязненные отложения будут являться своеобразным источником вторичного загрязнения воды и биоты [18,26]. С этих позиций наибольший интерес представляет анализ распределения химических элементов в гранулометрическом спектре донных отложений и их физико-химических форм нахождения.

Полученные результаты свидетельствуют об определенных отличиях распределения металлов по гранулометрическим фракциям техногенных илов в сравнение с фоновыми отложениями (рис.17). Так, техногенные аномалии образовались за счет увеличения концентраций прак-



Т а б л и ц а 27. Сравнительная характеристика относительного содержания подвижных форм нахождения (выделяемых аммонийно-ацетатной вытяжкой) химических элементов в техногенных илах и фоновых донных отложениях

Химический элемент	Ручей Викитинский		Верховья р. Инсар	
	Вал	Ков	Коп	Вал
Хром	270	8,7	26	31
Кобальт	10	1,3	7,5	8
Никель	185	12,3	110	15
Медь	530	42,7	59,2	12,4
Цинк	360	10,9	35,8	33
Кадмий	24	184,6	660	0,13
Свинец	140	7,4	12,5	19

П р и м е ч а н и е. Ков - коэффициент концентрации аномального валового содержания относительно фонового вала; Коп - коэффициент концентрации аномального содержания подвижных форм относительно количества фоновых подвижных форм; % - доля подвижных форм в общем балансе.

Р и с. 17. Распределение металлов в градулометрическом спектре донных отложений  
 I - р. Инсар, с. Зыково; II - устье р. Уч. Нахитинского; III - р. Инсар, 5 км ниже ручья; IV - р. Инсар, с. Анненково.

276  
 497

тически во всех выделяемых фракциях, при этом характерно закономерное возрастание абсолютных содержаний химических элементов от крупных к тонким фракциям, что особенно резко проявляется для более загрязненных илов. По мере удаления от источников поступления поллитантов контрастность аномалий в грубых фракциях снижается, тогда как в наиболее тонкой - она проявляется достаточно резко. Приуроченность максимальных содержаний металлов к тонким фракциям илов, доля которых по сравнению с естественным аллювием увеличена, свидетельствует о вероятности их поступления в водную толщу при процессах взмучивания и переотложения с последующей десорбцией в раствор.

При изучении физико-химических форм закрепления поллитантов в илах принципиальное значение имеет выяснение соотношения подвижных (т.е. геохимически активных, способных легко переходить в раствор речных вод и включаться в биогеохимические процессы) и прочно связанных форм нахождения.

Практически для всех элементов в условиях максимального загрязнения отмечается заметное возрастание доли подвижных форм (табл. 27), при этом, во-первых, фиксируется увеличение (на фоне резкого возрастания валового содержания) и порой многократное доли подвижных форм конкретного элемента по сравнению с фоновыми условиями; во-вторых, для ряда элементов - кобальта, никеля, цинка, кадмия - подвижные формы либо преобладают, либо составляют существенную часть от валового содержания. Аналогичные факты установлены и при изучении форм нахождения металлов в техногенных илах р. Инсар, в которых для хрома, марганца, кобальта, никеля, меди, цинка, кадмия доля подвижных форм заметно увеличена либо является в отдельных точках преобладающей. Для железа, молибдена, свинца, некоторых других преобладают прочно связанные формы, однако абсолютные концентрации подвижных форм этих металлов могут значительно превышать валовые содержания в фоновых отложениях.

Таким образом, приведенные данные свидетельствуют о том, что в зонах загрязнения значительная доля поллитантов концентрируется в илах в подвижных формах, способных трансформироваться и переходить в водную фазу и включаться в биогеохимические циклы, т.е. техногенные илы являются и будут еще длительное время являться вторичным источником загрязнения речной системы.

4. Уровни содержания и особенности распределения химических веществ в поверхностных водах

Геохимические процессы, происходящие в толще воды водотоков, играют важнейшую роль в судьбе поллитантов, поскольку водная масса является связующим звеном между их поступлением (т.е. источником загрязнения) и аккумуляцией в донных отложениях (т.е. формированием устойчивых зон загрязнения) [12].

Высокая степень техногенного воздействия на поверхностные воды исследуемого района проявляется как в глубоком изменении общего состава речных вод, так и в заметном, часто экстремально высоком увеличении уровней содержания многих загрязняющих веществ.

Техногенное преобразование общего состава речных вод

Главное изменение, связанное с воздействием города, проявляется прежде всего в коренной перестройке гидрохимического облика поверхностных вод. Полученные данные показывают, что в зонах загрязнения на значительных участках водотоков очень часто естественный гидрокарбонатно-кальциевый тип воды с минерализацией порядка 350-380 мг/л переходит в гидрокарбонатно-хлоридно-кальциевый, гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый, гидрокарбонатно-натриевый тип с минерализацией до 500-1000 мг/л (табл.28). Таким образом, на сравнительно небольшой и однородной в ландшафтном отношении территории наблюдается резко выраженная мозаичность гидрохимического состава воды. Подобная пестрота в природных условиях практически не фиксируется. Аналогичные явления отмечены во многих антропогенных ландшафтах [13,20].

Трансформация общего состава воды происходит на общем фоне заметного возрастания ее минерализации, что связано с увеличением содержания практически всех макрокомпонентов. При этом наиболее глубокая трансформация речных вод характерна для водотоков, принимающих сточные воды предприятий. Так, в водах р.Мелелейка фиксируются контрастные аномалии фосфатов, хлоридов, натрия (приближающихся к уровням ЦДК), соединений азота (многократно превышающих фон). Вода р.Саранки отличается повышенными содержаниями натрия, хлоридов, сульфатов, фосфатов, соединений азота. В водах руч.Никитинского в резко повышенных содержаниях обнаружены аммонийный азот (выше ЦДК), калий, натрий, хлориды, сульфаты, фосфаты; очень велика общая минерализация. Для вод р.Пензятки отмечены высокие уровни нитратов, фосфатов, сульфатов, хлоридов, калия. Типичное сельско-

Таблица 28. Общегидрохимический состав воды мелких водотоков в р.Инсар

Водоток	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	Минерализация	pH	Тип воды
р.Левая	0,9	92,2	22,5	3,3	17,5	317,2	24,6	50	0,05	1,5	0,24	372	7,8	Гидрокарбонатно-кальциевый
р.Мелелейка	1,9	106,2	45	7,0	135	341,6	333	12,5	0,008	1,8	3,37	976	7,2	Гидрокарбонатно-натриевый
р.Тавла	1,1	408	21,9	6,5	18	341,6	53,2	97	0,084	5,0	0,38	473	7,6	Гидрокарбонатно-кальциевый
р.Саранка	2,6	163,3	3,2	2,5	60	363	163,1	81	0,078	5,8	1,4	662	7,6	Гидрокарбонатно-хлоридно-кальциевый
руч.Никитинский	15,7	96,2	51,7	20,3	155,0	390,4	283,4	177,7	0,98	2,0	1,20	953	7,4	Гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый
р.Пензятка	2,1	97,2	28,6	7,5	33,7	314,2	63,8	75,0	0,032	6,6	1,4	463	7,8	Гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый
р.Инсар ше р.Гуваевка	0,25	140,2	17,0	8,3	14,0	384,3	15,7	23,54	0,011	3,0	0,20	374,6	7,6	Гидрокарбонатно-кальциевый
р.Инсар, с.Зяково	1,35	112,2	28,1	12,4	46,0	378,2	74,5	81,7	0,15	2,2	2,80	559,0	7,4	"
р.Инсар, ст.Посоп	1,10	98,2	23,1	6,5	31,2	329,4	51,4	91,0	0,06	5,4	0,06	466,0	7,6	"
р.Инсар, выше руч.Никитинский	3,6	92,2	22,8	8,5	50	311,1	92,2	100	0,082	7,4	1,04	598	7,4	Гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый
р.Инсар, выше городских очистных сооружений	2,4	71,1	18,2	7,0	25	265,4	46,1	94	0,047	6,0	0,64	418	7,8	"
р.Инсар, ниже городских очистных сооружений	21,0	95,2	42,6	16,2	12,5	517,4	219,2	148	0,045	1,6	9,41	950	7,9	Гидрокарбонатно-хлоридно-кальциевый
р.Инсар, с.Кр.Мол	5,2	106,2	30,4	13,7	91,0	417,9	149,9	51,6	0,003	1,0	3,16	663,4	7,8	"
р.Инсар, п.Романово	2,3	71,1	20,1	7,5	28,7	280,6	63,2	67,0	0,075	3,4	0,29	396	7,8	Гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый
р.Инсар, с.Лада ФОН	4,2	97,2	25,5	8,7	41,2	335,8	70,9	105	0,042	2,8	0,53	594	8,0	Гидрокарбонатно-кальциевый
	0,75	65	20	1	16	250	10	15	0,020	1,5	0,05	330-350	7,3	Гидрокарбонатно-кальциевый
ЦДК	2,6	-	-	-	200	-	350	500	3,3	45	3,5	1000		

Примечание. Приведены данные по летней межени; одной четкой отмечены содержаниями заметно выше фона; двумя - превышающие ЦДК или норматив.



хозяйственное воздействие фиксируется данными по р.Левже (соединения азота, магний, калий). Для р.Тавлы характерно проявление как сельскохозяйственного, так и относительно слабого промышленного воздействия.

Как результаты гидрохимической съемки (табл.28), так и данные специальных динамических наблюдений и прослеживаний (табл. 29,30) указывают на глубокую техногенную метаморфизацию вод р.Инсар. Практически на всем протяжении (от устья руч.Никитинского) вода р.Инсар стабильно содержит чрезвычайно высокие уровни многих макрокомпонентов. Так, уровни содержания аммонийного азота многократно превышают фоновые уровни (в десятки раз) и ПДК; концентрация фосфатов, превышая ПДК (в несколько раз) в ближней зоне, в сотни раз выше фона. Достаточно контрастные аномалии фиксируются для нитритов и нитратов, причем их концентрации закономерно увеличиваются по мере удаления от источников поступления в результате трансформации аммонийного азота. Резко повышены также содержания натрия, сульфатов, калия, хлоридов и соответственно высока общая минерализация воды.

Одним из ярких последствий техногенного загрязнения вод является значительное возрастание количества переносимых дисперсных частиц, т.е. увеличение мутности воды [21]. В данном случае, если выше города мутность воды в р.Инсар колеблется в пределах 10-20 мгу/л, то в пределах города она увеличивается в среднем в 1,5-2 раза, достигая в руч.Никитинском 80-100 мг/л, а ниже сброса с городских очистных сооружений - 40-60, в отдельные дни 100-120 мг/л. На участке от с.Кр.Дол до с.Лада мутность находилась в пределах 28-35 мг/л, закономерно снижаясь к устью реки. Локальное увеличение мутности (в 3-5 раз) в отдельных точках русла реки связано со взмучиванием загрязненных донных отложений. Техногенно измененные речные воды отличаются также чрезвычайно высоким содержанием легкоокисляющихся органических веществ (в среднем в 1,5-3 раза выше фоновых значений). Особенно значительное их количество фиксировалось в водах руч.Никитинского и в воде р.Инсар ниже очистных сооружений (в 5-7 раз выше фона). Можно утверждать, что в систему р.Инсар поступает значительное количество разнообразных органических веществ, что подтверждается данными по легкоокисляющейся органики и результатами прямых наблюдений за распределением фенолов, нефтепродуктов, СПАВов, содержания которых могут превышать ПДК.

Таким образом, данные по общему химическому составу речных вод, уровням распределения макрокомпонентов, соединений азота и фосфора, а также по ряду физико-химических параметров (рН, окисляемости, мутности) свидетельствуют о чрезвычайно интенсивном загрязнении поверхностных вод. Значения многих показателей и уровни

Т а б л и ц а 29. Уровни содержания соединений азота и фосфора в поверхностных водах (по данным динамических наблюдений), мг/л

Место расположения створа наблюдения	Аммонийный азот (пределы)		Нитриты (пределы)		Нитраты (пределы)		Фосфаты (пределы)	
	среднее	пределы	среднее	пределы	среднее	пределы	среднее	пределы
р.Инсар, Зыково	1,39	(0,2-2,9)	0,13	(0,11-0,14)	12,4		2,78	(0,50-4,40)
р.Инсар, Посоп	0,26	(0,10-0,82)	0,06	(0,05-0,07)	8,0		0,66	(0,54-0,76)
руч.Никитинский (устье)	2,47	(1,5-4,0)	0,14	(0,06-0,26)	4,0		1,33	(0,76-1,84)
р.Инсар, 0,5 км ниже	2,7	(1,5-6,0)	0,11	(0,006-0,17)	0,5		2,2	(1,4-3,2)
р.Инсар, выше ГОС	4,8	(4-5,3)	0,005	(0,002-0,009)	0,5		4,26	(3,52-4,58)
сток с биопрудов ГОС	26,1	(23,5-29,5)	0,002		0,5		13,4	(3,3-43,60)
р.Инсар, Кр.Дол	8,8	(7,5-8,7)	0,003	(0,002-0,006)	0,5		6,6	(5,20-8,30)
р.Инсар, Анненково	4,2	(3,6-4,6)	0,11	(0,08-0,19)	5,6	(5,2-6,0)	2,21	(1,98-3,04)
р.Инсар, Ромоданово	-	(3,4-4,2)	-	(0,07-0,13)	7,5	(7-8)	-	(1,51-3,65)
р.Инсар, Пушкино	4,1	(4,0-4,2)	-	(0,15-0,39)	7	(6-8)	-	(1,2-1,98)
р.Инсар, Лада	-	(2,8-3,5)	-	(0,16-0,40)	7,2	(6-8,4)	-	(0,71-1,20)
р.Инсар, Баево	-	(2,3-3,3)	-	(0,16-0,40)	6,5	(6-7)	-	(0,71-1,92)
Фон	0,5		0,02		1,5		0,05	
ПДК	2,6		3,3		45		3,5	

П р и м е ч а н и е. ГОС - городские очистные сооружения; приведены данные за летний месяц.

Т а б л и ц а 30. Уровни содержания некоторых компонентов в воде р. Инсар (по результатам гидрохимического прослеживания), мг/л

Место отбора проб	pH	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{SO}_4^{2-}$	Сухой остаток	Калий	Натрий
р. Инсар, с. Зыково	7,4	<u>0,85</u>	<u>0,043</u>	<u>5,6</u>	<u>1,4</u>	<u>132</u>	<u>585</u>	<u>8,3</u>	<u>59,2</u>
р. Инсар, ст. Посол	7,6	<u>0,22</u>	<u>0,032</u>	<u>4,6</u>	<u>0,45</u>	<u>102</u>	-	-	-
Руч. Никитинский	7,0	<u>1,88</u>	<u>0,003</u>	<u>4,2</u>	<u>3,89</u>	<u>320</u>	<u>1065</u>	<u>20,8</u>	<u>185</u>
р. Инсар, 500 м ниже руч. Никитинского	7,5	<u>5,62</u>	<u>0,030</u>	3,0	<u>1,30</u>	<u>132</u>	-	-	-
р. Инсар, створ городских очистных сооружений	7,2	<u>8,96</u>	<u>0,003</u>	<u>2,8</u>	<u>8,41</u>	<u>146</u>	<u>919</u>	<u>20,0</u>	<u>133</u>
р. Инсар, с. Кр. Дол	7,3	<u>7,60</u>	<u>0,007</u>	<u>2,4</u>	<u>3,10</u>	<u>137</u>	<u>830</u>	<u>15,0</u>	<u>122</u>
р. Инсар, с. Анненково	7,6	<u>6,28</u>	<u>0,100</u>	<u>2,0</u>	<u>2,05</u>	<u>185</u>	-	-	-
р. Инсар, п. Ромоданово	7,4	<u>5,52</u>	<u>0,062</u>	<u>2,0</u>	<u>2,05</u>	<u>160</u>	-	-	-
р. Инсар, с. Лада	7,4	<u>6,80</u>	<u>0,007</u>	<u>2,2</u>	<u>3,60</u>	<u>132</u>	-	-	-
р. Инсар, с. Баево	7,2	<u>5,00</u>	<u>&lt;0,002</u>	<u>2,6</u>	<u>4,25</u>	<u>170</u>	<u>766</u>	-	-
р. Инсар, устье	7,3	<u>4,50</u>	<u>&lt;0,002</u>	<u>1,8</u>	<u>3,75</u>	<u>180</u>	<u>916</u>	<u>15</u>	<u>90</u>
фон		0,50	0,020	1,5	0,05	15	350	1	6
ПДК или норматив		2 (по азоту)	3,3	45	3,5	500	1000	-	200

П р и м е ч а н и е. Одной чертой подчеркнуты значения, превышающие фон; двумя - ПДК или норматив; прочерк - компонент не определялся.

содержания разных компонентов многократно превышают фоновые параметры. Для аммонийного азота и фосфатов стабильно и практически на всем протяжении реки (от устья руч. Никитинского) фиксируются концентрации выше ПДК (в несколько раз). На отдельных участках р. Инсар, а также его основных притоков (рек Лепелейка, Пензятка, руч. Никитинский) отмечены концентрации натрия, хлоридов, сульфатов, приближающиеся или даже превышающие существующие стандарты. Воды р. Инсар и его притоков характеризуются чрезвычайно повышенной минерализацией (в отдельных случаях достигая и превышая норматив по сухому остатку). В принципе, в настоящее время в русле р. Инсар мигрируют воды, представляющие собой своеобразную разновидность сточных вод. Это подтверждается данными о распределении и уровнях содержания химических элементов, прежде всего тяжелых металлов.

#### Особенности распределения химических элементов в речных водах

Химические элементы мигрируют в природных водах в двух основных физико-химических формах - растворенной и взвешенной, т.е. в составе взвешенных частиц [6,12]. Если для растворенных форм ряда индиредентов существуют как международные, так и национальные стандарты, то для взвешенных - они не разработаны. В то же время современный уровень загрязнения поверхностных водотоков во многом определяется поступлением и миграцией взвешенных форм поллитантов, обуславливающих формирование аномалий в донных отложениях [11,22].

В табл.31,32 приведены данные о распределении растворенных и взвешенных форм некоторых химических элементов в воде основных потоков р. Инсар, полученные по результатам гидрохимической съемки. Прежде всего обращают на себя внимание их чрезвычайно высокие уровни в водах руч. Никитинский. Так, фиксируются концентрации растворенных фтора, лития, стронция, железа, кадмия, превышающие ПДК и многократно фоновые содержания. Очень высоки уровни растворенных меди и ртути (приближаются к ПДК), а также стронция. Характернейшая особенность для вод руч. Никитинского - миграция многих элементов во взвешенных формах, причем для хрома, олова, меди, цинка, никеля, кадмия, железа контрастность техногенных аномалий очень велика; достаточно контрастны аномалии во взвешенных формах ртути и свинца.

В водах р. Пензятки зафиксированы экстремально высокие уровни растворенных форм фтора (более 10 ПДК), лития (2 ПДК), цинка (в 10 раз выше фона), никеля (в 50 раз выше фона), стронция (в 7,5 раз выше фона); повышены содержания взвешенных форм свинца и марганца.

Т а б л и ц а 31. Уровни содержания некоторых металлов в поверхностных водах, мкг/л

Место отбора проб	М е д ь				Ц и н к			
	Р	В	Вал	%	Р	В	Вал	%
руч.Саранка (устье)	4	1,8	5,8	69	10	2,6	12,6	79
руч.Никитинский (устье)	<u>880</u>	<u>1440</u>	<u>2320</u>	38	8	<u>156</u>	<u>164</u>	5
р.Пензятка	8	<u>6,5</u>	<u>14,5</u>	55	<u>154</u>	<u>27</u>	<u>181</u>	85
ФОН	7,6	1,9	9,5	80	15	7,2	22,2	67
ПДК	1000	-	-	-	1000	-	-	-

Окончание табл.31

Место отбора проб	Н и к е л ь				К а д м и й				Р т у т ь			
	Р	В	Вал	%	Р	В	Вал	%	Р	В	Вал	%
руч.Саранка (устье)	<u>22</u>	1,5	<u>23,5</u>	94	-	-	-	-	0,05	<u>0,07</u>	0,07	71
руч.Никитинский (устье)	<u>20</u>	<u>100</u>	<u>120</u>	17	<u>2,0</u>	<u>92</u>	<u>94</u>	2	<u>0,40</u>	<u>0,10</u>	<u>0,50</u>	80
р.Пензятка	<u>126</u>	1,5	<u>127,5</u>	99	-	-	-	-	0,05	0,02	-	-
ФОН	<u>2,6</u>	1,9	<u>4,5</u>	58	0,24	0,36	0,6	40	0,07	0,02	0,09	78
ПДК	100	-	-	-	1	-	-	-	0,5	-	-	-

П р и м е ч а н и е. Прочерк - не обнаружено; Р - растворенные формы; В - взвешенные формы; % - доля растворенных форм от вала; ПДК для ртути - по неорганическим соединениям; одной чертой отмечено превышение фона; двумя - ПДК.

Т а б л и ц а 32. Уровни содержания химических элементов в речных водах  
А. Растворенные формы

Место отбора проб	мг/л			мкг/л	
	Фтор	Литий	Стронций	Мышьяк	Железо
р.Левня (устье)	<u>0,36</u>	< 0,03	3,5	3,0	200
р.Саранка (устье)	<u>0,72</u>	< 0,03	3,8	3,0	200
руч.Никитинский (устье)	<u>2,84</u>	<u>0,08</u>	<u>7,5</u>	1,0	<u>1600</u>
р.Пензятка (устье)	<u>19,86</u>	<u>0,06</u>	<u>5,3</u>	3,0	<u>200</u>
ФОН	0,1	< 0,03	0,7	2	270
ПДК	1,5	0,03	7	50	300

## Б. Взвешенные формы, мкг/л

Место отбора проб	Марганец	Железо	Ванадий	Хром	Олово	Свинец
р.Саранка (устье)	22	500	-	-	-	1,0
руч.Никитинский (устье)	67	<u>4000</u>	<u>8,7</u>	<u>194</u>	<u>36</u>	<u>11,0</u>
р.Пензятка	45	400	-	-	-	5
ФОН	25	1175	3,0	3,0	0,9	3,5

П р и м е ч а н и е. Прочерк - компонент не определяется; одной чертой отмечены содержания, превышающие фон; двумя - ПДК.

Воды р.Саранки отличаются значимыми содержаниями растворенных форм фтора, а также слабоконтрастными аномалиями стронция и мышьяка.

Высокие уровни содержания как растворенных, так и взвешенных форм многих химических элементов фиксируются по данным гидрохимического прослеживания и в воде р.Инсар (табл.38). Так, практически на всем протяжении реки (начиная от руч.Никитинского) уровни фтора были выше ПДК; характерно появление в водах ручья и в реке ниже его устья растворенных форм вольфрама, лития, марганца, превышающих ПДК. Очень контрастны (во много раз выше фона) техногенные аномалии растворенных форм стронция, титана, алюминия, хрома, олова, цинка, никеля, кадмия и особенно молибдена. Значимые содержания свинца фиксируются в устье руч.Никитинского. Принципиальным является тот факт, что для большинства элементов аномалии в растворенных формах достаточно стабильны на всем участке р.Инсар ниже города как в пространстве, так и во времени. Это подтверждается данными динамических гидрохимических наблюдений (табл.34), а также опробованием вод в зимний и весенний периоды. Так, в зимнее время в водах р.Инсар ниже г.Саранска (створ п.Ромоданово) при разовом опробовании уровни содержания растворенных форм марганца, олова, молибдена, ванадия, титана, меди, цинка, никеля, хрома заметно превышали фон, концентрации железа и алюминия - ПДК. В период весеннего половодья уровни растворенных марганца, железа, алюминия были выше ПДК, а олова, молибдена, серебра, цинка и ряда других металлов - заметно выше фоновых концентраций.

Для ряда элементов - молибдена, хрома, олова, меди, цинка, никеля, ртути, кадмия - фиксируются контрастные аномалии во взвешенных формах, т.е. существенная их доля поступает и мигрирует в составе техногенной взвеси. Именно высокие уровни поллютантов во взвеси и приводят в итоге к формированию контрастных техногенных аномалий в донных отложениях. Роль техногенной взвеси в поставке поллютантов подтверждается и данными по уровням содержания химических элементов в так называемой сепарационной взвеси, получаемой отстаиванием больших объемов речной воды. Для многих металлов (хрома, железа, никеля, меди, цинка, молибдена, серебра, ртути, свинца и др.) фиксируется резкое превышение фоновых параметров. Принципиальным является тот факт, что для химических элементов характерно их преимущественное закрепление в поступающей и мигрирующей взвеси в подвижных, геохимически активных формах. Это указывает, во-первых, на то, что они могут переходить в раствор; во-вторых, на то, что выпадая в осадок, т.е. по-сути формируя техногенные илы, поллютанты лишь временно выводятся из миграционного потока, являясь

Т а б л и ц а 33.

Уровни содержания химических элементов в воде р. Инсар  
(по результатам равновесного гидрохимического проследования), мкг/л

Место отбора проб	Уром		Моллюды		Олово		Ваннадий		Мергалец		Мель		Цинк		Никель		Ртуть		Магний		Свинец	
	Р	В	Р	В	Р	В	Р	В	Р	В	Р	В	Р	В	Р	В	Р	В	Р	В	Р	В
р. Инсар, с. Зыково	7,7	1,5	3,4	0,5	0,3	0,5	-	-	45,6	14,3	3	1,1	8	3,2	10	5	0,05	0,08	0,5	0,5	5	2
р. Инсар, ст. Дюлоп	-	1,4	-	-	-	-	-	-	-	24,6	3	1,4	6	8,4	32	1,2	0,05	0,13	0,5	0,5	5	2
руч. Икитинский	35,2	93,7	149,1	240	4,8	240	1,5	8	101,2	18,7	6	125	36	57,9	64	35	0,10	0,41	0,5	5,0	6	3
р. Инсар, 500 м ниже ручья	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,7	5	18,9	22	32,8	54	5,7	0,05	0,25	0,5	0,5	5	2
р. Инсар, ст. Дюлоп	36,9	90	115	4	2,2	220	1,4	7	81,5	17,5	5	65	22	125	30	12,5	0,05	0,25	0,5	0,5	5	2
руч. Икитинский	-	64	108	2	3,3	40	1,2	4,8	33,2	30	4	50	10	120	32	0,5	0,05	0,21	0,5	0,5	5	2
р. Инсар, с. Кр. Дюл	37,4	40	-	-	-	16,4	6,6	-	21,4	4	4	27,1	16	57,1	32	7	0,05	0,17	0,5	0,5	5	2
р. Инсар, с. Амвельково	-	20	-	-	-	-	-	-	-	14,3	4	12,4	10	28,5	40	5,2	0,05	0,17	0,5	0,5	5	2
руч. Икитинский	-	10	-	-	-	-	-	-	-	16,7	5	6,7	4	16,7	32	0,5	0,05	0,04	0,5	0,5	5	2
р. Инсар, с. Дюлоп	46	2	32	2	3,8	6,8	н.о.	2,5	36,0	12,5	6	7,5	32	60	0,5	0,05	0,10	0,5	0,5	5	2	
р. Инсар, с. Базово	32,6	1,5	90	0,6	4,5	4	н.о.	2,7	13,1	37,5	4	5	28	56	0,5	0,05	0,14	0,5	0,5	5	2	
р. Инсар, устье	3	3	0,5	1,0	0,5	0,9	1,14	3,0	25	25	7,6	49	15	7,2	2,6	1,9	0,07	0,02	0,24	0,36	2,2	3,5
ФОН	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	1000	-	1000	-	100	-	0,05	-	-	-	-	30
ЦНК	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание. Р - растворенные формы; В - взвешенные формы; одной чертой подчеркнуты значения, превышающие фон; двумя - ЦНК; пробы - компоненты не определялись; н.о. - не обнаружено.

Т а б л и ц а 34.

Уровни содержания химических элементов в поверхностных водах, мкг/л  
(по данным динамических наблюдений)

## А. Растворенные формы

Место расположения створа наблюдений	Фтор		Медь		Цинк		Среднее (предел колебаний)		Никель		Ртуть		Свинец
	Р	В	Р	В	Р	В	Р	В	Р	В	Р	В	
р. Инсар, Зыково	640	(250-1320)	3,7	(2-6)	3,6	(2-6)	29	(20-50)	0,5	0,05	0,05	0,05	5
р. Инсар, Дюлоп	1100	(410-1920)	3,4	(2,6-4)	4,2	(4-6)	21	(16-24)	0,5	0,05	0,3	(0,1-0,4)	5,5
руч. Икитинский	2300	(790-3010)	56	(40-80)	6	(4-8)	44	(28-100)	0,8	(0,5-1,0)	0,1	(0,05-0,15)	5
р. Инсар, 0,5 км ниже ручья	1200	(470-2100)	8	(4-12)	6	(4-8)	20	(15-24)	0,5	0,05	0,05	0,05	5
р. Инсар, Кр. Дюл	2700	(610-3920)	5	(4-6)	6	(4-8)	40	(28-50)	0,5	0,05	0,05	0,05	5
р. Инсар, Ремованово	1700	(1300-2400)	1,3	(1-2)	7	(4-10)	13	(6-24)	0,5	0,05	0,07	0,07	2,2
ФОН	100	-	7,6	-	15	-	2,6	-	0,24	-	0,5	-	30
ЦНК	1500	-	1000	-	1000	-	100	-	1	-	0,5	-	-

## Б. Взвешенные формы

Место расположения створа наблюдений	Медь		Цинк		Среднее (предел колебаний)		Никель		Ртуть		Свинец
	Р	В	Р	В	Р	В	Р	В	Р	В	
р. Инсар, Зыково	0,8	(0,5-1,3)	3,1	(2-5,4)	2	2	0,5	0,03	(0,01-0,06)	0,03	2
р. Инсар, Дюлоп	0,6	(0,4-0,8)	2,3	(1,5-3,4)	2	28	(7-71)	0,5	0,06	(0,01-0,11)	2
руч. Икитинский	667	(245-1333)	50	(12-143)	28	(7-71)	23	(6,64)	0,18	(0,13-0,24)	3,3
р. Инсар, 0,5 км ниже ручья	70	(39-136)	21	(10-40)	5	(1,3-2,4)	1,8	(1,3-2,4)	0,19	(0,03-0,50)	2
р. Инсар, район Горских очистных сооружений	81	(16-100)	40	(2-152)	14	(2-32)	2	(0,5-4,0)	0,07	(0,02-0,33)	2
р. Инсар, Кр. Дюл	23	(14-39)	22	(9-35)	12	(5-17)	1,2	(0,5-2,9)	0,29	(0,03-0,27)	2
р. Инсар, Амвельково	13	(8-17)	18	(15-21)	4	(3-5)	0,7	(0,5-0,9)	0,19	(0,1-0,3)	2
ФОН	1,9	-	7,2	-	1,9	-	0,36	-	0,02	-	3,5

Примечание. Приведены данные за 8-дневный период наблюдений.

потенциально подвижными [22]. Это еще более увеличивает существующую опасность загрязнения водных систем исследуемого района.

Таким образом, полученный материал свидетельствует о чрезвычайно сильном загрязнении поверхностных вод в зоне влияния города Саранска широким комплексом химических элементов, причем практически для всех изученных поллютантов характерно многократное превышение фоновых уровней (как для растворенных, так и для взвешенных форм миграции). Для многих элементов в потоках загрязнения велико значение взвешенных форм, экологическая опасность которых усугубляется преобладанием в техногенной взвеси подвижных, геохимически активных их форм нахождения. Для таких компонентов, как аммонийный азот, фосфаты, натрий, хлориды, фтор, литий, стронций, железо, кадмий, вольфрам, марганец, никель, алюминий постоянно фиксируются уровни, превышающие ЦДК.

#### 5. Биогеохимические особенности техногенных потоков рассеяния

Исследование накопления химических элементов водными растениями показало, что по сравнению с местным фоном уровни их содержания в зоне влияния промышленных и городских стоков резко повышены (табл.35). Наиболее интенсивно биоконцентрирование проявлено для элементов, которые присутствуют в речных водах и донных отложениях в повышенных содержаниях, что вполне закономерно. Значимые содержания ртути фиксировались лишь в отдельных точках, превышая фон в 2-5 раза. В целом, установленная интенсивность биогеохимических аномалий ртути заметно уступает описанным в литературе ситуациям, обусловленным воздействием ртутных производств [26]. Кроме того, в растениях из руч.Никитинского и р.Инсар ниже ручья отмечались уровни железа и марганца, превышающие фон (в 3-12 раз), а также кобальта (в 1,5-2 раза).

На поверхности растений (листьях, стеблях) практически всегда наблюдается адсорбция (точнее прилипание) взвешенных в воде твердых частиц. Нами было изучено распределение ряда химических элементов в такой взвеси, условно названной "эпифитовзвесь" (табл.36). Как видим, эпифитовзвесь характеризуется высокими содержаниями многих поллютантов. Показательно, что для ряда элементов контрастность проявления в ней техногенных аномалий намного резче, нежели в других компонентах водной среды.

Таким образом, результаты биогеохимических исследований подтверждают чрезвычайно высокий уровень загрязнения водной системы

р.Инсар широким комплексом тяжелых металлов и указывают на вероятность включения последних в водные пищевые цепи.

Т а б л и ц а 35. Коэффициенты концентрации химических элементов в гидрофитах относительно фонового уровня

Место отбора проб	Ni	Cd	Zn	Mo	Cu	Pb	Cr	Sn	Ag	W
руч.Никитинский	10	60	16	4	7,5	3,1	12,3	4	2	20
р.Инсар, 0,5 км ниже ручья	2,6	20	3	2	1,8	1,9	10	4	1,5	10
р.Инсар, очистные сооружения	1,5	47	3,5	2	6,3	1,9	8	15,6	1,5	8
р.Инсар, с.Кр.Дол	1,7	99	4	2,5	3	1,4	4,5	8	5	20
" с.Шувалово	1,5	54	5,2	5	3,2	1,6	3,9	7,6	3	20
" с.Лада	2,2	11	5	2,5	2,2	1,2	2,1	3	2	10
р.Инсар, устье	2	8	1,5	1,2	1,1	1,1	1,1	1	1	5

Т а б л и ц а 36. Коэффициенты концентрации химических элементов в эпифитовзвеси р.Инсар относительно фонового уровня

Место отбора проб	Ni	Zn	Mo	Ag	Cd	Sn	W	Hg	Pb
с.Зыково	6,1	4	5	4	1	2,3	1	1	2,7
руч.Никитинский	10	9	30	7	77	7	7,7	500	10
0,5 км ниже его устья	9,4	6,4	17	2	25	3,1	7,7	167	9,1
с.Анненково	7,8	12	50	16	23	26	7	2	2,9
с.Пушкино	5,4	4	12	8	23	3,9	3,8	1,7	3,2
с.Лада	5	21	12	4	38	59	7	33	8

4. ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА  
СОСТОЯНИЯ р. АЛАТЫРЬ

В последнее время в местной печати появились сообщения о неблагоприятном состоянии экосистемы р.Алатырь, что во многом соответствует действительности. Дело в том, что качество вод реки во многом определяется состоянием ее основных притоков, в первую очередь рек Инсар и Нуя. Так, водный сток Алатырь примерно на 20-25% формируется за счет поступления чрезвычайно интенсивно загрязненных вод р.Инсар. Существенная доля поллютантов поступает в Алатырь по р.Нуе, в бассейне которой расположены ш. Чамзинска и Комсомольский с крупнейшим объединением по производству цемента, а также ряд сельскохозяйственных объектов. Экологическая ситуация в бассейне р.Алатырь может обостриться и в связи с тем, что существуют планы интенсификации промышленного развития г.Первомайска Нижегородской области, расположенного в истоках реки. Таким образом, складывающаяся ситуация, в первую очередь чрезвычайно сильное загрязнение р.Инсар, ставит под угрозу нормальное функционирование всей экосистемы р.Алатырь - одной из красивейших рек европейской части России. В то же время на реке практически никогда не велись целенаправленные исследования по оценке состояния водной системы с экологических и гигиенических позиций. В 1989-1990 гг. ИМПРЭ были выполнены работы по оценке загрязнения водотока в районе предполагаемого Ардатовского водозабора. В основу исследований были положены динамические (режимные) наблюдения за качеством воды в основные гидрологические периоды с использованием широкого круга химико-аналитических методов, позволяющих выявить максимально возможный комплекс загрязняющих веществ с учетом их форм миграции. Динамические наблюдения за составом воды сопровождались одновременным изучением интенсивности накопления поллютантов в водной растительности и в донных отложениях с оценкой последних как вторичного источника загрязнения. Комплекс указанных исследований выполнялся на участке реки, где предполагалось разместить водозабор (непосредственно выше г.Ардатов, у его западной окраины). Выполненные исследования позволили впервые получить данные о состоянии реки, которые свидетельствуют о масштабности и интенсивности загрязнения рек Мордовии, входящих в бассейн р.Алатырь. В частности, общий анализ всей совокупности полученных материалов позволили сделать вывод о несоответствии состояния р.Алатырь существующим требованиям, предъявляемым к источникам питьевого водоснабжения как с санитарно-гигиенических, так и с экологических позиций (табл.37).

Т а б л и ц а 37. Обобщенная оценка состояния водной системы р.Алатырь

Компонент среды	Ингредиенты, превышающие фоновый уровень	Ингредиенты, превышающие гигиенические нормы ПДК	Ингредиенты, приближающиеся к ПДК (не исключена вероятность превышения ПДК)	Ингредиенты, или геохимический суммарный показатель загрязнения	Примечание
Донные отложения	Молибден, цинк, ванадий, свинец, кобальт, таллий, никель, олово, медь, ртуть	ПДК не разработаны	ПДК не разработаны	15	Соответствует загрязнению средней интенсивности: превращение фона рядом ингредиентов, появление концентраций выше ПДК
Эпифитовая взвесь	Ртуть, марганец, молибден, цинк, никель, кобальт, олово, серебро	"	"	22	"
Взвесь	Хром, марганец, никель, железо, олово, медь, цинк	"	"	Не разработаны	Определенная доля поллютантов мигрирует во взвешенной форме; соотношение форм нахождения указывает на влияние техногенеза
Растения	Марганец, железо, кобальт, никель, свинец	"	"	"	Присутствие в воде в повышенных концентрациях
Вода	Молибден, фтор, стронций, хром, никель, алюминий, марганец, титан, олово, ванадий, свинец, соединения азота, фосфаты, кальций, натрий, магний	Нефтепродукты, железное, алюминий, марганец, свинец, ванадий, соединения азота, фосфаты, кальций, натрий, магний	Стронций, свинец, никель, СЦАВ	Санитарно-токсикологический (1,4-3,79); органолептический (4,5-8,2)	В соответствии с существующими требованиями река не может использоваться в качестве источника питьевого водоснабжения

Анализ особенностей распределения химических элементов и их форм нахождения в донных отложениях (илах), характер распространения, морфологические и литогеохимические свойства последних указывают на то, что данный участок реки (предполагаемое место размещения водозабора) приурочен к краевой (периферической) части техногенного потока рассеяния, формирующегося в русле р. Инсар и переходящего в русло Алатыря. Техногенные отложения (илы) отличаются повышенными концентрациями широкой группы химических элементов — молибдена, цинка, свинца, таллия, никеля, серебра, олова и др. По своему качественному составу техногенные геохимические ассоциации, фиксируемые донными отложениями в районе водозабора, неплохо соотносятся с ассоциациями, установленными в илах р. Инсар (в том числе в его устье). По значению суммарного показателя загрязнения исследуемый участок относится к водотокам со средним уровнем загрязнения. Такие водотоки, как установлено, характеризуются повышенными в сравнении с фоном уровнями содержания в воде токсичных элементов и превышением ПДК отдельными из них [11]. Это подтверждается результатами детального изучения особенностей распределения и миграции химических веществ в воде.

По своим физико-химическим параметрам вода р. Алатырь заметно отличается от фоновых речных вод. Это проявляется в высоком содержании органических веществ, превышающих по БПК<sub>полн.</sub> установленный гигиенический норматив в несколько раз; в заметно увеличенной мутности, особенно в весенний период (значительное превышение средне-фоновых уровней и существующего норматива). Хотя по своему солево-му составу (уровням содержания макрокомпонентов) вода реки не выходит за пределы существующих нормативов, повышенные (в несколько раз выше фона) содержания многих макрокомпонентов и характер их соотношения, высокая минерализация свидетельствуют о существенной техногенной нагрузке на водоток. Особо следует подчеркнуть тот факт, что как показывают специальные исследования, интенсивность проявления техногенных аномалий для макрокомпонентов, как правило, невелика, и превышение фона в 2–4 раза уже свидетельствует о глубокой техногенной метаморфизации природных вод, меньшей их геохимический облик [22]. Высокая степень техногенной нагрузки на водоток подтверждается уровнями содержания и особенностями распределения соединений азота и фосфора. Практически во все периоды наблюдений фиксировались значения этих компонентов, многократно превышающих фон, а в сравнении с ПДК наиболее сильно вода загрязнена аммонийным азотом (до 0,5 ПДК) и фосфатами (0,2–0,3 ПДК).

Полученные данные свидетельствуют о высокой степени загрязнения вод реки органикой техногенного происхождения, в первую оче-

редь нефтепродуктами (стабильное превышение ПДК), в меньшей степени СПАВ (до 0,5–0,9 ПДК).

Уровни содержания растворенных форм широкой группы химических элементов практически постоянно характеризуются заметным (в несколько раз) превышением фоновых величин (молибден, фтор, хром, стронций, титан, никель, серебро, олово, ванадий, алюминий, свинец, марганец). Во все периоды наблюдений фиксировались уровни железа и марганца, превышающие ПДК. Алюминий стабильно превышал ПДК (в отдельные дни в 2,5 раза) в зимнюю межень. В летнюю межень в отдельные дни фиксировались концентрации фтора, превышающие ПДК, что явно указывает на его поступление с водами р. Инсар. Стронций отличается появлением высоких содержаний (до 0,4–0,6 ПДК) в летнюю и зимнюю межень. Ряд элементов — титан, никель, свинец (весной) имеют подчиненное значение, хотя их фактические концентрации достаточно высокие (до 0,1–0,4 ПДК). Среди элементов, присутствующих в повышенных содержаниях, отмечены также, для которых ПДК не разработаны. В то же время известна их довольно высокая экотоксичность. Это олово и валовый хром, причем для последнего в весенний период фиксировались концентрации, превышающие норматив ВОЗ.

Определенная доля химических элементов мигрирует во взвешенных формах (особенно в период весеннего половодья), причем их значительная часть присутствует во взвеси в подвижных формах, способных в процессе миграции переходить в раствор и усваиваться гидробионтами.

Высокий уровень загрязнения экосистемы р. Алатырь подтверждается специальными исследованиями — гидрохимическими прослеживаниями (табл. 38–40). Как видно, зона влияния саранского промузла прослеживается практически до г. Ардатова. Характерно, что сток р. Нуя (створ с. Тарханова) фиксируется повышенными содержаниями аммонийного азота, сульфатов, калия, взвешенных форм хрома, марганца, меди, цинка, никеля, ртути. Последнее во многом связано с резко увеличенной мутностью вод данной реки.

Анализ распределения некоторых химических элементов в различных водных растениях показал, что в них наиболее интенсивно концентрируются марганец, железо, никель, кобальт, свинец, т.е. в основном те, которые присутствуют в различных компонентах водной среды исследуемого участка реки в повышенных концентрациях.

Оценка качества воды р. Алатырь, выполненная для разных гидрологических периодов с учетом суммарного воздействия вредных веществ I и II классов опасности, нормируемых по санитарно-токсикологическому признаку вредности, показала, что по данному показателю вода реки не отвечает существующим требованиям (с позиции питьево-

Т а б л и ц а 38. Уровни содержания химических элементов (растворенная форма) в воде рек Инсар и Алатырь (по результатам гидрохимического прослеживания), мкг/л

Место отбора проб	Фтор	Мышьяк	Стронций	Алюминий	Титан	Серебро
р. Инсар, Зыково	700	2,50	3700	115	11,7	0,20
" , ст. Посоп	560	-	-	-	-	-
руч. Никитинский, устье	2860	3,00	6400	213	32	0,22
Створ городских очистных сооружений	1160	2,70	4600	164	27	0,29
р. Инсар, Кр. Дол	1160	1,25	4600	249	35	0,29
" , Анненково	2740	-	-	-	-	-
" , Ромоданово	2360	1,75	4500	-	-	-
" , Баево	1680	3,00	4400	153	15,3	0,31
" , устье	2360	3,00	4200	163	15,3	0,30
р. Алатырь, 1,5 км ниже	1600	1,50	4300	-	-	-
р. Алатырь, Кр. Гора	1500	3,50	3900	373	28,0	0,37
" , Нов. Ичалки	1500	3,00	4000	190	22,1	0,32
" , Папулево	1600	3,00	4600	128	16,0	0,26
" , Тарханово, ниже впадения	880	-	4600	-	-	-
р. Нуя	1600	3,50	4300	414	17,3	1,04
" , Луньга	1300	4,00	4300	440	28,3	0,32
Водозабор	100	2	700	50	6,9	0,26
Фон	1500	50	7000	500	100	80

Примечание. Прочерк означает, что компонент в данном створе не определялся.

го водоснабжения), при этом значения суммарного показателя состояния воды по среднесезонным концентрациям изменяются от 1,41 (весной) до 2,59 (зимой), а по максимальным концентрациям - от 1,74 (весной) до 3,79 (зимой). Аналогичные значения показателя получены при его расчете по данным гидрохимического динамического опробования в пределах одних суток.

Оценка качества воды реки с учетом суммарного воздействия вредных веществ, нормируемых по органолептическому признаку вред-

Т а б л и ц а 39. Уровни содержания некоторых компонентов в воде рек Инсар и Алатырь (по результатам гидрохимического опробования), мг/л

Место отбора проб	pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Сухой остаток	Калий	Натрий
р. Инсар, Зыково	7,4	0,85	0,043	6,6	1,40	132	585	8,3	59,2
" , Посоп	7,6	0,22	0,032	4,6	0,45	102	-	-	-
руч. Никитинский	7,0	1,88	0,003	4,2	3,89	320	1065	20,8	185
Створ городских очистных сооружений	7,2	8,96	0,003	2,8	8,41	146	819	20	133
р. Инсар, Кр. Дол	7,3	7,60	0,007	2,4	3,10	137	830	15,0	122
" , Анненково	7,6	6,28	0,100	2,0	2,05	185	-	-	-
" , Ромоданово	7,4	5,52	0,062	2,0	2,05	160	-	12,4	110
" , Лада	7,4	6,80	0,007	2,2	3,60	132	-	-	-
" , Баево	7,2	5,00	0,002	2,6	4,25	170	765	-	-
" , устье	7,3	4,50	0,002	1,8	3,75	180	816	15	90
р. Алатырь, 1,5 км ниже	7,3	2,60	0,014	1,4	2,75	135	-	11	12
" , Кр. Гора	7,6	2,85	0,017	1,4	2,75	155	621	8,3	57
" , Нов. Ичалки	7,6	2,60	0,028	1,8	0,45	130	632	10,4	57
" , Папулево	8,0	1,20	0,110	2,8	2,38	142	640	10,4	57
" , Тарханово	7,6	1,82	0,120	3,0	2,00	165	-	11,6	54
" , Луньга	7,8	0,60	0,080	5,2	1,40	165	690	12,4	70
Водозабор	8,0	0,30	0,027	4,8	1,02	150	629	8,3	57
Фон		0,50	0,020	1,5	0,05	15	350	1	6
ЦДК	6,5-8,5	2,6	3,3	45	3,5	500	1000	-	200

Примечание. Прочерк означает, что компонент в данном створе не определялся.



Т а б л и ц а 40. Уровни содержания химических элементов в воде рр. Инсар и Алатырь (по результатам гидрохимического прослеживания), мкг/л

Место отбора проб	Хром		Молбден		Олово		Ванадий		Марганец		Мель		Цинк		Никель		Ртуть	
	Р	В	Р	В	Р	В	Р	В	Р	В	Р	В	Р	В	Р	В	Р	В
р. Инсар, Зыково	7,7	1,5	3,4	0,5	0,3	0,5	-	-	45,6	14,3	3	1,1	8	3,2	10	5	-	0,08
" " , Лосоп	-	1,4	-	-	-	-	-	-	-	24,6	3	1,4	6	8,4	32	1,2	-	0,13
руч. Никитинский	35,2	93,7	149,1	240	4,8	240	1,5	8	101,2	19	6	125	36	58	64	35	0,1	0,41
р. Инсар, строр- городских очист- ных сооружений	36,9	90	115	4	2,9	220	1,4	7	81,5	18	5	65	22	125	30	14	0,05	0,25
р. Инсар, Кр. Дол	-	64	108	2	3,3	40	1,2	4,8	33,2	30	4	50	10	120	32	0,5	0,05	0,21
" " , Баво	46	2	92	2	3,8	6,6	-	2,5	36	13	6	8	32	2	60	0,5	-	0,1
" " , устье	33	1,5	90	0,6	4,5	4	-	2,7	13	38	4	5	28	2	56	0,5	-	0,14
р. Алатырь, Кр. Гора	22	1	43	-	3,1	-	5	2	106	27	4	3	12	9	42	2	-	0,02
" " , Нов. Луцки	47	1	41	-	2,6	-	3,8	-	51	30	3	2,5	12	15	38	2	-	0,02
" " , Тарханово	30	11	-	-	-	-	-	-	-	178	3	10	4	22	40	6	-	0,07
" " , Дуньга	21	2	48	-	3	2	5	1,2	19	19	4	3	12	4	40	1,5	-	0,10
Водозабор	82	2,5	53	-	2,5	1,2	1,5	2,2	30	18	3	1,2	12	8	42	2	-	0,08
Фон	3	-	0,5	-	0,5	-	1,14	-	25	-	7,6	-	15	-	2,6	-	0,07	-
ПДК	-	-	250	-	-	-	100	-	100	-	1000	-	1000	-	100	-	0,5	-

П р и м е ч а н и е. Р - растворенные формы, В - взвешенные формы, прочерк - компонент не определялся.

ности также свидетельствует о несоответствии состояния реки существующим требованиям, причем значения данного показателя изменяются в течение года от 4,5 до 8,2.

Полученные данные указывают на необходимость разработки и выполнения комплексной научно-исследовательской программы по оценке состояния всей экосистемы реки Алатырь.

#### 5. ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ПИТЬЕВЫХ ВОДАХ И ПРОБЛЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА

Город Саранск - крупнейший промышленный центр России, в последние годы испытывает острую нехватку воды для питьевого и промышленного водоснабжения, которая по данным Мордовского ПГО ЖКХ составляет 25-35 тыс.м<sup>3</sup> в сутки ("Сов.Мордовия", 23.07.89 г.). С учетом потенциального увеличения благоустройства жилого фонда, развития города и промышленности эти цифры могут возрасти в 1,5-2 раза. В настоящее время среднесуточное потребление воды в городе составляет немногим более 200 л на одного жителя (в среднем по России - 326 литров в сутки на человека). Центральным водоснабжением охвачено около 97% городского населения. Для водоснабжения города используются подземные воды преимущественно верхнего и частично среднего карбона Мордовского (Саранского) месторождения. Интенсивный водозабор приводит к снижению уровня подземных вод, который с начала эксплуатации понизился примерно на 70-80 м и достиг горизонта вод с повышенной минерализацией и высоким содержанием фтора. Активно формирующаяся депрессионная воронка способствует значительному ухудшению качества вод. Эти явления (т.е. снижение уровня вод и ухудшение их качества) будут, по всей видимости, прогрессировать в связи с предполагаемым строительством Сивинского водовода, что приведет к дополнительному забору подземных вод. Кроме того, по имеющимся данным, Мордовское месторождение подземных вод гидравлически достаточно тесно связано с Южно-Горьковским, воды которого по строящемуся Нижегородскому водоводу будут подаваться в Н.Новгород, что также приведет к еще большему забору воды. Следует иметь в виду и тот факт, что водоснабжение Саранска осуществляется одновременным функционированием пяти водозаборов ("Октябрьский", Руднинский, Пензятский, "Резинотехника", Центральный), а также целого ряда небольших групповых и одиночных скважин, расположенных в пределах города. Все это увеличивает ненадежность существующей системы водоснабжения, затрудняет своевременный контроль качества воды и не исключает вероятности попадания в городскую водопроводную

сеть нежелательных примесей. Результаты санитарно-бактериологических исследований питьевой воды за 1986-1990 гг. свидетельствуют о том, что в среднем за год порядка 11-18% всех отбираемых ее проб не соответствуют ГОСТ'у, причем этот показатель наиболее высок для центральной части города. Напомним, что в целом по России доля проб питьевой воды, не соответствующих гигиеническим нормативам, составляет в настоящее время 30,2%. По рекомендации Всемирной организации здравоохранения вода пригодна для питьевого водоснабжения, если в 98% проб, исследуемых в течение года, не обнаруживаются колиформные микроорганизмы. Для Саранска этот показатель в 1990 г. составлял порядка 89,6-90,5%.

Результаты изучения химического состава питьевых вод города подтвердили известный факт - они характеризуются высокими содержаниями железа, повышенной минерализацией, увеличенной жесткостью и уровнями фтора, превышающими, практически повсеместно, ПДК (табл.41). Обращает на себя внимание и повышенные в отдельных точках опробования содержания аммонийного азота и нитратов, что свидетельствует о вероятности вторичного загрязнения водопроводной сети.

В группе изученных металлов (никель, медь, цинк, кадмий, кобальт, свинец, ртуть) фиксируются высокие концентрации никеля (до 0,2-0,3 ПДК), в отдельных точках цинка (до 35-40 мкг/л). Предварительные результаты исследований, выполненных в 1991 г., указывают на то, что питьевые воды отличаются также высокими содержаниями сульфатов и ряда других компонентов.

Серьезная ситуация выявлена при изучении колодцев, расположенных в пределах города, вода которых используется в хозяйственно-бытовых и, вероятно, в питьевых целях (табл.42). Стабильно фиксируются концентрации нитратов, резко превышающие уровень ПДК, что представляет реальную угрозу здоровью людей. Этот факт свидетельствует о необходимости запрещения пользования колодцами в хозяйственно-бытовых и тем более в питьевых целях. Характерно, что в воде колодцев отмечены довольно значимые концентрации цинка, никеля и кадмия. Безусловно, что для объективной оценки качества питьевых вод необходимо проведение специальных исследований их состава на широкий комплекс компонентов и показателей.

В 1981 г. московским Институтом "Гипрокоммунводоканал" был разработан "Технический проект расширения и реконструкции водопровода г.Саранска", утвержденный распоряжением Совета Министров РСФСР № 539-Р от 14.04.83 г. Проект предусматривал использование вод р.Суры для питьевого и промышленного водоснабжения г. Саранска и, по мнению заказчиков и авторов проекта, должен, во-первых, дать городу недостающее количество воды сейчас и в перспективе; во-вто-

Т а б л и ц а 41. Химический состав питьевых вод г.Саранска, мг/л

Место отбора проб	Фтор	№Н <sub>4</sub> <sup>+</sup>	№О <sub>2</sub> <sup>-</sup>	№О <sub>3</sub> <sup>-</sup>
ул.Дальная, 2	<u>1,6</u>	0,05	0,002	1,8
Северо-западный рынок	1,0	0,18	0,002	1,4
Новый автовокзал	<u>1,8</u>	0,05	0,002	1,9
ул.Полежаева, 158	<u>2,0</u>	0,05	0,002	1,0
ул.Полежаева, 179	<u>2,0</u>	0,05	0,002	1,2
Центральный рынок	<u>2,0</u>	0,18	0,004	1,4
угол ул.Советской и Рабочей	<u>2,5</u>	0,30	0,008	1,4
ул.Волгоградская, 183	<u>2,3</u>	0,82	0,002	0,5
ул.Косырева, 102	<u>2,5</u>	0,60	0,011	3,0
ул.Евсеева, 8	<u>2,0</u>	0,05	0,002	1,2
ул.П.Морозова, 56	<u>1,8</u>	0,18	0,009	1,6
Фон	0,1	0,5	0,02	1,5
ПДК	<u>1,5</u>	2	3,3	45,0

(по азоту)

рых, смешивание артезианской (высокоминерализованной и содержащей фтор) с сурской позволило бы получать воду, полностью соответствующую ГОСТу ("Сов.Мордовия", 28.07.89). Проектируемый водовод, протяженностью 53 км, включает в себя устройства и сооружения для забора воды из р.Суры, предварительной ее обработки, очистки и подачи под необходимым напором в водопроводную сеть. Для размещения водозабора выбран участок р.Суры в Большеберезняковском районе МССР в 1,5 км к востоку от с.Марьяновка. Сооружение Сурского водотока началось в 1984 г. В 1985 г. (т.е. после начала строительства) был составлен проект зоны санитарной охраны (включающий три пояса) водопроводных сооружений и источников водоснабжения г.Саранска. По заключению института "Гипрокоммунводоканал" осуществление санитарно-оздоровительных мероприятий в трех поясах зоны обеспечивает необходимое качество воды в р.Суре. На наш взгляд, такое утверждение, по меньшей мере, спорное, поскольку указанная зона включает значительную часть бассейна р.Суры. В частности, проект не учитывал экологическую ситуацию непосредственно в районе г.Пензы (поступление больших объемов сточных вод, аварийные и залповые сбросы и

Т а б л и ц а 42. Химический состав воды колодцев

Место отбора проб	мг/л			мкг/л			
	Фтор	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cu	Zn	Cd	Ni
ул. Евсеева, 15	0,5	0,015	216(4,8)	2,6	33	0,2	26
ул. Евсеева, 23	0,4	0,002	122(2,7)	2,0	14	0,2	23
Угол улиц Титова и А. Невского	0,6	0,009	60(1,3)	2,8	6	-	38

Примечание. В скобках указаны коэффициенты концентрации относительно ПДК.

т.п.). Строительство Сурского водовода вызвало резко негативную критику в местной печати. Наибольшую опасность участники дискуссии связывали с загрязнением вод р.Суры "солями тяжелых металлов". Начиная с 1984 г. рядом организаций (ИЭМ, ИПГ, Пензенская ГМО, Средневожжрибвод, МНИИГ и др.) на р.Суре были выполнены разовые исследования качества речных вод, донных отложений, биоты, которые хотя и не позволили объективно оценить реальное состояние р.Суры и пригодность ее воды для водоснабжения, но констатировали в большинстве случаев факт сильного загрязнения водотока.

В 1989-1990 гг. ИМГРЭ была выполнена комплексная оценка качества вод р.Суры в районе Сурского водозабора на основе использования эколого-геохимических методов исследования, в основу которых положены динамические (режимные) наблюдения за качеством воды в основные гидрологические периоды (зимняя межень, весеннее половодье, летняя межень, осенние паводки - срок наблюдения составлял не менее 8 дней подряд в каждый период) с использованием широкого круга химико-аналитических методов, позволяющих выявить максимально возможный комплекс загрязняющих веществ с учетом их форм миграции. Динамические наблюдения за составом воды сопровождались одновременным изучением интенсивности накопления загрязняющих веществ в водной растительности и в донных отложениях с оценкой последних как вторичного источника загрязнения воды.

Общий анализ материалов по эколого-геохимическим исследованиям участка р.Суры в районе строящегося водозабора позволил сделать вывод о несоответствии водного объекта существующим требованиям, предъявляемым к источникам питьевого водоснабжения как с экологических, так и с санитарно-гигиенических позиций.

Анализ особенностей распределения химических элементов и их

форм нахождения в донных отложениях, характер распространения, морфологический облик и литологические свойства последних указывают на то, что данный участок р.Суры приурочен к краевой (периферической) части техногенного потока рассеяния (т.е. зоны загрязнения), формирующегося в русле реки ниже г.Пензы. Техногенные отложения (илы, наилки) отличаются повышенными содержаниями широкой группы экотоксичных химических элементов (свинца, фтора, железа, олова, цинка, никеля и др.). По своему качественному составу техногенные геохимические ассоциации, фиксируемые донными отложениями в районе водозабора, хорошо соотносятся с ассоциациями, установленными в отложениях р.Суры вблизи г.Пензы (т.е. основного источника поставки загрязняющих веществ). Характер распределения химических элементов в гранулометрическом спектре отложений и особенности баланса форм нахождения указывают на то, что из илов в меженные периоды (особенно зимой) не исключено дополнительное поступление растворенных форм поллитантов; в весеннее половодье, осенние и летние паводки более интенсивно могут поступать их взвешенные формы.

По значению суммарного показателя загрязнения донных отложений исследуемый участок реки относится к водотокам со средним уровнем загрязнения. Такие водотоки, как известно, характеризуются повышенными в сравнении с фоном уровнями содержания в воде токсичных элементов при эпизодическом превышении ПДК отдельными компонентами [11].

По своим физико-химическим параметрам вода р.Суры заметно отличается от воды природных (фоновых) водотоков. Это проявляется в высоких содержаниях органических веществ, превышающих по БПК<sub>полн.</sub> установленный гигиенический норматив в 1,5-3 раза; в заметно увеличенной мутности, в отдельные сезоны (дни наблюдений) превышающей среднефоновые значения (летом и зимой - в 1,5-2 раза; весной - в 4-20 раз) и соответственно существующий норматив. Хотя по своему общему химическому (солевому) составу (уровням содержания макрокомпонентов) вода реки не выходит за пределы существующих нормативов, но повышенные (в 2-5 раз выше фона) содержания многих макрокомпонентов (компонентов солевого состава) и характер их соотношения свидетельствуют об определенной техногенной нагрузке на водоток [22]. Высокая техногенная нагрузка на водоток подтверждается уровнями содержания и особенностями распределения соединений азота и фосфора. Так, значения этих компонентов в несколько раз превышают фоновые уровни. В сравнение с ПДК наиболее сильно вода загрязнена аммонийным азотом (0,2-0,4 ПДК во все периоды), фосфатами (до 0,12 ПДК летом и осенью), нитратами (осенью).

Имеющиеся данные свидетельствуют о достаточно высокой степени загрязнения вод р.Суры органикой техногенного происхождения - в первую очередь нефтепродуктами (стабильное превышение ПДК), в меньшей степени СПАВ (до 0,5 ПДК в отдельные периоды).

Уровни содержания растворенных форм широкой группы химических элементов во все исследуемые периоды характеризуются заметным (в несколько раз) превышением фоновых величин (молибден, никель, стронций, олово, ванадий, хром, алюминий, фтор, селен, титан). Концентрации железа практически постоянно превышают ПДК. Для марганца установлено превышение ПДК в зимнюю межень; высокие его содержания отмечены осенью и весной (до 0,5 ПДК). Повышенные концентрации фиксируются для стронция (0,4-0,5 ПДК). Характерно появление высоких концентраций алюминия (0,7 ПДК) в зимний период. Ряд элементов (селен, никель, фтор и др.) заметно ниже ПДК, хотя фактические концентрации некоторых из них могут быть достаточно высокими (0,2-0,3 ПДК). Возможно, что в отдельные дни могут появляться уровни содержания указанных элементов, достигающих и превышающих ПДК (например, такая вероятность не исключена при залповых и аварийных сбросах с очистных сооружений). Среди присутствующих в водах реки химических элементов отмечены такие, для которых ПДК не разработаны. В то же время известна их высокая экотоксичность. Это растворенные формы олова и хрома (валового). Для них во все периоды наблюдения характерно появление очень контрастных аномалий, причем для хрома фиксируется превышение норматива, рекомендованного ВОЗ.

Проведенные исследования показали, что значимая доля химических элементов мигрирует во взвешенных формах (т.е. в составе речной взвеси). Наиболее контрастно аномалии проявлены для тех элементов, которые отличаются сравнительно высокими уровнями в растворе речных вод (марганец, железо, ванадий, хром, олово). Заметная доля поллитантов от валового содержания мигрирует во взвеси в подвижных, геохимически активных формах (т.е. способных трансформироваться, переходить в раствор, усваиваться гидробионтами).

Анализ распределения некоторых химических элементов в водных растениях показал, что в них наиболее интенсивно концентрируются железо, марганец, свинец, олово, никель, титан, ванадий, т.е. те элементы, которые присутствуют в воде и донных отложениях исследуемого участка реки в повышенных концентрациях.

Оценка качества воды реки, выполненная для разных гидрологических периодов с учетом суммарного воздействия вредных веществ I и II классов опасности, нормируемых по санитарно-токсикологическому признаку вредности, показала, что по данному показателю вода р.Суры не отвечает существующим требованиям (с позиций питьевого водо-

пользования), при этом значения суммарного показателя по среднесезонным концентрациям изменяются от I, II (весной) до I, 56 (зимой), а по максимальным концентрациям от I, 53 (весной) до 2, 01 (летом). Оценка качества воды р.Суры с учетом суммарного воздействия вредных веществ, нормируемых по органолептическому признаку вредности, также свидетельствует о несоответствии состояния реки существующим требованиям, причем значение суммарного показателя по среднесезонным концентрациям изменяется от 4,3 (весной) до 6,3 (осенью). В отдельные дни указанные показатели достигают более высоких значений.

Таким образом, комплексные экогеохимические исследования и обобщенная геогигиеническая оценка состояния водной системы р.Суры свидетельствуют о невозможности ее использования в качестве источника питьевого водоснабжения в настоящее время и в перспективе (табл.43). Было принято решение об использовании воды р.Суры только для технических нужд промышленных предприятий города.

Полученные данные однозначно указывают на необходимость разработки и выполнения комплексной программы научно-исследовательских работ по оценке состояния всей экосистемы р.Суры. Результаты этих работ послужат основой конкретных планов оздоровления экологической обстановки в данном регионе и, безусловно, помогут избежать далеко не всегда обоснованных решений о строительстве тех или иных водохозяйственных объектов.

#### 6. ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В АГРОЛАНДШАФТАХ И ГРУНТОВЫХ ВОДАХ ПОЙМЫ р.ИНСАР

Пойма реки ниже г.Саранска интенсивно используется в сельскохозяйственных целях. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что пойменные ландшафты загрязненных рек испытывают активное техногенное преобразование. Оно может быть связано с использованием загрязненных речных вод для орошения сельскохозяйственных угодий, с миграцией поллитантов с речными водами за счет боковой инфильтрации в борта долины и в подрусловые волны, при разливах рек, а также при дегазациях некоторых загрязняющих веществ из водной массы [1,25,27]. Естественно, что существенное поступление многих загрязняющих веществ может происходить при их воздушной миграции с промышленными выбросами.

Выполненные исследования показали, что в пахотном горизонте почв правобережной поймы (участок опробования располагался в створе с.Александровка) обнаружены повышенные концентрации кадмия, сви-

Т а б л и ц а 43. Обобщенная оценка состояния водной системы р. Сура в районе водозабора

Класс опасности водной среды	Наиболее интенсивно концентрирующиеся элементы (превышающие фон в несколько раз)	Индикаторы, превышающие гигиенические нормы или ПДК	Индикаторы, близкие по концентрации к ПДК (не исключена вероятность превышения ПДК)	Геохимический или гигиенический суммарный показатель загрязнения	Примечание
Донные отложения	Свинец, фтор, кадмий, олово, цинк, ванадий, никель, скандий, галлий, хром, молибден	ПДК не разработана	ПДК не разработана	I7	Соответствует среднему уровню загрязнения; повышенные в сравнении с фоном уровни многих вредных веществ в воде; присутствие и эпизодическое появление концентраций выше ПДК То же
Эпифитовая фауна	Фтор, свинец, молибден, медь, олово, цинк, марганец, медь, никель, серебро, хром	"	"	26	
Взвешенные формы	Марганец, железо, ванадий, хром, олово, цинк, медь	"	"	Не разработана	Стабильное или эпизодическое превышение фоновых уровней; преобладание для ряда элементов подвижных форм нахождения во взвеси
Водные растения	Железо, марганец, свинец, олово, никель, титан, ванадий	"	"	"	Указанные элементы могут присутствовать в водной среде в повышенных концентрациях
Вода (растительные водоросли)	Мутность, БПК, соеденения азота, фосфаты, сульфаты, хлориды, калий, натрий, молибден, никель, стронций, олово, ванадий, алюминий, фтор, селен, свинец	БПК, мутность, нефтепродукты, железо, марганец, хром	СПАВ, алюминий, стронций, селен, никель, фтор, аммонийный азот, фосфаты	Санитарно-токсикологический - I, 2 (I, 04-1,50); органикопестицидный - 5, 5(4, 3-6, 3)	Согласно существующим требованиям р. Сура не может использоваться как источник питьевого водоснабжения

ния, стронция, таллия, молибдена ( $K_c = 1,5-3$ ). Это свидетельствует о тенденции накопления в почвах токсичных элементов и о возможности их перехода в растения. В частности, уровни содержания некоторых тяжелых металлов в капусте заметно превышали концентрации, установленные для участков поймы выше города, причем для кадмия они приближались к уровню ПДК (табл.44). Высокие содержания (выше или приближающиеся к уровню ПДК) были зафиксированы для свеклы сахарной по никелю, цинку, кадмию; для кабачка - по никелю, кадмию; для тыквы - по никелю, свинцу (табл.45). Очень контрастно в сравнении с фоном накопление молибдена. Именно эти элементы, как показано выше, концентрируются в различных компонентах водной экосистемы Инсара.

Изучение химического состава грунтовых вод, отобранных в колодцах и из скважин в сельских населенных пунктах правого и левого бережной поймы р. Инсар, расположенных ниже г. Саранска, свидетельствует о чрезвычайно серьезной ситуации, сложившейся с водоснабжением в этом районе (табл.46). Так, практически во всех случаях и особенно при опробовании скважин централизованного водоснабжения фиксируются высокие уровни фтора (как правило, выше ПДК). Во всех колодцах были отмечены концентрации нитратов во много раз выше ПДК (в 5-17 раз); постоянно присутствуют повышенные содержания аммонийного азота, иногда нитритов и фосфатов. Характерно появление высоких (в колодцах с. Б.Елховка выше ПДК) концентраций сульфатов, а также хлоридов. Из тяжелых металлов значимые концентрации отмечены для никеля (0,2-0,8 ПДК), цинка (в отдельных случаях выше ПДК), а также эпизодически - для кадмия. Повышенные уровни цинка могут быть связаны с использованием оцинкованных труб и ведер; для других металлов - с техногенным загрязнением.

Таким образом, полученный материал свидетельствует о накоплении химических элементов в различных видах сельхозпродукции, выражаемой на пойме р. Инсар ниже города. Это вызывает необходимость организации специального санитарного контроля ее качества. Фиксируется также резкое ухудшение состояния грунтовых вод поймы реки, используемых для местного водоснабжения, что требует проведения срочной инвентаризации всех водопунктов и принятия соответствующих мер.

Т а б л и ц а 44. Уровни содержания химических элементов в калуге, выращенной на пойме р. Инсар, мг/кг

Место отбора пробы	Никель		Медь		Цинк		Молибден		Кальций		Свинец	
	сухая масса	влажная масса	сухая масса	влажная масса	сухая масса	влажная масса	сухая масса	влажная масса	сухая масса	влажная масса	сухая масса	влажная масса
Выше г. Саранска	0,8	0,08	2,3	0,23	22,0	2,2	<0,4	0,04	0,04	0,04	1,0	0,1
Ниже г. Саранска	1,3	0,13	3,1	0,31	29,5	2,95	0,4	0,004	0,26	0,026	2,4	0,24
Кс на участке ниже города отнесительно участка выше города	1,6	-	1,4	-	1,3	-	-	-	6,5	-	2,4	-
Кс относительно ДПК (участок ниже города)	-	0,3	-	0,03	-	0,3	-	-	-	0,9	-	0,5

Примечание. Выше города - створ с. Николаевна; ниже города - створ с. Александровна; ДПК для молибдена отсутствует; рутуть не обнаружена.

Т а б л и ц а 45. Уровни содержания химических элементов в сельскохозяйственной продукции, выращенной на пойме р. Инсар ниже г. Саранска (створ с. Александровна), мг/кг

Растение	Никель		Медь		Цинк		Молибден		Кальций		Свинец												
	сухая масса	влажная масса	сухая масса	влажная масса	сухая масса	влажная масса	сухая масса	влажная масса	сухая масса	влажная масса	сухая масса	влажная масса											
Свекла сахарная (корнеплод)	7,2	1,01	2,02	12,1	1,69	1,9	0,17	67	9,38	2,4	0,34	1,6	0,22	5,9	-	0,24	0,034	6	1,13	1,5	0,21	1,5	0,42
Колодец (сеялочная часть)	6,9	0,48	0,96	11,1	0,78	-	0,08	69,4	4,86	-	0,49	1,8	0,13	-	-	0,04	0,003	1	0,1	2,4	0,17	2,4	0,34
Лука (сеялочная часть)	11,6	1,16	2,32	6,0	0,6	10,7	0,06	28,4	2,84	1,1	0,28	4	0,4	125	-	0,14	0,014	3,5	0,47	2,5	0,26	2,5	0,5

Примечание. Кс - коэффициент концентрации относительно фона; КДПК - то же относительно ДПК. Прочерк - показатель не рассчитывался.

Т а б л и ц а 46. Уровни содержания химических веществ в грунтовых водах поймы р. Инсар

Населенный пункт	Место отбора пробы	мг/л										мг/л																
		фтор	Fe <sup>2+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-</sup>	медь	цинк	никель	калий	свинец	фтор	Fe <sup>2+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-</sup>	медь	цинк	никель	калий	свинец			
с. Александровна	Колодец	0,4	0,34	0,090	120,0	0,49	-	-	3	10	26,2	Нет	Нет	2	0,4	2,0	Нет	2,0	Нет	7,4	24,6	Нет	Нет	2	0,4	26,2	Нет	
"	"	0,4	Нет	Нет	216,0	0,15	-	-	1,8	7,2	30,2	0,15	0,15	Нет	0,4	0,009	0,002	112,0	1,70	19,4	22,6	Нет	Нет	2	0,4	30,2	Нет	
"	"	0,4	0,15	0,002	112,0	1,70	-	-	1,6	254	31,4	Нет	Нет	2,0	0,3	0,18	0,005	27,0	Нет	1,6	254	31,4	0,2	2,0	0,4	31,4	0,2	
с. Халки	личная скважина	1,8	0,55	Нет	1,2	0,66	-	-	0,4	1,8	26,6	Нет	Нет	Нет	0,5	0,55	Нет	1,2	0,4	1,8	26,6	Нет	Нет	Нет	0,4	1,8	26,6	Нет
"	Колодец	0,5	Нет	0,002	181,0	0,77	-	-	0,5	1,2	24,6	0,77	0,77	Нет	0,5	0,002	0,002	181,0	1,2	10,2	24,6	Нет	Нет	Нет	0,5	1,2	24,6	Нет
с. Шувалово	личная скважина	1,8	0,92	"	1,2	Нет	-	-	1,6	5,6	36,3	Нет	Нет	Нет	1,2	0,92	"	1,2	1,6	5,6	36,3	Нет	Нет	Нет	1,6	5,6	36,3	Нет
"	"	1,8	0,92	"	1,2	Нет	-	-	1,6	5,6	36,3	Нет	Нет	Нет	1,2	0,92	"	1,2	1,6	5,6	36,3	Нет	Нет	Нет	1,6	5,6	36,3	Нет
с. Бр. Дуд	Колодец	0,4	0,67	0,030	168,0	0,14	-	-	2,8	14,0	34,6	0,14	0,14	Нет	0,4	0,067	0,030	168,0	2,8	14,0	34,6	Нет	Нет	Нет	2,8	14,0	34,6	Нет
"	"	0,4	0,05	0,004	7,4	0,14	-	-	1,4	9,4	25,0	0,14	0,14	Нет	0,4	0,004	0,004	7,4	1,4	9,4	25,0	Нет	Нет	Нет	1,4	9,4	25,0	Нет
с. Анненково	Колодец	1,6	0,72	Нет	1,0	Нет	-	-	1,6	1,8	47,4	Нет	Нет	Нет	1,6	0,72	Нет	1,0	1,6	1,8	47,4	Нет	Нет	Нет	1,6	1,8	47,4	Нет
"	"	1,8	0,72	"	1,0	Нет	-	-	1,8	4,4	32,6	Нет	Нет	Нет	1,8	0,72	"	1,0	1,8	4,4	32,6	Нет	Нет	Нет	1,8	4,4	32,6	Нет
"	"	1,8	0,72	"	0,5	"	-	-	2,4	5,4	28,6	"	"	Нет	0,5	"	"	0,5	2,4	5,4	28,6	"	"	Нет	0,5	5,4	28,6	"
с. Лушино	"	0,3	0,23	0,038	160,0	2,75	-	-	1,2	13,3	32,6	0,23	0,23	Нет	0,3	0,038	0,038	160,0	1,2	13,3	32,6	0,3	0,3	3,0	1,2	13,3	32,6	0,3
"	Колодец	1,4	-	Нет	3,0	0,49	-	-	0,8	3,2	20,6	Нет	Нет	Нет	1,4	"	Нет	3,0	0,8	3,2	20,6	Нет	Нет	Нет	0,8	3,2	20,6	Нет
"	Колодец	1,6	-	"	2,0	0,14	-	-	3,0	3,0	39,4	Нет	Нет	Нет	1,6	"	Нет	2,0	3,0	3,0	39,4	Нет	Нет	Нет	3,0	3,0	39,4	Нет
с. Б. Ежовка	Колодец	0,6	0,62	0,04	2,2	0,12	-	-	1,0	26,6	77,4	0,62	0,62	Нет	0,6	0,04	0,04	2,2	1,0	26,6	77,4	0,62	0,62	3	1,0	26,6	77,4	0,62
"	"	0,6	-	0,012	180,0	Нет	-	-	1,4	26,6	77,4	Нет	Нет	Нет	0,6	0,012	0,012	180,0	1,4	26,6	77,4	Нет	Нет	Нет	1,4	26,6	77,4	Нет
"	"	0,5	-	"	370,0	0,55	-	-	0,5	300,0	0,55	0,55	0,55	Нет	0,5	"	"	370,0	0,5	300,0	0,55	0,55	0,55	2,0	0,5	300,0	0,55	
с. М. Ежовка	Колодец	2,0	0,74	Нет	0,5	Нет	-	-	0,5	140	29,2	0,74	0,74	Нет	2,0	Нет	Нет	0,5	0,5	140	29,2	0,74	0,74	Нет	0,5	140	29,2	0,74
"	Колодец	0,6	Нет	0,09	800	0,28	-	-	1,5	15	13,6	Нет	Нет	Нет	0,6	0,09	0,09	800	1,5	15	13,6	Нет	Нет	Нет	1,5	15	13,6	Нет
фон ДПК	"	1,5	2,6	3,3	45,0	3,5	-	-	500	1000	2,6	100	1000	30,0	1,5	2,6	3,3	45,0	3,5	500	1000	2,6	100	1000	30,0	1,5	2,6	3,3

Примечание. Рутуть и кобальт не обнаружены; прочерк - компонент не определен; подчеркнуты значения, превышающие ДПК.

7. ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА  
ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ

Сложные цепи миграции загрязняющих веществ, формирующиеся в связи с образованием в городах различных отходов, в итоге неизбежно приводят к поступлению поллигентов в организм человека. Оценка возможного неблагоприятного воздействия техногенной геохимической нагрузки на состояние здоровья населения проводится в первую очередь путем изучения микрэлементного состава диагностических биосубстратов, установления функциональных показателей, характеризующих состояние различных систем организма, а также показателей физического развития и уровня заболеваемости [II, I5].

Исследования возможности попадания и накопления некоторых тяжелых металлов в организме человека проведены для ряда групп населения, контрастно отличающихся по условиям воздействия на них потоков загрязняющих веществ.

В табл.47 приведены данные по уровням концентрирования ртути в биосубстратах (волосах) рабочих заводов СЭЛЗ и СИС-ЭВС, а также взрослого населения, проживающего или работающего в санитарно-защитной зоне СЭЛЗ. Во всех случаях не отмечено превышений установленного физиологического уровня ртути в волосах. При этом минимальные концентрации характерны для населения, не имеющего профессионального контакта с соединениями ртути, а максимальные уровни фиксировались у рабочих завода СЭЛЗ, связанных по условиям работы с профвредностью (более чем в 50% проб обнаружено 1,5-кратное превышение фона; примерно в 30% - 3-кратное). Содержание ртути у рабочих завода СИС-ЭВС были заметно ниже. В то же время, по имеющимся данным у некоторых работников электролампового завода фиксировались отклонения в состоянии здоровья, характерные для длительного воздействия ртути. Так, в 1990 г. органами Госсанэпиднадзора были выполнены специальные исследования состояния здоровья и изучена клиническая картина течения беременности и родов у 2010 женщин, проживающих в санитарно-защитной зоне завода СЭЛЗ, в Заречном районе (его северо-восточной части, т.е., по сути, в зоне влияния "Резинотехники"), в Октябрьском районе (принятом в качестве условно контрольного), а также у работниц СЭЛЗ. Возраст женщин был преимущественно от 21 до 30 лет. В первых трех группах (так называемых опытных) преобладали первобеременные (53%) и первородящие (67%), в последней группе (контрольной) эти показатели составляли 58% и 65% соответственно.

Т а б л и ц а 47. Уровни содержания ртути в волосах взрослого населения, мкг/г

Место работы	Среднее (пределы колебаний)	Кол-во проб с превышением фона (%)	
		более чем в 1,5	более чем в 3
СИС-ЭВС, цех № 18	(< 0, I-I,2)	50	-
СИС-ЭВС, цех № 4	(< 0, I-0,4)	25	-
СЭЛЗ, цех № 8	0,5I(0, I-I,5)	57	30
СЭЛЗ, цех № 2	(< 0, I-0,8)	8	8
СЭЛЗ, заводоуправление	(< 0, I-0,7)	-	-
Жители санитарно-защитной зоны СЭЛЗ	(< 0, I-0,2)	-	-
Фон	0,26		
Физиологический уровень	не более 2		
Критический уровень	более 20		

Во время беременности и при родах у женщин всех групп отмечались различные осложнения. При этом у женщин опытных групп они проявлялись чаще (табл.48). Как установлено, продолжительность родов у первородящих работниц завода СЭЛЗ на 2,6 часа больше, чем у женщин контрольной группы. Поздний токсикоз в опытных группах женщин в сравнении с контрольной встречался достоверно чаще. У работниц электролампового завода в два раза чаще регистрировались преждевременные роды, нежели у женщин из Октябрьского микрорайона. Количество женщин, у которых отмечалась выраженная анемия, в опытных группах было в 2-4 раза больше, чем в контрольной. Фиксируется тенденция и в изменении состояния периферической крови у беременных женщин (в зонах загрязнения увеличено содержание лейкоцитов, ниже ССЭ).

Анализ показателей развития детей свидетельствует о некотором замедлении в опытных группах по сравнению с контрольной (табл.49).

Естественно, что отмеченные осложнения связаны не только с воздействием ртути, а являются результатом сложного взаимодействия многих факторов, обусловленных негативным влиянием промышленного производства.

В табл.50 приведены данные о распределении ртути в волосах детского населения, проживающего в различных районах города. Как

Т а б л и ц а 48. Частота осложнений (%) при беременности и родах

Характер осложнений	Контрольная группа	Заречный район	Санитарно-защитная зона	Работницы СЭЛЗ
Угроза прерывания беременности	8,8	6,4	10,6	10,4
Токсикоз поздний	2,2	<u>14,4</u>	4,1	<u>9,5</u>
Преждевременные роды	4,2	2,1	6,5	<u>9,5</u>
Нефропатия	6,9	13,8	5,3	8,5
Анемия	3,8	<u>15,4</u>	<u>10,5</u>	<u>7,5</u>
Несвоевременное излитие вод	23,3	34,0	21,8	21,7
Слабость родовой деятельности	10,4	12,2	12,9	15,0
Продолжительность родов (в час)	9,3	9,3	9,5	11,9

П р и м е ч а н и е. Подчеркнуты показатели, для которых разница статистически достоверна.

видим, превышений физиологического уровня также не фиксируется. Более чем в 50% проб уровни ртути были менее 0,1 мкг/г. В то же время, практически по всей территории города встречаются дети, у которых концентрации ртути достаточно значимы (в 1,5-3 раза выше фона). Однако их число невелико: уровни содержания ртути в 1,5 раза выше фона отмечены только у 13% общего числа обследованных детей; в 3 раза выше фона - у 7% детей, что, хотя и, по-видимому, является "нормальным" явлением для такого промышленного города как Саранск, но не может не вызывать определенной тревоги. Четкой связи между интенсивностью концентрирования ртути в волосах детей и пространственной структурой города не выявлено. Отмечается лишь слабая тенденция к более частому появлению значимых концентраций ртути у школьников и дошкольников в районе "Светотехника", у дошкольников в районе "Северный" и в центре города, а также у школьников в районе "Октябрьский". Это, однако, может быть связано не только с близостью в отдельных случаях к основным источникам поступления ртути (СЭЛЗ, ТЭЦ-2 и др.). Так, довольно четко прослеживается тенденция более высокого концентрирования металла в волосах тех детей, чьи родители работают на заводах СЭЛЗ и СИС-ЭВС (табл. 51). Безусловно, что в данном случае сказывается влияние такого фактора,

Т а б л и ц а 49. Состояние детей, родившихся у женщин основных и контрольной групп

Показатель	Контрольная группа	Заречный район	Санитарно-защитная зона	У работниц СЭЛЗ
% детей, имеющих индекс Ангар $\leq 9$	12,2	<u>22,9</u>	19,5	<u>21,7</u>
Количество двойняшек на 100 родившихся	0,4	<u>0,9</u>	<u>1,2</u>	<u>1,0</u>
Гипотрофия плода (%)	14,4	15,4	<u>23,2</u>	<u>25,5</u>
Гипертрофия плода (%)	8,4	12,0	10,1	<u>15,1</u>
Вес: мальчики	3423	3473	3361	3323
девочки	3333	3449	3302	3289
Рост: мальчики	50,9	51,5	50,7	50,2
девочки	50,6	50,0	50,4	50,0

П р и м е ч а н и е. Подчеркнуты показатели, для которых разница статистически достоверна.

как загрязнение жилой среды ртутью в результате переноса на одежде рабочих (родителей). Это требует введения на предприятиях более жесткого санитарного контроля в частности, (использование маркированной сменной одежды, обуви и т.п.).

Сопряженное изучение уровней концентрирования ртути в моче и волосах детского населения также не выявило каких-либо критических ситуаций (табл. 52). Как в моче, так и в волосах не отмечено превышений физиологических уровней. Лишь у отдельных детей в моче (1-2% от числа обследованных) уровни содержания ртути приближались к физиологическому уровню, что может быть связано не только с факторами окружающей среды, но и с социально-бытовыми условиями.

Таким образом, результаты исследований концентрирования ртути свидетельствуют о незначительном поступлении этого металла в организм человека. Редко наблюдаемые высокие уровни могут быть связаны с локальным загрязнением как окружающей, так и жилой среды, однозначно указывая на необходимость усиление санитарного контроля. Полученные материалы в целом хорошо соотносятся с особенностями распределения ртути в окружающей среде города.



Т а б л и ц а 50. Уровни содержания ртути  
в волосах детского населения, мкг/г

Район города	Место отбора проб	К-во проб	Содержание ртути (пределы колебаний)	Кол-во проб с превышением фона	
				в 1,5	в 3
Светотехника	Школы	27	<0,1-1,4	6	2
	Детские дошкольные учреждения	22	<0,1-1,6	3	2
Северный	Школы	25	<0,1-1,2	3	2
	Детские дошкольные учреждения	25	<0,1-1,1	4	2
Заречный	Школы	29	<0,1-1,3	3	1
	Детские дошкольные учреждения	24	<0,1-0,4	1	-
Зона влияния СЭЛЗ	Школы	27	<0,1-0,3	-	-
	Детские дошкольные учреждения	19	<0,1-0,6	2	-
Центр	Школы	23	<0,1-1,3	1	1
	Детские дошкольные учреждения	29	<0,1-1,2	5	4
Октябрьский	Школы	27	<0,1-1,4	8	6
	Детские дошкольные учреждения	21	<0,1-1,5	1	1
ФОН			0,26		
Физиологический уровень			до 2		

Среди других тяжелых металлов по интенсивности концентрирования в организме детей ведущее значение имеет свинец - высоко токсичный химический элемент (табл.53). Как следует из приводимых данных, примерно у 50% детей уровни содержания этого элемента в волосах значимо (в 1,5 и более раз) превышают фоновый уровень; у 20% - допустимый, а у примерно 5% - критический! Характерно появление концентраций (более 30 мкг/г), при которых у детей могут фиксироваться специфические изменения в костях. Полученные данные убедительно подтверждают тот факт, что свинец является главным поллютантом городской среды. Наиболее интенсивным загрязнителем (по частоте появления экстремальных концентраций этого токсичного металла) характеризуется центральная часть города, районы "Северный"

и "Октябрьский", в меньшей степени "Светотехника", причем существенное поступление свинца может быть связано с воздействием не только промпредприятий, но и автотранспорта.

Т а б л и ц а 51. Уровни содержания ртути в волосах детей  
в зависимости от места работы родителей, мкг/г

Место работы родителей	Содержание ртути (пределы колебаний)
СЭЛЗ, СИС-ЭВС	Менее 0,1-1,6
"Саранскабель"	0,1-0,2
Приборостроительный, телевизионный, "Электровыпрямитель"	Менее 0,1-0,5
Механический, инструментальный	Менее 0,1-0,4
"Центролит"	Менее 0,1-0,1

Т а б л и ц а 52. Уровни содержания ртути  
в биосубстратах детей

Район города	Моча, мкг/л	Волосы, мкг/г
Зона влияния СЭЛЗ	1,57 (0,5-4,4)	0,18 (0,05-0,50)
Центр города	1,17 (0,5-3,2)	0,22 (0,05-0,60)
Светотехника	1,59 (0,5-4,0)	0,20 (0,05-0,35)
Северный	1,23 (0,5-3,6)	0,19 (0,05-0,33)
Заречный	1,66 (0,5-3,8)	0,27 (0,05-0,77)
Октябрьский	1,47 (0,5-4,0)	0,28 (0,05-0,60)
ФОН	до 5,0	0,26
Физиологический уровень	5-10	до 2

Достаточно интенсивно накопление в волосах детей и кадмия - элемента, безусловно требующего детального изучения его распределения в окружающей среде города (табл.54). У около 32% обследованных детей его концентрации в волосах превышали фоновый уровень в 2-5 раз, а примерно у 7% - допустимый. По частоте встречаемости экстремальных концентраций выделяется центр города и районы, прилегающие к СЭЛЗ, а также районы "Северный", т.е. территории, заведомо испытывающие промышленное воздействие.

Оценка интенсивности биоконцентрирования меди, цинка и никеля в волосах детей может быть дана только в сравнении с фоном, пос-

Т а б л и ц а 53. Уровни содержания свинца в волосах детского населения, мкг/г

Район города	Место отбора проб	К-во проб	Содержание свинца	К-во проб с превышением		
				фон в 1,5-2	физиологического уровня	критического уровня
Светотехника	Школы	II	7,2(2-21)	6	4	-
	Детские дошкольные учреждения	4	8,2(4,6-62)	3	2	I
Северный	Школы	25	6,2(2-26)	8	5	3
	Детские дошкольные учреждения	7	4(0,0-12)	I	I	-
Заречный	Школы	12	4,6(2,4-8,2)	5	I	-
	Детские дошкольные учреждения	I	3	-	-	-
Зона влияния СЭЗ	Школа	27	4,3(2-12)	7	3	-
	Детские дошкольные учреждения	8	15,4(3,6-32)	6	5	3
Центр	Школы	23	4,4(2-7)	2	-	-
	Детские дошкольные учреждения	23	10(2-21)	10	7	-
Октябрьский	Школы	24	8,3(1,3-26)	13	8	2
	Детские дошкольные учреждения	21	5,4(2-16)	9	3	-
ФОН			3,58			
Допустимый уровень			8			
Критический уровень			24			

Т а б л и ц а 54. Уровни содержания кадмия в волосах детского населения, мкг/г

Район города	Место отбора проб	К-во проб	Содержание кадмия	К-во проб с превышением	
				фон в 2-5	допустимого уровня
Светотехника	Школы	II	менее 0,3	-	-
	Детские дошкольные учреждения	4	0,26(0,1-0,4)	I	-
Северный	Школы	25	0,62(0,1-4,6)	8	2
	Детские дошкольные учреждения	8	0,3	-	-
Заречный	Школы	9	0,66(0,2-1,4)	7	I
Зона влияния СЭЗ	Школы	27	0,87(0,1-6,8)	5	2
	Детские дошкольные учреждения	8	0,63(0,1-1,7)	5	I
Центр	Школы	23	0,5(0,2-1,0)	6	I
	Детские дошкольные учреждения	23	0,58(0,1-1,4)	14	3
Октябрьский	Школа № 33	18	0,34(0,2-0,6)	2	-
	Школа № 8	8	0,6(0,2-1,5)	3	I
ФОН			0,19		
Допустимый уровень			1,0		

кольку для этих элементов еще не установлены допустимые уровни. Прежде всего ясно, что эти металлы в той или иной степени накапливаются в волосах детей. Как правило, уровни их содержания в волосах школьников более высокие, чем у дошкольников. Вероятно это связано с физиологическими и возрастными особенностями; кроме того более взрослые дети мобильнее в своем передвижении по городу. Четких пространственных закономерностей в распределении повышенных содержаний этих металлов не выявлено. Прослеживается слабая тенденция к более частой встречаемости повышенных (максимальных) содержаний цинка в районе "Заречный" (влияние "Резинотехники"?), никеля и меди - в районе "Северный" (северная промзона). В целом средние уровни меди и цинка в разных районах города незначительно (в 1,5-2 раза) превышают фоновые значения. Исключение составляет никель, для которого характерно повсеместное заметное превышение фоновых уровней (в среднем в 2-4 раза).

Итак, результаты исследования интенсивности концентрирования тяжелых металлов в биосубстратах населения показывают, что наиболее сильное воздействие на организм человека в городе может быть связано со свинцом и с кадмием. Остальные изученные элементы - ртуть, цинк, медь, никель - имеют подчиненное значение. Однако для них могут быть проявлены локальные аномалии, обусловленные загрязнением среды и социально-бытовыми условиями.

В общем случае, как известно, состояние здоровья населения характеризуется системой статистических показателей из 5 групп: это медико-демографические показатели (рождаемость, смертность, продолжительность жизни), заболеваемость, физическое развитие, группы здоровья и инвалидность.

Анализ рождаемости в городе за 1985-1991 годы свидетельствует о росте этого показателя до 1988 года, а с 1988 года отмечается спад рождаемости. Снижение рождаемости в г.Саранске подтверждает общую тенденцию снижения рождаемости как в России, так и в Мордовии (табл.55).

С 1988 года в городе наметилась тенденция роста общей смертности (табл.55). На высоком уровне колеблются показатели детской смертности. Отмечается тот факт, что уровень младенческой смертности в г.Саранске заметно выше, чем в Мордовии и по России в целом на протяжении последних 7 лет и составляет от 17,4 до 22,4 на 1000 родившихся живыми.

Анализ заболеваемости населения г.Саранска по данным официальной статистики был проведен по показателям распространенности болезней и заболеваемости на 1000 человек взрослого населения за 1989-1991 годы (табл.56).

Т а б л и ц а 55. Изменение показателей рождаемости и смертности на 1000 человек г.Саранск, 1985-1991 гг.

Показатель	Г о д ы						
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Рождаемость							
г.Саранск	16,5	17,2	17,6	16,4	16,4	14,8	12,9
МССР	15,8	16,4	16,6	15,6	14,6	13,4	12,0
Россия	16,6		17,2	16,0	14,6		12,1
Общая смертность							
г.Саранск	6,9	6,2	6,7	6,4	7,2	7,9	7,9
МССР	11,9	10,2	10,7	10,9	10,7	11,4	11,5
Россия	11,4		10,5	10,7	10,7	9,0	11,4
Детская смертность на 1000 родившихся живыми							
г.Саранск	20,9	17,4	20,9	17,7	22,4	21,8	19,0
МССР	18,3	16,4	17,8	14,2	18,4	16,5	14,7
Россия	20,5		19,2	18,9	17,7	17,4	17,4

В структуре распространенности болезней среди населения г.Саранска преобладают болезни органов дыхания (21%), болезни нервной системы и психические расстройства (18,3%), болезни системы кровообращения (11,4%). Новообразования составляют 3,3%, болезни крови 0,1%, болезни эндокринной системы 1,7%. Считается, что эти заболевания во многом обусловлены экологическими факторами.

Анализ заболеваемости населения г.Саранска свидетельствует о росте как общей заболеваемости, так и отдельных нозологических форм болезней. Так, в 1989 г. уровень общей заболеваемости, заболеваемости злокачественными новообразованиями, болезнями органов дыхания, мочеполовой системы возрос в 1,1 раза, болезнями эндокринной системы в 1,3 раза, болезнями кожи и подкожной клетчатки в 1,4 раза, болезнями крови в 1,5 раза; врожденные аномалии у детей в 1,8 раза (в сравнении с 1985 г.).

Для изучения состояния здоровья различных контингентов населения, проживающего в зонах с тем или иным уровнем техногенного воздействия, были выполнены специальные исследования в двух районах города: в Центральном районе ("грязном") и в Октябрьском районе ("условно-чистом"). Анализ заболеваемости проведен на основании

Т а б л и ц а 56. Показатели заболеваемости на 1000 человек для г.Саранска, 1989-1991 гг.

Группы болезней	Пол	1989 г.			1990 г.			1991 г.		
		дети	все население	взрослые	дети	все население	взрослые	дети	все население	взрослые
Злокачественные новообразования	м	0,18	3,12	1,8	4,08	2,28	3,12	-	3,12	2,04
	ж	0,19	4,8	3,12	3,72	2,28	0,12	0,12	3,12	2,28
Болезни эндокринной системы, нарушения обмена веществ	м	0,18	8,88	5,16	5,04	2,88	-	-	1,2	0,78
	ж	0,18	14,88	9,36	9,36	5,76	0,75	0,75	5,16	3,84
Болезни крови и кровеносных органов	м	7,44	-	3,24	2,76	1,32	5,52	5,52	0,06	1,92
	ж	2,76	0,45	1,32	1,56	0,99	4,56	4,56	0,82	1,68
Болезни глаза	м	15,6	3,72	8,88	3,6	8,52	12,72	1,56	5,40	5,40
	ж	19,08	6,0	10,8	13,88	8,52	10,92	3,36	5,64	5,64
Болезни уха	м	39,82	5,04	18,0	5,04	16,68	25,54	5,40	12,24	12,24
	ж	28,20	5,04	13,68	29,16	14,4	18,96	7,44	10,92	10,92
Ревматизм и ревматические болезни	м	-	2,16	1,2	1,1	0,62	0,26	0,26	0,18	0,18
	ж	-	3,72	2,28	1,44	0,81	0,25	1,17	0,9	0,9
Гипертоническая болезнь	м	-	9,72	5,52	16,8	9,48	-	-	7,68	5,04
	ж	-	23,16	14,64	30,48	18,84	-	-	19,44	13,68
Ишемическая болезнь сердца	м	-	8,64	4,92	14,04	8,04	-	-	10,20	6,72
	ж	-	19,68	12,36	25,68	15,96	-	-	17,28	12,12
Болезни верхних дыхательных путей	м	879,0	79,56	434,44	907,8	430,44	641,76	261,84	61,92	261,84
	ж	819,48	93,84	363,48	865,92	387,72	572,04	235,92	93,12	235,92
Другие болезни органов дыхания	м	187,2	33,0	99,6	188,0	94,32	189,0	81,48	24,84	81,48
	ж	189,0	39,48	95,04	159,84	92,88	177,72	43,56	83,64	83,64
Болезни системы пищеварения	м	21,24	17,52	19,08	11,64	19,8	7,08	16,2	13,08	13,08
	ж	22,32	47,04	37,8	11,52	36,24	12,84	33,6	27,48	27,48
Болезни мочеполовой системы	м	0,92	4,98	2,76	5,88	1,11	2,04	1,32	1,56	1,56
	ж	4,68	12,12	9,36	7,98	6,60	6,0	4,68	5,04	5,04
Болезни кожи и подкожной клетчатки	м	62,28	13,68	34,68	44,16	15,36	27,72	26,04	16,12	16,12
	ж	72,24	16,56	37,20	46,08	15,24	26,88	31,20	17,28	17,28
Сумма по группам болезней	м	1209,0	189,0	629,04	1187,04	192,96	612,96	143,16	407,52	407,52
	ж	1158,12	286,68	610,44	1136,72	284,52	608,64	143,84	420,36	420,36

трехгодичного (1989-1991 гг.) систематического сбора и обработки информации о перенесенных заболеваниях как детского, так и взрослого населения (слежение за состоянием здоровья 49 тысяч человек, в том числе 16 тысяч детей). Математико-статистическая обработка исходной информации проведена на электронно-вычислительной технике по программе автоматизированной государственной информационной системы "Здоровье" в Российском республиканском информационно-аналитическом центре Госкомитета РФ по санитарному надзору (табл.57).

Сравнительный анализ данных по изученным районам города показывает, что заболеваемость как среди детей, так и среди взрослого населения выше в центральном районе по следующим нозологическим группам болезней: болезни системы пищеварения в 2 раза, общая заболеваемость по изучаемым группам болезней в 1,1 раза. Кроме того, заболеваемость среди детей в центре выше по болезням крови в 9 раз, болезням глаза в 1,1 раза, болезням органов дыхания в 1,2 раза, болезням мочевыделительной системы в 3,1 раза.

Среди взрослых отмечается более высокая заболеваемость болезнями эндокринной системы (в 1,4 раза), гипертонической болезнью (в 1,4 раза), ишемической болезнью (в 1,7 раза). Обращает на себя внимание более низкая заболеваемость в центре по сравнению с юго-западным районом болезнями уха, кожи и подкожной клетчатки. Уровни онкологической заболеваемости, а также заболеваемости органов дыхания среди взрослых обоих районов примерно одинаковы.

Показатели заболеваемости населения г.Саранска за последние три года в сравнении со средними уровнями сравниваемой группы городов (67 городов России, в том числе города Рязань, Волгоград, Казань, Оренбург, Самара, Саратов, Н.Новгород и др.) отражают колебания в уровнях заболеваемости (1989 г. - заболеваемость выше среднего на 13%, 1990 г. - заболеваемость выше среднего на 23%, 1991 г. - заболеваемость ниже среднего на 21%). Тем не менее, для населения г.Саранска характерны более высокие уровни заболеваемости эндокринными болезнями, особенно среди женщин в возрасте 50-59 лет, болезнями кожи и подкожной клетчатки, болезнями органов дыхания среди детского населения.

Таким образом, приводимые данные однозначно свидетельствуют о более высоком уровне заболеваемости как детей, так и взрослого населения, проживающего в центральном районе города, т.е. в районе максимального техногенного воздействия. Следует особо отметить, что в общем случае в условиях промышленного города человек подвергается воздействию широкого комплекса средовых, социальных и биологических факторов, которые во многом и определяют состояние его здоровья. Поэтому при анализе заболеваемости необходимо учиты-

Т а б л и ц а 57. Показатели заболеваемости населения на 1000 человек по району г.Саранска, 1991 год

Группы болезней	Пол		Ц е н т р		Ю г о - з а п а д			
	м	ж	дети	взрослые	все население	дети	взрослые	все население
Злокачественные новообразования			-	3,84	2,4	-	2,28	1,56
Болезни эндокринной системы, нарушения обмена веществ			-	2,4	1,68	-	3,84	2,88
Болезни крови и кроветворных органов			1,44	5,88	4,44	-	0,9	0,61
Болезни глаза			7,56	0,13	3,6	0,82	-	3,12
Болезни уха			12,12	0,13	2,4	1,06	1,04	1,05
Ревматизм и ревматические болезни сердца			12,72	0,21	4,20	13,44	2,88	6,24
Гипертоническая болезнь			24,84	4,08	11,76	26,16	6,36	7,08
Ишемическая болезнь сердца			18,36	5,28	9,48	19,56	9,48	12,84
Болезни верхних дыхательных путей			-	0,13	0,08	-	0,38	12,36
Другие болезни органов дыхания			0,24	1,09	0,81	0,26	1,2	0,98
Болезни системы пищеварения			-	9,24	5,76	-	6,24	4,20
Болезни мочевыделительной системы			-	22,56	15,48	-	16,44	11,76
Болезни кожи и подкожной клетчатки			-	12,6	7,92	-	8,16	5,52
Сумма по группам болезней			-	22,5	15,48	-	12,12	8,76
			628,8	57,84	289,44	593,52	63,64	234,0
			616,56	91,44	257,16	521,40	94,68	214,56
			159,04	22,44	91,56	165,24	27,12	71,16
			190,08	87,4	92,4	163,8	39,84	74,64
			10,08	20,28	16,44	3,6	12,48	9,6
			18,12	45,36	36,72	6,72	22,44	18,0
			3,48	0,29	1,44	0,27	2,28	1,68
			8,28	3,84	5,16	3,48	5,40	4,92
			18,0	7,08	11,16	35,52	11,64	19,2
			19,32	6,96	10,92	44,76	15,72	23,88
			970,08	139,68	447,36	838,56	146,82	367,2
			882,68	255,0	456,24	770,28	233,16	383,88

вать влияние как факторов окружающей среды (интенсивности загрязнения), так и социально-бытовые и демографические факторы. На наш взгляд, полученные для г.Саранска данные очень показательны, поскольку свидетельствуют о влиянии на состояние здоровья населения, особенно детей, обеих групп факторов (средовых и социально-демографических). Так, данные геохимического изучения состояния окружающей среды показали, что наиболее загрязненными территориями в городе являются практически вся центральная часть и северная промышленная зона, тогда как остальные районы заметно отличаются (в лучшую сторону) и характеризуются в принципе умеренным характером загрязнения. В частности, данные по распространению заболеваемости также показывают, что в пределах города выделяются два района с высоким уровнем заболевания детей - центр в широком смысле (вместе с районом "Северный") и район "Октябрьский", которые различаются (и принципиально) по преобладанию тех или иных групп заболеваний. Следует однако отметить, что для первого района характерна наибольшая степень распространенности заболеваний. В тоже время, если повышенная заболеваемость в центральном и промышленном районах города безусловно во многом определяется неблагоприятными условиями окружающей среды, то в районе "Октябрьский" она может быть связана и с социально-бытовыми и демографическими условиями. Так, этот район характеризуется наличием общежитий (студенческий городок и т.п.), здесь проживает, по всей видимости, значительное количество иногородних жителей и т.п.. Возможно, что именно дети, проживающие в общежитиях, вносят основную "нагрузку" в увеличение общей заболеваемости. Это в частности и проявляется в преобладание здесь заболеваний кожи, нервной системы, желудочно-кишечного тракта. Второй район города (собственно центр, зона влияния СЭЗ и северная промышленная зона), напротив, отличается более высокой долей заболеваний органов дыхания, органов чувств, а также, что очень специфично, различными прочими заболеваниями, среди которых часто встречаются пиелонефрит и цистит (табл.58).

Таким образом, на значительной части города на показатели состояния здоровья детей оказывают воздействие условия окружающей среды, а для района "Октябрьский", по-всей видимости, сильным дополнительным фактором являются социально-бытовые и демографические факторы. Естественно, что воздействие факторов окружающей среды следует связывать с увеличенным содержанием не какого-то конкретного поллютанта, а со сложным воздействием всего их комплекса. Комплексный состав формирующихся в городской среде техногенных ато- и литохимических аномалий (тяжелые металлы, углеводороды, фтористые соединения, различные прочие газообразные вещества) - одна

Т а б л и ц а 58. Распространенность случаев заболеваний пиелонефритом и циститом на территории изученных районов города

Р а й о н	Кол-во случаев на 1000 детей
Центр	21
Октябрьский	4,8
Заречный	2,0
Светотехника	0,9

из важнейших особенностей г. Саранска, которую следует учитывать при оценках воздействия техногенных и прочих факторов на состояние здоровья населения. Второй важной особенностью г. Саранска является

геогигиенических позиций, о которой часто забывают, является специфика состава питьевых вод, которые, как известно, отмечаются повышенными уровнями фтора. Взаимосвязь повышенных его концентраций с показателями здоровья населения для условий г.Саранска практически не изучена. Имеются лишь отдельные данные о значительной пораженности флюорозом зубов детского населения. В частности, по данным сотрудников Казанского мединститута (А.Ю.Зайденштейна и др.) флюороз зубов обнаружен у 72,1% обследованных учащихся г.Саранска. Воздействие повышенных содержаний этого элемента, поступающего в организм с водой, на общее состояние здоровья человека и его сопротивляемость к прочим воздействиям не может не учитываться и требует специальных исследований. Еще одной особенностью геогигиенической ситуации, сложившейся в городе, является практически постоянное и в течение уже длительного периода времени присутствие повышенных концентраций антибиотиков в городской среде, связанных с влиянием завода медпрепаратов "Биохимик". Он введен в эксплуатацию в 1959 г. и расположен практически в самом центре города. В воздушный бассейн данным предприятием выбрасывается около 50 вредных веществ, в том числе аэрозоли пенициллина, аммиак, бутилацетат, бутанол, этанол и др. Общий учитываемый выброс составляет порядка 250 т/год. На 1991 г. производство пенициллина составляло 480 услт; 6-аминопенициллинаевой кислоты - 350 усл.т, кровезаменителей - 6,9 млн. штук флаконов.

Результаты специальных исследований, выполненных в 1990-1992гг. показали, что среднегодовое содержание пенициллина на протяжении указанного периода превышало среднесуточную ПДК в 1,2-2,7 раз. Наибольшим уровнем содержания пенициллина характеризуется центр города (в 1,4-3,2 раза выше ПДК), наименьшим - Октябрьский микрорайон (0,7-2 ПДК). При этом минимальные значения характерны для 1992г.

т.е. отмечается тенденция снижения уровня загрязнения воздушной среды этим веществом. Как правило, загрязнение атмосферного воздуха выше в весенне-летний период (особенно май-июнь), ниже - в осенне-зимний. К сожалению, проведенные исследования не позволили дифференцировать дикие штаммы гриба *Penicillium* от штаммов, применяемых в производстве.

Проблема взаимодействия человека с антибиотиками имеет свои особенности и должна рассматриваться в двух основных аспектах. Во-первых, это прямое воздействие антибиотиков на организм человека, когда будут проявляться токсические реакции, характеризующиеся органотропностью и специфичностью эффекта, а также аллергизацией. Во-вторых, имеет место взаимодействие антибиотиков в так называемой трехчленной цепочке: антибиотик-микроорганизм-человек. При этом имеется ввиду взаимодействие антибиотика на биоценоз микроорганизмов-сапрофитов человека, в результате чего происходит нарушение нормальных взаимодействий, что приводит к размножению устойчивой к антибиотикам флоры и развитию форм патологии, таких, как, например кандидоз.

В печати имеются сообщения отечественных и зарубежных авторов о роли предприятий по производству антибиотиков как источников биологического загрязнения; установлено, что заболеваемость детского населения, проживающего в зонах влияния этих предприятий, выше, чем среди детей, проживающих на контрольной территории. Исследования состояния здоровья лиц, проживающих в районах размещения таких предприятий, свидетельствуют о возможности сенсбилизации значительных групп населения антибиотиками с последующим неожиданным возникновением аллергических осложнений после первого применения препарата. Поступление выбросов, содержащих антибиотики даже в незначительных концентрациях, может привести к хронической сенсбилизации населения, проживающего в зоне размещения их производств. Как отмечалось, технологические процессы получения пенициллина сопровождаются выбросами в атмосферу бутил-ацетата, бутанола, аммиака, этанола и др. Более того, в непосредственной близости к комбинату расположены предприятия электротехнической промышленности, ртутное производство электролампового завода, приборостроительный завод, экскаваторный завод (выбросы тяжелых металлов, фтористых соединений, аэрозолей красок, растворителей, оксидов азота, взвешенных веществ и др.). Биологическое действие антибиотиков при совместном присутствии с химическими веществами в воздушном бассейне пока еще не исследовано.

Таким образом, гигиеническая характеристика техногенных загрязнений, оценка влияния их на организм в концентрациях и комбина-

циях, присущих современной городской среде, актуальны и практически значимы. Необходимо широкое развертывание научно-исследовательских и прикладных работ в данном направлении.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненный комплекс эколого-геохимических и гигиенических исследований свидетельствует о том, что по интенсивности накопления и уровням содержания токсичных химических элементов, контрастности и протяженности техногенных аномалий, их комплексности, а также по общей структуре и масштабам загрязнения территории г. Саранск может быть отнесен к наиболее сильно загрязненным городам страны.

В табл. 59 приведена обобщенная оценка состояния городской среды, составленная на основе данных лито-, атмо- и биогеохимических исследований, позволяющая сделать ряд принципиальных выводов. Во-первых, загрязнение воздушной среды ртутью - основная обсуждаемая на страницах местной печати проблема, имеет для г. Саранска локальное значение и является в большей степени проблемой производственной санитарии. Во-вторых, техногенная нагрузка на окружающую среду города определяется поступлением довольно широкого комплекса поллютантов, т.е. загрязнение носит полиэлементный характер. В-третьих, основным поллютантом городской среды является высокотоксичный свинец, поступление которого связано как с деятельностью промышленных предприятий, так и с влиянием автотранспорта. Ведущее значение свинца подтверждается материалами всех экогеохимических исследований. Особую опасность представляет его чрезвычайно интенсивное накопление в биосубстратах детского населения. В-четвертых, по всей видимости серьезные проблемы могут возникнуть в связи с загрязнением городской среды такими химическими элементами как кадмий, молибден, олово и рядом других, а также, по всей видимости, углеводородами, фтористыми соединениями, аэрозолями пенициллина, требующих более детального исследования их распределения и поведения в окружающей среде.

Катастрофическая ситуация сложилась в изученном регионе с водными экосистемами, что наглядно подтверждается данными по обобщенной оценке состояния водной экосистемы и долинных ландшафтов р. Инсар (табл. 60). Имеющиеся материалы однозначно свидетельствуют о том, что река в своем нынешнем состоянии является одной из наиболее загрязненных аналогичного порядка рек мира. Серьезную проблему

Т а б л и ц а 59. Обобщенная оценка состояния наземной среды г. Саранска (по данным лето-, атмо- и биогеохимических исследований)

Компонент среды	Интервалы, превышающие фон	Интервалы, превышающие ПДК (норматив)	Примечание
Почва	Контрастные аномалии на значительной территории города - свинец, в меньшей степени - цинк и олово; контрастные, но локальные - ртуть, кадмий, барий, сурьма, таллий, молибден, селен, вольфрам; слабоконтрастные на значительной территории - никель, стронций; слабоконтрастные и локальные - медь, марганец, ванадий, висмут, кобальт и др.	Высокий свинец и повышенный цинк - на большей части города; локально - повышенный свинец и медь, валовые сурьма, ванадий, марганец, ртуть	Около 33% площади города характеризуются допустимым уровнем загрязнения; более 46% - умеренно опасны; около 16% - опасны; примерно 1% - чрезвычайно опасны.
Воздух	На значительной территории города - свинец, олово, никель, молибден, цинк, хром, кадмий, ванадий, марганец; локально - ртуть, вольфрам	В пределах северной прозоны - стабильно свинец; эпизодически - ванадий, хром, никель, кадмий; в центральной части - стабильно свинец; эпизодически никель, а в СЗЗ СЗДЗ - ртуть. По средним данным для всего города - пыль, бенз-а-пирен, диоксид азота, оксид углерода, пенициллин, сернистый ангидрид.	По количеству вредных выбросов в атмосферу, принадлежащих на одного жителя или на единицу площади города Саранск опережает многие промышленные города страны и Европы.
Городские зеленые насаждения	На всей территории города - стабильно свинец; локально - молибден, цинк, медь, никель, кадмий	Не разработаны	
Биосубстраты	Слабое и эпизодическое концентрирование ртути в волосах и моче у детей в промрайонах; у 50% обследованных детей свинец в волосах превышал фон в 1,5 и более раз; у 32% - кадмий превышал фон в 2-5 раз; повышенные, иногда заметно, содержания меди, никеля, цинка, железа	У 20% детей свинец превышал допустимый, а у 5% - критический уровень; кадмий превышал допустимый уровень у 7% детей (преимущественно в центре, в северной прозоны, вблизи СЗДЗ)	Наиболее высокая доля засоренности характерна для центральной части города, зоны вблизи СЗДЗ и северной промышленной зоны; здесь высока и доля засоренности органов дыхания. Чужаки, различных прочт, среди которых - пшелофит и притст, что встречается с более высокой степенью загрязнения окружающей среды. В микрорайоне "Октябрьский" преобладают заболевания кожи, желудочно-кишечного тракта, нервной системы, что может быть обусловлено совокупно-бытовыми и демографическими факторами. Наименьшая засоренность характерна для района "Заречный"; район "Светотехника" занимает промежуточное положение.

представляют повышенные содержания фтора в питьевых водах, негативное воздействие которого уже подтверждается наличием флюороза зубов. В питьевых водах постоянно фиксируются повышенные уровни железа, сульфатов, сухого остатка, увеличена их жесткость. В отдельные периоды они не соответствуют существующим требованиям по санитарно-бактериологическим показателям.

Приводимые данные в большей степени носят оценочный, фиксационный характер. Однако, во-первых, подобные исследования в пределах города и его ближайших окрестностей в таких масштабах проведены впервые. Во-вторых, их результаты должны послужить основой для разработки целого ряда практических рекомендаций, направленных на улучшение экологической ситуации в городе и его окружении. В-третьих, что очень важно, они позволяют наметить основные направления приоритетных исследований, целью которых является получение объективной информации для разработки практических рекомендаций и ТЭО природоохранных и санитарно-гигиенических мероприятий. Для г. Саранска эти исследования могут быть сведены к следующим основным задачам:

1. Комплексное изучение промышленных предприятий города как источников загрязнения окружающей среды.
2. Детальные экогеохимические исследования в пределах выявленных техногенных аномалий.
3. Агрогеохимическая оценка качества сельскохозяйственной продукции, выращиваемой как в пределах города, так и в его окрестностях, в том числе на орошаемых территориях.
4. Детальное изучение вещественного состава осадков городских сточных вод с целью оценки их экотоксичности и разработки рекомендаций по утилизации.
5. Изучение распределения фтора и по всей видимости стронция в объектах окружающей среды, в первую очередь, в питьевых водах и оценка их потенциального воздействия на состояние здоровья населения.
6. Геогигиеническая оценка качества питьевых вод Саранского промышленного узла.
7. Детальные работы по геохимии и биогеохимии свинца в окружающей среде города и оценке его потенциального воздействия на состояние здоровья, в первую очередь детского населения.
8. Более детальное изучение распределения и накопления в объектах окружающей среды таких специфических для Саранска химических элементов как сурьма, таллий, олово, молибден, цинк, вольфрам, селен, никель, а также органических соединений.

Т а б л и ц а 60. Обобщенная оценка состояния водной системы р. Исар

Компонент среды	Интродуценты, превышающие фоновый уровень	Интродуценты, превышающие гигиенические нормативы и ЦДК	Интродуценты, приближающиеся к ЦДК (не исключены все интродуценты ЦДК)	Интродуценты или показатели загрязнения	Примечание
I	2	3	4	5	6
Донные отложения	Олово, кадмий, ртуть, молибден, цинк, вольфрам, серебро, медь, таллий, фтор, хром, никель, свинец, стронций, железо, висмут, бериллий, бор	ЦДК не разработаны	ЦДК не разработаны	Более 100; в отдельных случаях до 800	Свидетельствует об очень сильном, чрезвычайно высоком уровне загрязнения водной системы; практически постоянное присутствие многих элементов в воде в концентрациях выше ЦДК; высокие дозы подвижных форм нахождения указывает на значительные техногенные входы как вторичного источника загрязнения и выносур экотоксикологическую опасность
Эпифитозаноз	Кадмий, ртуть, молибден, олово, свинец, вольфрам, серебро, цинк, медь, никель, хром, фтор и др.	"	"	Более 100	"
Взвесь	Медь, кадмий, ртуть, хром, никель, железо, цинк, молибден, серебро, ванадий, свинец и др.	ЦДК не разработаны	ЦДК не разработаны	Не разработан	Многократное превышение фонов; для многих элементов велико значение взвешенных форм металлов в форматовании вод загрязнения; преобладающие подвижные, токсические активные формы закрепления металлов в техногенной взвеси обуславливает их повышенную опасность
Водные растения	Никель, кадмий, цинк, молибден, медь, олово, хром, олово, серебро, вольфрам, ртуть, марганец, железо, кобальт	"	"	"	Указанные элементы постоянно присутствуют в воде в повышенных концентрациях

Оценочные табл. 60

Вода	2	3	4	5	6
Вода	Аммонийный азот, фосфаты, нитраты, хлориды, фтор, литий, стронций, железо, кадмий, вольфрам, марганец, никель, алюминий, калий, нитраты, нитраты, медь, цинк, хром, молибден, титан	Аммонийный азот, фосфаты, нитраты, хлориды, фтор, литий, стронций, железо, кадмий, вольфрам, марганец, никель, алюминий, калий, нитраты, нитраты, медь, цинк, хром, молибден, титан	Медь, ртуть, сульфаты, молибден	Превышение установленных нормативов для суммарного водостатка в водостатке, для статистической по санитарно-гигиеническим нормативам; органическим веществам и общему санитарному привакам вредности	Вода реки не соответствует всем существующим ныне требованиям с точки зрения использования
Поверхностные водные ресурсы	Свинец, стронций, таллий, молибден, никель, хром, фтор, медь, олово	Нет	Свинец	Отсутствует	Указывает на наличие накопления токсичных металлов в водостатке водоема
Сельскохозяйственные почвы	Кадмий, никель, молибден, цинк, свинец	Кадмий, никель	Цинк, свинец	"	Качество сельскохозяйственной продукции не соответствует существующим требованиям
Почва на полях	Цинк, никель, фтор, свинец, алюминий, азот и фосфор, хлориды, сульфаты	Нитраты, фосфаты, хлориды, цинк, сульфаты, фтор	Никель	"	Не соответствует качеству, предъявляемым к питьевым водам

Примечание. По количеству всех видов сточных вод, производится на одного жителя, г. Саранск не уступает и даже превосходит многие промышленные города, а по количеству образующихся без очистки или недостаточно очищенных, приходящихся на одного жителя, г. Саранск, по-видимому, занимает одно из первых мест в России.



Выполненный комплекс исследований однозначно свидетельствует о необходимости разработки и осуществления программы по всестороннему изучению экологических последствий техногенного преобразования окружающей среды на территории всей Мордовии. Эта программа должна включать два блока работ, первый из которых заключается в быстром, экспрессном изучении состояния окружающей среды в промышленных и сельскохозяйственных районах республики с целью выявления и оценки наиболее проблемных ситуаций. Второй блок работ должен предусматривать детальные и планомерные исследования выявленных проблемных и критических ситуаций с целью предотвращения, снижения и ликвидации последствий техногенного вмешательства. На первом этапе работ особенно эффективно применение геохимических методов, что подтверждается многолетним опытом подобных исследований в самых различных регионах России и сопредельных территорий.

#### Л и т е р а т у р а

1. Ачкасов А.И. Распределение микроэлементов в агроландшафтах Московской области. Автореф. канд. дис. - М.: ИМГРЭ, 1987. 25 с.
2. Буренков Э.Н., Борзенко И.Л., Москаленко Н.Н., Янин Е.П. Экологическая геохимия городских агломераций. М.: ВИЭМС, МГП "Геоинформарк", 1991. 79 с.
3. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
4. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. М.: ИМГРЭ, 1990. 16 с.
5. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими элементами. М.: Минздрав СССР, ИМГРЭ, 1987. 25 с.
6. Мур Д.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. М.: Мир, 1987. 288 с.
7. Ревич Б.А., Сагг Ю.Е., Смирнова Р.С., Сорокина Е.П. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. М.: ИМГРЭ, 1982. 112 с.
8. Сагг Ю.Е. Антропогенные геохимические аномалии (особенности, методика изучения и экологическое значение). Автореф. докторской дис. М.: ИМГРЭ, 53 с.
9. Сагг Ю.Е., Алексинская Л.Н., Янин Е.П. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения поверхностных водотоков. М.: ИМГРЭ, 1982. 74 с.
10. Сагг Ю.Е., Башаркевич И.Л., Ревич Б.А. Методические реко-

мендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды. М.: ИМГРЭ, 1982. 66 с.

11. Сагг Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 319 с.

12. Сагг Ю.Е., Янин Е.П. Методические рекомендации по геохимической оценке состояния поверхностных вод. М.: ИМГРЭ, 1985. 48с.

13. Сагг Ю.Е., Янин Е.П., Григорьева О.Г., Сорокина Е.П. Микроэлементы в донных отложениях рек как индикаторы загрязнения антропогенных ландшафтов. //Геохимические методы мониторинга. Минск: Наука и техника, 1980, с.95-108.

14. Сагг Ю.Е., Янин Е.П. О комплексном составе техногенных гидрохимических аномалий. //Водные ресурсы, 1991, № 2, с.135-140.

15. Скрининговые методы для выявления групп повышенного риска среди рабочих, контактирующих с токсичными химическими элементами. М.: МОНИКИ, ИМГРЭ, 1989. 23 с.

16. Справочник по видам аналитических работ, выполняемых в лабораториях ИМГРЭ. М.: ИМГРЭ, 1987. 128 с.

17. Янин Е.П. Изучение химического состава отложений водотоков при санитарном контроле качества поверхностных вод. //Материалы научно-технической конференции "Актуальные вопросы гигиены труда". М., 1980, с.78-81.

18. Янин Е.П. Антропогенные потоки рассеяния химических элементов в поверхностных водотоках. //Исследование окружающей среды геохимическими методами. М.: ИМГРЭ, 1982, с.43-56.

19. Янин Е.П. Трансформация гидрохимического облика малых водотоков в антропогенных ландшафтах. //Методы исследования антропогенных ландшафтов. Л.: ГО СССР, 1982, с.98-99.

20. Янин Е.П. Основные тенденции изменения геохимических черт водотоков и водоемов в антропогенных ландшафтах. //Динамика географических систем. М.: Изд-во Московского ун-та, 1983, с.13-14.

21. Янин Е.П. Особенности формирования стока взвешенных наносов малых рек в условиях техногенеза. //Выявление зон загрязнения окружающей среды токсичными химическими элементами. Челябинск, 1984, с.19-20.

22. Янин Е.П. Геохимические закономерности формирования антропогенных потоков рассеяния химических элементов в малых реках. Автореф. канд. дис. М.: ИМГРЭ, 1985. 25 с.

23. Янин Е.П. Геохимические особенности малых рек сельскохозяйственных ландшафтов. //География и природные ресурсы. 1985, № 1, с.167-168.

24. Янин Е.П. Техногенные потоки рассеяния химических элементов в донных отложениях поверхностных водотоков. // Советская гео-логия, 1988, № 10, с.101-109.

25. Янин Е.П. Ртуть в ирригационных ландшафтах поймы реки Нуры в условиях интенсивного промышленного воздействия. // Биогеохимические методы при изучении окружающей среды. М.: ИМГРЭ, 1989, с. 15-25.

26. Янин Е.П. Экогеохимическая оценка загрязнения реки Нуры ртутью. М.: ИМГРЭ, 1989. 43 с.

27. Янин Е.П. Ртуть в окружающей среде промышленного города. М.: ИМГРЭ, 1992. 169 с.

28. Янин Е.П. Геохимическая оценка экологических последствий загрязнения водных систем в городах. // Эколого-геохимический анализ техногенного загрязнения. М.: ИМГРЭ, 1992, с.49-65.

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

Предисловие .....	3
1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	5
2. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ И НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ ГОРОДА	II
1. Общая оценка ситуации .....	II
2. Техногенные геохимические аномалии в почвенном покрове .....	13
3. Уровни содержания и особенности распределения тяжелых металлов в приземном слое атмосферного воздуха .....	26
4. Уровни содержания тяжелых металлов в городской растительности .....	34
5. Техногенные аномалии химических элементов в почвах некоторых городов и поселков Мордовии .....	38
3. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ р.ИНСАР .....	38
1. Общая оценка ситуации .....	40
2. Геохимические особенности осадков городских сточных вод .....	41
3. Техногенные потоки рассеяния химических элементов в донных отложениях .....	46
4. Уровни содержания и особенности распределения химических веществ в поверхностных водах .....	62
5. Биогеохимические особенности техногенных потоков рассеяния .....	72
4. ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ р.АЛАТЫРЬ .....	74
5. ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ПИТЬЕВЫХ ВОДАХ И ПРОБЛЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА .....	81
6. ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В АГРОЛАНДШАФТАХ И ГРУНТОВЫХ ВОДАХ ПОЙМЫ р.ИНСАР .....	87
7. ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ	92
З а к л ю ч е н и е .....	107
Л и т е р а т у р а .....	112

Э.К.Буренков, Е.П.Янин и др.

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА  
СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ г.САРАНСКА

Утверждено к печати Институтом минералогии,  
геохимии и кристаллохимии редких элементов

Редакторы: Т.И.Нефелова, Е.А.Трдатян,  
В.А.Дружинина

Подписано к печати 20 декабря 1993 г.  
Формат 60x90 1/16. Уч.-изд.л. 7,4.  
Тираж 300. Цена договорная. Заказ 6-93.  
Ротапринт ИМГРЭ