

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

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 Ю "Лисма" (заводы СЭЛЗ и СЖ-ЭВС). Как-либо детальных работ по изучению распределения и концентрации ртуть 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 экологохимических 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 Ю "Лисма". Кроме того, в их финансировании приняли участие Ю "Автопромоборудование", Ю "Орбита", Ю "Электронпрямитель", заводы - автосамосвалов, инструментальный, механический, приборостроительный, "Саранскабель", акскаваторный. Финансирование специализированных исследований, связанных с оценкой загрязнения реки Сура в районе Сура-ского водозабора и реки Алатырь в районе Ардаговского водозабора, соответственно осуществлялось Саранским ШИХ и Ардаговским

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

УДК 550.84:502.7

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

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

Мнография 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. Кижаккин, Л.И. Кашина,
- В.И. Трогина, В.Я. Чардина, Г.И. Бурлакова,
- Л.В. Душанина, А.А. Динурман, Г.Д. Краюнов,
- Ю.В. Беляков, В.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. Колозов

Р е ц е н з е н т :

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



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

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.Литвишина, 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. Кондратъев, Н.В.Мишунев, В.А.Рубкин, 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, полученных при проведении специализированных геохимических и геохимических исследований, направленных на установление источников загрязнения, прослеживание путей миграции загрязнителей 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 экохимических 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 являющихся 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 составляющих 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 (длиннечные ореолы), а геохимический ореол рассеяния - в почве, растительном покрове и т.п. (депонирующие среды). По компонентам ландшафта, фиксирующим аномалии, геохимические ореолы и потоки могут быть литохимическими (в почвах, горных породах, долинах отложениях), гидрхимическими (в водах), атмосферическими (в воздухе), биохимическими (в живых организмах).

Техногенные геохимические аномалии могут быть как моноэлементными, так и включать широкий спектр загрязняющих веществ, среди которых выделяют главные, или приоритетные ингреденты. Для фиксации зоны неблагоприятного воздействия источников загрязнения часто достаточно изучение типичных 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 поллигантами, но и четко фиксируют уровень и масштабы воздействия многих источников загрязнения.

При экогеохимических исследованиях в первую очередь изучаются геохимические элементы, т.е. группы элементов, обнаруживаемые в изучаемом объекте (компоненте среды) в количествах, отличных от неких нормативных величин (как правило, геохимического фона). Обычно в ассоциацию включают химические элементы (вещества) с коэффициентом концентрации относительно фона, равными и больше 1,5 (нормативная ошибка менее 50%), что позволяет достаточно надежно выделить комплекс аномальных поллигантов. Для этих целей, как правило, используют так называемые депонирующие (консервативные) среды, которые являются более стабильным компонентом окружающей среды, служат своеобразными аккумуляторами загрязняющих веществ. К таким средам относятся прежде всего почва и донные отложения, позволяющие по их химическому составу выделить техногенные литохимические потоки и среды рассеяния (техногенные аномалии) и оценить качество связанных с ними жизнеобеспечиваемых 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 поллиганты 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 концентрации и динамику распределения поллигантов, но и форм их нахождения и интенсивности миграции, а также оценку воздействия на живые организмы.

Оценка результатов геохимических исследований делается 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 ингрэдентов. 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 ( $K_c$ ), который определяется отношением реального (аномального) содержания поллиганта в конкретном природном теле к его фоновому (глобальному или региональному) уровню, т.е.  $K_c = \frac{C}{C_0}$ , где  $C$  - реальное, а  $C_0$  - фоновое содержание.

Поскольку техногенные аномалии, как правило, имеют полиэлементный состав, то для них используется суммарный показатель загрязнения ( $K_c$ ), который равен сумме  $K_c$  химических элементов и характеризует эффект воздействия группы элементов:

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

где  $n$  - число учитываемых элементов.

На основе анализа эмпирического 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 анализ 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 государственного контроля, выполненного специального 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 (Σс)

Категория загрязнения почв	Величина Σс	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 - утверждена 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 [11]

Категория загрязнения	Величина Σс 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 Σс - суммарный показатель загрязнения.

Для оценки интенсивности загрязнения атмосферы и наземных экосистем было проведено геохимическое картирование почвенного покрова города в масштабе 1:25 000 (опробованы 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 фильтре АЭА-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 берез).

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); выполнено на литохимическая съемка донных отложений реки Инсар и ее притоков, которая на участке от с.Зыково до с. Кр.Дол осуществлялась в 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.Лувалово, с.Анненково, п.Ромоданово, с. Лушкино, 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 эфиритов.

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.Лушкино, 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. Ардагов с отбором проб воды на 20 створах (с учетом времени дообегания воды). 3). Разовые гидрохимические опробования (летом 1989-1990 гг.) р. Инсар в отдельных точках, а также его притоков - рек Левья, Оаранка, 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 исследования. 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 жилой 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 полигидратов в сельскохозяйственной продукции, выращиваемой на пойме р. Инсар, был выполнен небольшой объем агрохимических работ - отбор верхнего слоя почвы (40 проб) и некоторых вылов сельскохозяйственной продукции (25 проб).

Исследования по оценке потенциального воздействия загрязнения на жителей города включали: 1). Работы, связанные с изучением накопления химических элементов в биосубстратах населения. В качестве диагностических биосубстратов использовались волосы (исследовались ругуть и ряд других металлов) и моча (ругуть). Микроэлементный состав волос был изучен у рабочих ПО "Лисма", а также у детского населения (школы и детские сады, расположенные в различных районах

города). Ругуть 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 СЗЛЗ, зона влияния ГАП-2 и северной промзоны, "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 госсанэпиднадзора.

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

Все геохимические пробы исследовались широким комплексом аналитических методов как в полевой лаборатории, так и (после соответствующей подготовки) в стационарных лабораториях ГОРОСС, ИМГРЭ 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 ВХОДИТЕЛЕЙ 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, летучих химических и биогеохимических техногенных аномалий (погозов и ореолов рассеяния) широкой группы полигидратов [10, 11].

### 1. Общая оценка ситуации

В настоящее время в городе Саранске насчитывается около 60 предприятий, осуществляющих выбросов 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 подтверждается очистке примерно 41% выбросов; 27% улавливаемых веществ утилизируются. 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 индекса загрязненности воздуха. Так, индекс загрязнения атмосферы рассчитывается 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 выделяется, как отмечалось, более 60 веществ различных классов опасности, среди которых тяжелые металлы, фтористые соединения, углеводороды, растворители, оксиды азота, сера и др. Например, известно, что в воздушный бассейн центральной части города поступают оксиды азота, различные углеводороды, пары кислот, щелочей, альдегид, бутандиолат, ширты этиловый и бутановый, аммиак, фтористые соединения, аэрозоли красок и тяжелых металлов, пары ртути, пыль пенциллина, 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 1 жителя)

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

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

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

Таким образом, приведенные 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 приведенный ниже материал.

## 2. Техногенные геохимические аномалии в почвенном покрове

В соответствии с существующей методикой изучения техногенного преобразования территорий городов в качестве индикатора атмосферного загрязнения используются аномалии химических элементов в почвенном покрове, являющегося средой-депонатором загрязнителей и отражающего состояние воздушного бассейна. Как было установлено, при определенных сроках воздействия источников загрязнения концентрация загрязнителя 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	Кв/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 почв химическими веществами определяется уровнем ее возможного отрицательного влияния на контактирующие среды, пищевые продукты и опосредованно на человека, а также на биологическую активность почв и процессы ее самоочищения. При этом для ряда поллитантов 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 микроорганизмов (аэробных патогенной кишечной микрофлоры) и снижения ее биологиче-

ности отмечается увеличение положительных находок патогенных энтеробактерий и геотельминтов, которые более устойчивы к химическому загрязнению, нежели представители естественных почвенных микробиоценозов [5]. Оценка неблагоприятных последствий загрязнения почв при их непосредственном воздействии на организм человека важна для случаев геофиты и 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 геогигиенических 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), базировавшаяся на отработании верхнего слоя почв. На основе полученных данных были составлены карты-схемы загрязнения территории города как отдельными химическими элементами, так и отражающих суммарный эффект воздействия поллитантов (около 40 интрелементов). По независимым от исполнителей причинам не опробовались площадки предприятий города (за исключением промзон заводов СИС-ЭЭС и СЭЭС). Поэтому, безусловно, выявленные площадки наиболее интенсивных аномалий многих элементов в реальности будут более значительными.

В табл.5 приведены данные о структуре загрязнения территории Саранска химическими элементами, выявляемых основными поллитантами 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 СЭЭС и СИС-ЭЭС, других промзон, а также к наиболее "оживленным" транспортным перекресткам. Более значительные по размерам аномалии с



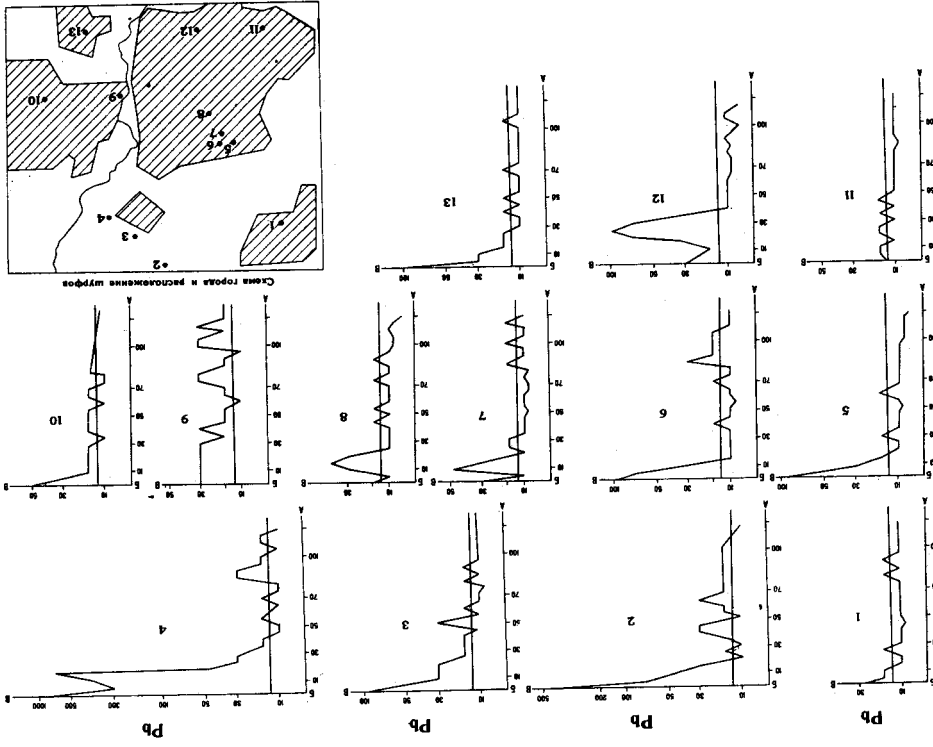
Т а б л и ц а 5. Структура загрязнения территории Саранска некоторыми химическими элементами (в % от общей площади города)

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 встречается 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 ЦК. 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 профиля по профилю почв. Достаточно существенно загрязнен центр города (8) и микрорайон "Заречный" (9,10). Наименьший уровень характерен для жилых районов "Светотехника" (1) и "Октябрьский" (11). Однако необходимо отметить, что существующая в нашей стране ЦК 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 - глина, см; Р-В - концентрация, мг/кг.  
Линейная шкала - уровень фона

нижна. В частности, в ряде западноевропейских стран ПДК свинца в почвах составляет 100 мг/кг. Естественно, что при таком уровне площади геохимически опасных аномалий этого металла заметно уменьшатся. В то же 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 поллитантом 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 различные территории этим тяжелым металлом не является критическими (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 значимы по контрастности и размерам техногенные ореолы ртутью пружорены к промышленным заводам 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 ртутью с концентрациями, превышающими фон в 3-10, 10-30 раз и более. Уровни, превышающие ПДК, обнаружены в пределах промышленных зон 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 промышленных заводов СЭЛЗ и СИС-ЭВС, где загрязнение почв ртутью прослеживается соответствующим образом, в пределах 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 Саранском электроламповом заводе (СЭЛЗ) организовано с начала 1960-х гг. Начиная с 1965 г.

ежегодно выпускается 30-35 млн. ламп, при этом годовое использование ртутью в технологическом процессе составляет около 5,5 т. По данным завода в течение первых 15 лет в атмосферу города поступало до 200-400 кг ртутью в год. В 1976 г. в цехах, где идет использование ртутью, были установлены угольные адсорберы. Это позволило снизить выбросы ртутью до 62 кг/год (средние за 1981-1985 гг.). Таким образом, максимальное количество ртутью, поступившее в атмосферу за весь период (около 30 лет) существенно превышает данные, составляет примерно 6 т. Для сравнения приведем данные по одному из наиболее крупных заводов - ПО "Карбид" (г.Темртау), использующего в технологическом цикле ртутью. Здесь при производстве апетальдегида в год производится 60-70 т ртутью. Ее выброс в окружающую среду за 30-летний период составил более 1000 т [26,27]. Но, естественно, что присутствие повышенных содержаниях ртутью 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 наиболее "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 незаметных по площади техногенных ореолов. Слабоконтрастные аномалии никеля ( $K_c = 1,5-3$ ) занимают несколько более 17% территории города, причём 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. Несомненно своеобразно распределение стронция и молибдена, для которых фиксируются, 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 пружорены к промышленным заводам 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, берил, бор, селен, марганец, висмут, скандий, галлий, кобальт, иттрий, для которых фиксируются незначительные по площади и слабokonтрастные по интенсивности аномалии ( $K_c = 1,5-3$ ), преимущественно приуроченные 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 ЦК. Однако следует отметить, что установленные для этих элементов ЦК вызывают, как и в случае со свинцом, определенные сомнения, поскольку незначительно отличаются от фоновых уровней.

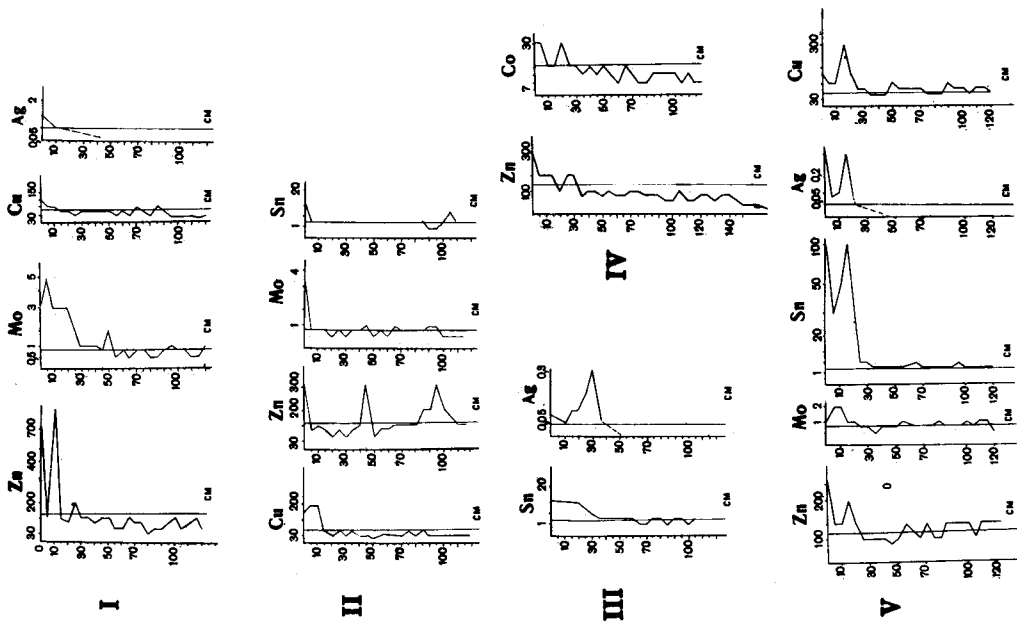
Несмотря на то, что названные химические элементы в целом отличаются слабokonтрастными и незначительными по площади техногенными аномалиями, их присутствие свидетельствует о существенном "металлическом" прессе на окружающую среду города. К тому же, по всей видимости, следует, с одной стороны, ожидать 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-ЭВС. 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 ЦК, 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 ЦК разработаны с позиций опасности поллитантов 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 поллитантов в вырашиваемую на приусадебных участках сельскохозяйственную продукцию.

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

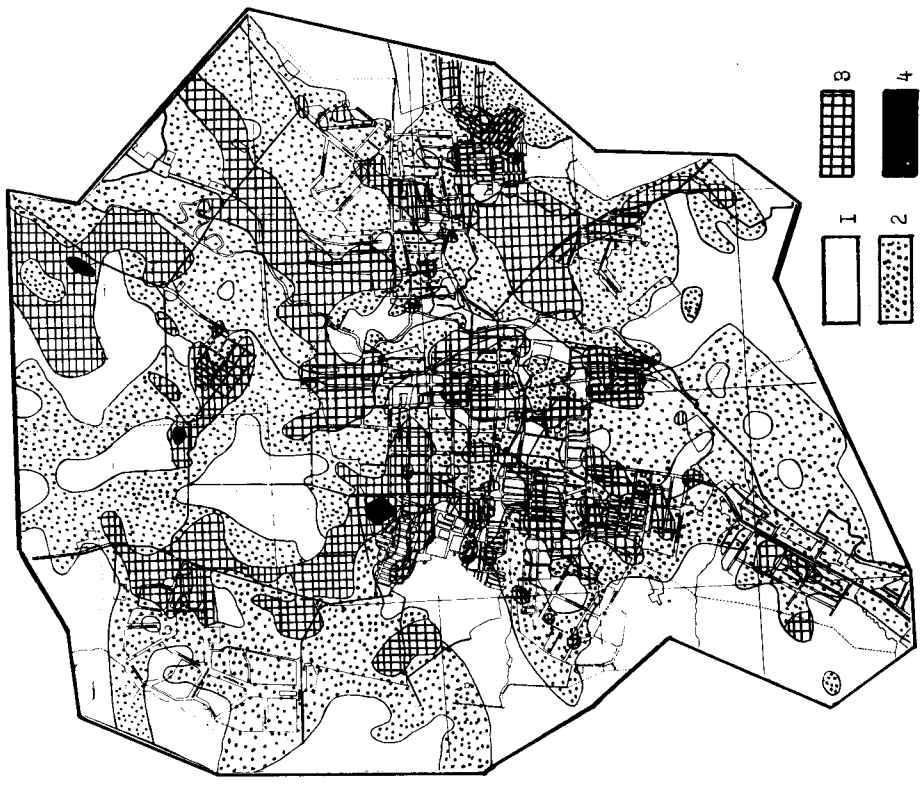
исследованных грунтов. Так, в пределах микрорайона "Светотехника" это наиболее заметно проявилось для марганца и кобальта, в меньшей степени для меди и цинка. В микрорайоне "Северный" особенно ярко для олова, серебра, цинка, молибдена, меди. В центре города - для серебра и олова. В пределах микрорайона "Заречный" и 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 заводов СИС-ЭВС - 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 концентрированных 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-ЭВС. Для широкой группы химических элементов - меди, хрома, ванадия, берил, висмута, марганца и др. - техногенные аномалии незначительны по площади и контрастности.

В целом, формирующиеся в пределах города зоны загрязнения отличаются поллюментным 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 означает, 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, число часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, с нарушением функционального состояния сердечно-сосудистой системы. К территориям с чрезвычайно опасным уровнем загрязнения относятся 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 небольшой и компактной по площади г. Саранска могут выдерживаться недосаточно четко. В то же время, тот факт, что примерно пятая часть



Р и с. 2. Распределение химических элементов в профиле городских почв  
 I - промзона СЭЛС; II - промзона СМБ-ЗЭС; III - центр города; IV - микрорайон Заречный; V - вблизи ГЭС-2  
 Оси координат: горизонтальная - содержание, мг/кг; вертикальная - глубина, см. Толкой линией показан уровень фона



Р и с. 3. Схема распределения значений суммарного показателя загрязнения почв в пределах г. Саранска  
 I - менее I6, допустимый уровень загрязнения;  
 2 - I6-82, умеренно опасный; 3 - 82-I28, опасный;  
 4 - более I28, чрезвычайно опасный

