

## ЧАСТЬ II. МЕТОДЫ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### Глава 6. Методические основы эколого-геохимических исследований.

Начиная с 1998 г. в России проводятся эколого-геологические государственные исследования среднего масштаба, которые покрывают районы площадью  $n \cdot 10^3 - n \cdot 10^5$  км<sup>2</sup>. Основные методические рекомендации по проведению подобных работ изложены авторским коллективом, возглавляемым В.А. Гайнцевым, Н.С. Логиновой (МНПЦ и Геоцентр-Москва) и одобрены гидрогеологической, инженерно-геологической и экологической секцией НРС МПР России при ВСЕГИНГЕО. В трактовке авторов «целью эколого-геологических исследований является определение степени экологического благополучия территорий различного хозяйственного использования для объективного планирования и проведения хозяйственных, социальных, природоохранных, медико-оздоровительных и других мероприятий, для корректировки стоимости земель».

Под эколого-геологическими исследованиями (ЭГИ) предлагается понимать систему комплексного изучения литосферы как основного абиотического компонента существования биоты. В этой связи ЭГИ включает базовые методы геологии и сопредельных наук. *Эколого-геохимический вид работ* является одним из ведущих при оценке эколого-геологической обстановки районов Центральной России. Это связано с исторически сложившейся высокой плотностью населения, мощным аграрно-промышленным комплексом, которые явились причиной формирования техногенных геохимических аномалий. Этапность выполнения работ при эколого-геохимических исследованиях (ЭГХИ) включает:

1. *Подготовительный этап*, в течение которого производится сбор имеющихся данных, характеризующих состояние исследуемых эколого-

геологических систем. Полученная информация систематизируется в виде специальных карт, отражающих ландшафтное, литохимическое, функциональное и др. типы районирования территории. Данные карты являются основой разработки сети дальнейших ЭГХИ, наполнением их последующих этапов;

2. *Полевые работы* представляют собой комплекс натуральных исследований состояния компонентов литосферы и биоты. В процессе работ производится сбор экологически значимой геохимической информации. Время и объемы их проведения определяются наблюдаемым компонентом природной среды и масштабами эколого-геологических систем;

3. *Аналитические исследования* в рамках ЭГХИ выполняются на базе утвержденных методик с учетом классов опасности вредных веществ, фиксируемых во всех компонентах биогеохимического цикла;

4. *Камеральная обработка материалов* характеризуется собственным целеполаганием, определяющимся ориентированием всех полученных результатов на оценку состояния и разработку рекомендаций по оптимальному функционированию эколого-геологических объектов.

Согласно В.Т. Трофимову, группа специальных эколого-геологических методов включает функциональный анализ эколого-геологической обстановки, эколого-геологическое картирование (ЭГК), эколого-геологический мониторинг (ЭГМ), эколого-геологическое моделирование.

В пределах техногенных эколого-геологических систем центра и юга России в целях рационального недропользования широко используются эколого-геохимические и эколого-геофизические методы. Методические основы подобных исследований изложены в ряде нормативных документов.

## **6.1. Полевые методы**

### **А. Методика отбора снеговых отложений при маршрутном обследовании**

Химический состав снеговых отложений отражает многие процессы, идущие в эколого-геологических системах. Так, свежесвыпавший снег, также как и дождевые осадки, аккумулирует загрязняющие вещества, находящиеся в атмосфере. Рассчитывая долю ингредиента, поступающего в экосистему из атмо-, гидро- и литосфер, можно выделить ведущий источник загрязнения, выделить зоны экологического риска и сориентировать комплекс первоочередных природоохранных мероприятий. Анализ ранее выпавших снеговых отложений весьма эффективен при обозначении и картировании источников загрязнения и зоны их влияния. Для таких целей весьма эффективной является рН-съемка, которая может проводиться как в полевых, так и в лабораторных условиях. Наиболее оптимальной при снеговой съемке является симметричная сеть опробования, шаг которой определяется масштабом проводимых исследований. Однако в реальных условиях наиболее часто применяется метод ключевых участков, либо радиальная сеть, ориентированная относительно основного источника. Конфигурация сети опробования определяется структурой техносферы. Их сгущение производится в местах крупных предприятий, транспортных развязок, накопителей и полигонов отходов и т. п. Сеть снеговой съемки должна максимально совпадать с сетью почвенного отбора, что позволяет коррелировать взаимосвязи состояния данных компонентов природной среды. Время отбора снега определяется поставленной задачей. Так анализ загрязнения атмосферы на конкретный момент времени проводится путем изучения химического состава свежесвыпавшего снега. Полную информацию о рассеивании вредных веществ в пространстве получают путем анализа всего выпавшего в течение холодного времени снежного покрова, отбираемого на рубеже зимы и весны (февраль-

март). Проба включает весь разрез снеговых отложений из шурфа, сечение которого определяется его мощностью и весом пробы. Объем пробы на техногенно нагруженных территориях составляет 3 кг, в пределах фоновых участков - до 30 кг. Пробы отбираются в пластиковые мешки либо посуду. После оттаивания снеговой воды ее чистый верхний слой фильтруется и анализируется по схемам сокращенного химического анализа. Определение pH в лабораторных условиях производится в первой порции оттаявшей воды.

### **В. Методика отбора почвенных отложений**

Опробование почвенного покрова должно максимально соответствовать отбору снеговых отложений. При применении геометрической сети плотность опробования при крупномасштабных ЭГИ составляет 1 пробу на 0.5-1 км<sup>2</sup>. Они отбираются с глубины 0,1 м, 0,5 м методом конверта. Радиальная сеть опробования предполагает сгущение точек отбора непосредственно в 100-150 - метровой зоне влияния источника и последующее их разряжение при выходе из зоны его влияния. Расстояние между точками меняется от 50 до 200 м соответственно.

Для изучения вертикальной изменчивости загрязнения, пробы отбираются на всю глубину почвенных горизонтов, что составляет 1-1.5 м. Частота отбора определяется строением анализируемой толщи, причем следует отдельно учитывать каждую визуальную дифференцируемую разность. В полевых условиях производится первичная обработка материала. Вес каждой пробы должен быть не менее 0.5 кг. Пробы просушиваются до воздушно-сухого состояния, перетираются, пропускаются через сито диаметром 1 мм, квартуются и подвергаются необходимым аналитическим исследованиям.

### **С. Методика отбора поверхностных вод и донных отложений**

Сеть поверхностных водотоков опробуется с частотой, определяемой плотностью техногенной нагрузки. При крупномасштабных эколого-геологических исследованиях пробы в среднем отбираются через 1 км. Однако

в пределах городских агломераций их плотность увеличивается до 0.3 км. Особое внимание при пробоотборе следует обращать на такие элементы техносферы, как ливневые и промышленные сбросы сточных вод, огородничество в поймах, расположение площадок выпаса скота, стоянок автотранспорта и т. д. При обнаружении подобных обстоятельств следует отобрать пробы воды выше и ниже объекта воздействия. В местах впадения более мелких водотоков в основной следует отбирать пробы в обеих реках до и ниже места их слияния. Наиболее информативным временем пробоотбора является летняя межень. Максимальные уровни загрязнения фиксируются в паводковый период. В реках пробоотбор производится в стрежневой части, в искусственных водоемах и водохранилищах – по поперечному профилю. Застойный режим, образующийся в периферийной части последних способствует образованию зон высокой степени загрязнения. В подобном случае отбирают не менее 3 проб, из которых две характеризуют прибрежную зону, а одна – стрежневую.

Пробы воды отбираются в стеклянную или пластиковую посуду, которая предварительно промывается отбираемой водой. Объем пробы определяется видами аналитических исследований, изменяется от 1.5 до 3 дм<sup>3</sup>. Если химический анализ не может быть выполнен в течение 24 часов, пробы консервируются.

Схема опробования донных отложений привязана к схеме пробоотбора поверхностных вод. Однако при наличии сброса сточных вод, отбор донных отложений следует проводить по оси выброса. Отбор осуществляется специальным пробоотборником. Общий вес пробы 0.5 - 1 кг. Донные отложения помещаются в пластиковые пакеты, нумеруются. После просушивания до воздушно-сухого состояния они перетираются, просеиваются через сито диаметром 0.5 мм (при дисперсных грунтах), либо диаметром 1 мм (при

тонкозернистом песчано-глинистом грунте). Полученная проба кватруется и поступает на анализ.

#### **Д. Методика отбора подземных вод**

При крупномасштабных эколого-геологических исследованиях отбор подземных вод осуществляется по сети существующих режимных гидрогеологических скважин. Обязательным условием является пригодность скважин к использованию, т. е. они должны пройти прокачку. Отбор производится пробоотборником в объеме 3 дм<sup>3</sup>. При отсутствии скважин основное внимание обращается на родники, в которых измеряется температура воды, дебет, производится отбор пробы на химический анализ. Как правило, сокращенный химический анализ таких вод производится в полевых условиях.

Проектирование сети гидрогеологических наблюдательных скважин при эколого-геологических исследованиях является сложной задачей. При ее решении учитываются следующие параметры водоносного горизонта: гидродинамика потока, степень его загрязнения, режим эксплуатации, структура техносферы.

Качество, используемой в питьевых целях воды, определяется как на водозаборах, так и в водопроводной сети централизованного водоснабжения.

#### **Е. Методика отбора элементов растительности**

Состояние растительности на отдельных территориях зависит от состояния атмосферы, почвенного покрова, поверхностных и грунтовых вод, уровня техногенного воздействия. Угнетающее воздействие оказывают процессы подтопления, осушения, загрязнения атмосферы и почвы [10]. При эколого-геологических исследованиях проводятся маршрутные обследования с анализом состояния растительности. Фиксируются внешние факторы деградации, такие как пожелтение и поредение листового и елового покрова,

проявления осыпания и засыхания, внешние признаки заболевания листьев и древесной части растений, полное отмирание. В местах проявления деградиционных процессов производится дифференцированный отбор листьев, хвои, веток, травянистой растительности, мхов, плодов, корневой системы. В связи с селективным аккумулярованием ингредиентов как отдельными растениями, так и различными их частями, необходим весь объем анализируемого материала в точке опробования. Параллельно отбираются пробы компонентов геологической среды, отмечается характер техногенной нагрузки. Элементы растительности в полевых условиях подвергаются очистке, измельчению и сушке и в полном объеме представляются для лабораторных исследований.

## **6.2. Существующие системы критериев эколого-геохимических оценок**

Два подхода к эколого-геологическим исследованиям, описанным в главе II, характеризуются собственными системами критериев оценки. В.Т. Трофимовым, Д.Г. Зилингом в основу положен анализ состояния биоты. Эти критерии ранжированы по классам состояний относительно литосферы, которые соответствуют зонам нарушений для биоты (табл. 9). Данные критерии подразделяются на:

1) *Биотические*, характеризующие свойства и состояние экосистем. Они включают биолого-медицинские, ботанические, биохимические, зоологические и почвенные параметры. Медико-санитарные показатели отображают уровень здоровья человека. Они подразделяются на собственно медицинские и биосубстратные.

Медицинские численно могут быть выражены через количество общей заболеваемости на 1000 человек в течении года, показателям детской заболеваемости, по количеству летальных исходов на определенный отрезок

времени и т.п. Причем, в зависимости от формирующейся эколого-геологической ситуации, рассматриваются различные группы населения:

- На прединвестиционной стадии эколого-геологических исследований может быть использован метод изучения состояния здоровья репрезентативной группы населения, который дает усредненную информацию медико-экологической ситуации исследуемой территории.

- Оптимальным при исследовании эколого-геологических систем промышленного и горнодобывающего классов является изучение качественных и количественных критериев профессиональных заболеваний. В районах развития тяжелой индустрии профессиональным заболеванием является онкопатия. На территориях, характеризующихся чрезвычайной экологической ситуацией, где произошли глубокие необратимые изменения окружающей среды и отмечается значительное нарушение природного равновесия, применим метод учета летальных исходов.

Таблица 9

Принципиальная схема оценки экологического состояния литосферы, биоты и экосистемы ( по В.Т. Трофимову, Д.Г. Зилингу, 2001)

Оцениваемый параметр	Категории (уровни)			
	I	II	III	IV
Экосистема (по Б.В. Виноградову)	Экологическая норма	Экологический риск	Экологический кризис	Экологическое бедствие
Литосфера и ее компоненты	удовлетворительное (благоприятное)	условно удовлетворительное (неблагоприятное)	неудовлетворительное (весьма неблагоприятное)	катастрофическое
Ресурсное воздействие	Слабое	Умеренное	Сильное	Опасное
Геодинамическое воздействие	Слабое	Умеренное	Сильное	Опасное
Геохимическое воздействие	Слабое	Умеренное	Сильное	Опасное
Геофизическое воздействие	Слабое	Умеренное	Сильное	Опасное
Условия жизнедеятельности человека	Комфортные	Дискомфортные	Сильно дискомфортные	Опасные
Состояние здоровья человека	Здоровое	Напряжение	Утомление	Болезнь

Наиболее информативным и оптимальным является анализ изучения состояния здоровья детского контингента. Данный метод дает комплексную информацию по экологическому состоянию района исследований. В основу выбора данной группы населения легли следующие причины. Во-первых, дети «привязаны» к определенной территории, во-вторых, они лишены профессиональных воздействий, в-третьих, в значительной степени находятся под влиянием факторов внешней среды, реагируют на изменение социальной сферы и экологическую обстановку.

Анализ состояния здоровья населения должен проводиться с учетом генетических, социальных, экономических факторов, с учетом окружающей техноструктуры. Доля влияния литосферы на биоту на настоящий момент не выявлена. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения только на химическую экотопологию приходится 20% заболеваний, связанных с загрязнением окружающей среды. Иные виды экологических воздействий не фиксируются.

Биосубстратные методы позволяют получить информацию о содержании различных веществ в субстратах человеческого организма, покровных оболочках, продуктах физиологической деятельности. Так, широко используются анализы волос и ногтей, что позволяет косвенно определить влияния ресурсной и геохимической экологической функции литосферы на организм.

Ботанические критерии определяют степень деградации отдельных видов растительности, либо растительного покрова в целом. Комплекс данных критериев отражает состояние растительности как биотической основы экологической пирамиды. Характеристика нарушенности экосистем в зависимости от ботанических показателей представлена в таблице 10. Данное направление широко развивается в рамках международной научной программы «Здоровье среды». Определенный интерес с точки зрения экологи-

Таблица 10

Ботанические показатели нарушенности экосистем (по Б.В.Виноградову)

Показатели	Зона экологической нормы	Зона экологического риска	Зона экологического кризиса	Зона экологического бедствия
Ухудшение видового состава естественной растительности	Естественная смена доминантов, субдоминантов и характерных видов	Уменьшение обилия господствующих, в особенности полезных видов	Смена господствующих видов вторичные, в основном, неподаемые сорные и ядовитые	Уменьшение обилия вторичных видов, полезных растений практически нет
Изменение ареалов	Отсутствие	Ослабление, изреживание	Разделение, сокращение	Исчезновение
Повреждение растительности	Отсутствие	Повреждение наиболее чувствительных видов - хвойных деревьев, лишайников	Повреждение среднечувствительных видов	Повреждение слабочувствительных видов трав, кустарников
Появление тератологических отклонений	Отсутствие	Редкое	Спорадическое	Массовое
Уменьшение индекса разнообразия Симпсона, %	Менее 10	10-20	25-50	Более 50
Лесистость, % от зональной	Более 80	60-70	50-30	Менее 10
Повреждение древостоев, %	Менее 5	10-30	30-50	Более 50
Повреждение хвои, % биомассы	Менее 5	10-30	30-50	Более 50
Гибель посевов, % площади	Менее 5	5-15	15-30	Более 30
Проективное покрытие пастбищной степной и полупустынной растительности, % от нормальной	Более 80	60-70	50-30	Менее 10

геологических исследований представляют собой тератологические показатели. Они позволяют определять морфологическую деформацию элементов биосистем, связанную с внешними негативными воздействиями. Так В.М. Захаровым и др. в качестве объекта изучения были выбраны листья березы повислой, проведен комплекс исследований, получены корреляционные зависимости между загрязнением атмосферы и деформацией жилок листа березы.

И.И. Косиновой в рамках эколого-геохимических исследований предлагается использование тератологических методов, основанных на изучении коэффициента симметрии листа травянистой растительности. Дальнейшее развитие данного направления реализовано в теоретических и практических разработках кандидата биологических наук Т.В. Востриковой В данном разделе учебного пособия использованы ее методические подходы к проблеме, аналитические обобщения. В естественных условиях, с благоприятными для растительности показателями среды, листовая поверхность имеет симметричную относительно оси форму. Наличие негативных факторов воздействия формирует различную степень ассиметрии. В качестве количественного критерия, способного отобразить данный процесс, предлагается коэффициент симметрии ( $K_c$ ), который равен:

$$K_c = \frac{S_1}{S_2} * 100\% , \text{ где}$$

$S_1$  – площадь большей относительно оси поверхности листа, ( $\text{см}^2$ );

$S_2$  – площадь меньшей относительно оси поверхности листа, ( $\text{см}^2$ ).

В природе все тела имеют симметричную форму, идеальной является форма шара. Любая ассиметрия - это следствие действия техногенных и естественных факторов, негативно влияющих на биоту. Самым первым

деградирует низший класс экологической пирамиды - растительность. Именно она определяет эколого-биотическое состояние местности.

Исследования последних лет показали, что растения можно использовать как тест-объекты для мониторинговых исследований. По их различным характеристикам оценивают состояние окружающей среды и отслеживают изменения в течение ряда лет. Для оценки состояния среды подходят физиологические, биохимические, генетические, цитологические (на уровне клетки), а также морфологические характеристики. Выявляя изменения характеристик у растительных объектов можно говорить о загрязнении среды и прогнозировать опасность для человека.

Антропогенные литозагрязнители являются мутагенами и тератогенами. Некоторые из них вызывают изменения на генетическом уровне - мутации или цитогенетические нарушения, которые затем проявляются у потомства как нарушения отдельных органов, систем и функций организма, различные уродства. Все это определяется как мутагенный (на генетическом уровне) и тератогенный (на уровне организма) эффект. **Тератология (teras, terat ~ урод, уродство) - наука, изучающая уродства и аномалии развития у растений, животных и человека. Она изучает изменения, происходящие в организме под влиянием внешней среды.** Уродства, аномалии, пороки, появляющиеся у растений, животных и человека - тератоморфы - это морфологические, устойчивые биохимические и функциональные нарушения развития организма, главным образом, эмбриогенеза (раннего развития организма). В период раннего развития начинает формироваться внутренняя среда организма, и стрессовое воздействие может привести к тератогенезу. Тератогенез — процесс возникновения уродства в результате **ненаследственных изменений** (различных нарушений зародышевого развития, возникающих под влиянием внешних факторов - тератогенов) и **наследственных** (генетические изменения - мутации).

Клетки организма делят на половые и соматические. Мутации могут возникать в половых, участвующих в размножении, и в соматических клетках тела. Все изменения в организме объединяют в понятие «изменчивость». Это общее свойство организма приобретать новые признаки, отличающие особи друг от друга в пределах вида. Она характерна как для растений, так и для животных и человека. Изменчивость бывает: наследственная (мутационная) и ненаследственная (модификационная). Внешние наследственные аномалии могут быть связаны либо с мутациями в половых клетках родителей, либо с изменениями соматических и половых клеток самого зародыша. В последнем случае они будут проявляться только в следующем поколении. Ненаследственные изменения - модификации - возникают под влиянием внешней среды: биотических, абиотических и антропогенных факторов. Биотические факторы включают разнообразные взаимоотношения организмов друг с другом: пищевые взаимодействия (в цепи питания); конкуренцию, например, за пищевые ресурсы, за свет (при совместном произрастании), подавление одного вида другим и т.д. Абиотические факторы - температура, влажность, свет, физические и химические свойства приповерхностной части литосферы, проявление геодинамических процессов, аномалии геофизических полей и т.д. К антропогенным загрязнителям относятся: пестициды, тяжелые металлы,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_3$ , продукты окисления серы, взвеси, пыль, разливы нефти, нефтепродукты, сточные воды промышленных предприятий, твердые отходы, химические удобрения (в том числе нитраты), радиоактивные и бытовые отходы, оксиды азота, отходы АЭС, фотохимические оксиданты, углеводороды воздуха (от выбросов предприятий и выхлопных газов), выхлопные газы автотранспорта, тепловые отходы и городские шумы. Влияние этих агентов может привести к изменчивости одного индивидуума, группы организмов и всего сообщества, включая человека. Зачастую организмы адаптируются к неблагоприятным внешним воздействиям: ускоряются или замедляются биохимические процессы, происходит изменение размеров и формы тела и т.д. Если

эти модификации укладываются в определенные рамки (границы нормы реакции), то организм с помощью этих изменений приспосабливается (адаптируется) к условиям среды и функционирует нормально. Когда имеет место сильное стрессовое воздействие внешних факторов, оно приводит к тератогенезу.

Применительно к человеку можно говорить о различных наследственных заболеваниях, врожденных пороках развития и заболеваниях детей, которых не отмечалось у родителей (например, аллергия). Эти болезни имеют генетическую основу и мутантную природу. Иногда сильные стрессовые воздействия (ионизирующая и неионизирующая радиации, химическое загрязнение, лекарственные препараты) во время беременности вызывают уродства плода (тератогенный эффект).

Поэтому в настоящее время, в связи с возрастающим антропогенным прессингом, чрезвычайно важна быстрая и правильная оценка состояния природной среды, в том, числе приповерхностной части литосферы, которая также подвергается сильному загрязнению. В последней происходит накопление некоторых компонентов: выбросов промышленных предприятий и бытовых отходов, например, тяжелых металлов, особенно свинца, который входит в состав выхлопных газов автотранспорта. Сейчас основным загрязнителем среды является автотранспорт, а свинец составляет 18% продуктов сгорания топлива. Тяжелые металлы имеют не только мутагенный, тератогенный, но и канцерогенный эффект – вызывают онкозаболевания у человека. В связи с этим очень важны экологические исследования литосферы как элемента жизнеобеспечения человека.

Перспективным подходом для интегральной биологической характеристики состояния среды является морфологический. Исследования показывают, что уровень флуктуирующей асимметрии (промеров листа) чувствителен к действию химического загрязнения и возрастает при увеличении антропогенного прессинга. Повышение степени воздействия приводит к возрастанию изменчивости показателей и снижению стабильности. Было замечено, что морфологические и

цитогенетические показатели согласованно изменяются под влиянием внешних факторов. Растительные сообщества, подверженные более сильному антропогенному воздействию, характеризовались более высоким уровнем как морфологических, так и патогенетических нарушений. Это проявлялось в ухудшении роста, повреждении надземной части растения, особенно листьев, даже отмирании целого побега. У высших растений возможны наследственные и ненаследственные аномалии развития корней, листьев, побегов, почек, цветков, плодов, семян. Чаще наблюдается изменение размера и конфигурации органов. Цитогенетические и биохимические нарушения - это ухудшение деления клеток, повреждения генетического аппарата (мутации), нарушение интенсивности метаболических процессов.

Определение состояния литосферы по морфологическим показателям является экспресс-методом, который достаточно прост, не требует больших временных и материальных затрат. Для эколого-тералогических исследований морфологических показателей растений, в частности, метода оценки состояния литосферы по коэффициенту симметрии листовой пластинки, целесообразно использовать одуванчик лекарственный и подорожник ланцетолистный. Эти растения широко распространены, типичны для зоны Центрального Черноземья, доступны для сбора, цитогенетически изучены, поэтому могут служить тест-объектами для мониторинга состояния среды. Использование одуванчика и подорожника (многолетние травянистые) имеет ряд преимуществ. Они, в отличие от древесных растений, имеют короткий (1 год) период созревания. Более быстрая смена поколений позволяет наблюдать изменения их характеристик, определять устойчивость или нестабильность показателей и возможность адаптации к условиям среды. В отличие от однолетних травянистых растений, одуванчик и подорожник могут накапливать определенные дозы загрязнителей среды - мутагенов (ионизирующей радиации, тяжелых металлов). Как многолетники они могут накапливать некоторые концентрации данных

веществ и являться растениями-биоиндикаторами. Влияние тяжелых металлов на зеленые растения велико, поскольку они оседают на поверхности почвы и имеют тенденцию накапливаться в ее верхних слоях. Являясь устойчивыми к выщелачиванию и распаду, тяжелые металлы всасываются через корневую систему растений и способны в них аккумулироваться. Выхлопные газы автотранспорта, содержащие свинец, оседают на листьях растений. При выпадении атмосферных осадков часть загрязняющих веществ с листьев смывается в почву, а часть усваивается растением, а затем с растительным опадом поступает в почву. В итоге, эти вещества поступают через корневую систему в растения.

Срок жизни многолетних трав зависит от условий произрастания (свойств и степени загрязнения почвы, вытаптывания и т.д.). Ежегодные мониторинговые исследования - промеры листа у одуванчика и подорожника позволяют увидеть рисунок этих показателей за каждый год, оценить по изменению морфологических характеристик состояние литосферы и проследить динамику за несколько лет.

В качестве объекта тератологических исследований при эколого-геохимических исследованиях рекомендуется подорожник (*Plantago major*). Для проведения наблюдений отбирается с одной площадки не менее 20 листов подорожника, на которых с помощью палетки проводятся необходимые замеры. Площадки наблюдений должны иметь равные показатели влажности и освещенности. Привлечение травянистой растительности позволяет выявить наиболее значимые корреляционные взаимосвязи, характерные для геохимических процессов. Для образцов, отобранных с площадки, высчитывается среднее значение  $K_s$ , листовая покров сжигается и подвергается спектральному анализу. Для территории Центрально-Черноземного региона России коэффициенты симметрии по подорожнику имеют определенный диапазон изменений, характерный для различных категорий экологической оценки (табл. 11).

Таблица 11

Значение коэффициента симметрии для различных категорий экологической оценки территорий.

Категории (уровни)			
Экологическая норма	Экологический риск	Экологический кризис	Экологическое бедствие
$95 < K_c < 100$	$85 < K_c < 95$	$75 < K_c < 85$	$K_c < 75$

Тератологический метод изучения экосистем при эколого-геохимических исследованиях является достаточно простым и эффективным. Это связано, во-первых, с высокой степенью достоверности получаемых оценок состояния экосистем. Во-вторых, метод достаточно прост в использовании: выполняется в полевых условиях, не требует специального оборудования, может использоваться специалистами различных направлений любого уровня подготовки.

Биохимические критерии отображают степень концентрирования различных веществ и соединений в элементах биосистем. Аномальные значения определяются путем соотнесения полученных концентраций к фоновым значениям элементов либо к их предельно-допустимым концентрациям. Так, коэффициент концентрации тяжелых металлов в биоматериале определяется по следующей формуле:

$$Kk = \frac{C_1}{C_2}, \text{ где}$$

$C_1$  – содержание элемента в растениях (мг/кг);

$C_2$  – фоновые концентрации вредных веществ (мг/кг).

Фоновые значения элементов в растениях региона ЦЧР приведены в [таблице 12](#)

Таблица 12

Фоновые значения элементов в растениях

Элемент	Содержание в весовых %	Элемент	Содержание в весовых %
---------	---------------------------	---------	---------------------------

1	2	1	2
Марганец (Mn)	0,75	Титан (Ti)	0,1
Никель (Ni)	0,005	Ванадий (V)	0,006
Кобальт (Co)	0,0015	Хром (Cr)	0,025
Молибден (Mo)	0,062	Висмут (Bi)	0,00000005
Вольфрам (W)	0,0000005	Олово (Sb)	0,0005
Ниобий (Nb)	0,00003	Бериллий (Be)	0,0002
Медь (Cu)	0,02	Фосфор (P)	7
Свинец (Pb)	0,001	Стронций (Sr)	0,003
Серебро (Ag)	0,0001	Барий (Ba)	0,01
Бор (B)	0,04	-	-

Фоновые значения по другим элементам, зафиксированным в пробе, определяют путем вычисления. Для этого составляется выборка их значений для данной территории, не содержащая высоких и ураганных концентраций токсичных элементов. Рассчитывается средневзвешенное значение, которое и определяется как фоновое. Биохимические показатели, позволяющие оценивать состояние экосистем, представлены в таблице 13. Последующее соотнесение содержания токсических элементов в биоматериале и тератологических показателей позволяют дать полную характеристику состояния растительности.

Таблица 13

Биохимические показатели нарушенности экосистем (по Б.В.Виноградову)

Показатели	Экологическая зона			
	Норма	Риск	Кризис	Бедствие
Содержание (соотношение) в сухой массе травянистых растений C:N	8-12	6-8	4-6	<4
Pb, Cd, Hg, Ni, Cr, As, Sb по превышению ПДУ	1,1-1,5	2-4	5-10	>10
F, мг/кг	10-12	20-50	50-200	>200
Si, мг/кг	10-20	30-70	80-100	> 100
Содержание Tl, Be, Ba по превышению фона	< 1,5	2-4	5-10	>10
Al, Sn, Bi, Te, Wo, Mn, Ga, Ge, In, It по превышению фона	1,5-2,0	2,0-10	10-50	>50
Zn, мг/кг	30-60	60-100	100-500	>500
Fe, мг/кг	50-100	100-200	100-500	>500
Mo, мг/кг	2-3	3-10	10-50	>50
Co, мг/кг	0,3-1,0	1-5	5-50	>50

Содержание Ni (в числителе) и Cu (в знаменателе) в сухой массе хвои и листьев растений, мг/кг:				
сосна	$\frac{10-30}{0-10}$	$\frac{30-70}{10-20}$	$\frac{70-100}{20-40}$	$\frac{\geq 100}{>40}$
береза	$\frac{10-30}{5-15}$	$\frac{30-50}{15-25}$	$\frac{50-130}{25-35}$	$\frac{\geq 130}{>35}$
брусника	$\frac{\text{До } 20}{7-33}$	$\frac{20-50}{7-28}$	$\frac{50-90}{9}$	$\frac{\geq 90}{10-94}$
черника	$\frac{3-12}{9-26}$	$\frac{20-24}{22-43}$	$\frac{37}{43}$	$\frac{95-148}{95-125}$
вороника	$\frac{6-20}{10-30}$	$\frac{43-50}{20-46}$	$\frac{119-208}{47-150}$	$\frac{279-495}{100-275}$

Зоологические критерии используются при наличии показателей состояния животного мира. К количественным показателям относятся: число заболевших животных на 100 голов, общая численность, падеж и т.п. Тератологические зоологические показатели анализируются при изучении водной формы. Несомненно, что данная информация должна использоваться при эколого-геологических исследованиях, однако ее интерпретация требует привлечения соответствующих специалистов.

2) *Пространственные критерии* могут быть использованы при наличии любой тематической информации. Они рассчитываются по формуле:

$$K_i = \frac{S_1}{S_2} * 100\%, \text{ где}$$

$K_i$  – коэффициент изменения территории по одному, либо группе критериев (%);

$S_1$  – площадь участков отличающихся от естественных значений по величине характеризующих показателей ( $\text{км}^2$ );

$S_2$  – общая площадь участков исследуемой территории ( $\text{км}^2$ ).

Для расчета пространственных показателей исследуемую территорию разбивают на сеть квадратов, размер которых зависит от масштаба ЭГИ. Так, при масштабе 1:25 000 – сторона квадрата 0,5х0,5 км, при 1:100 000 – 2х2 км,

при 1:200 000- 4x4 км. В каждом квадрате рассчитывается Ки, далее методом интерполяции строится карта динамики территории по любой из групп показателей (табл. 14)

Таблица 14

Соотношение зон нарушенности экосистем с относительной площадью разной степени нарушенности (по Б.В. Виноградову)

Степень нарушенности	Относительная площадь нарушения (в %) в экологических зонах			
	Норма	Риск	Кризис	Бедствие
Умеренное	<70	<30	<30	<20
Среднее	<10	>40	<40	>30
Сильное	<5	<30	<30	>40

3) *Динамические критерии* используются при необходимости анализа скорости нарастания негативных изменений природной среды. В подобных случаях рассчитываются коэффициенты, показывающие их приращение на исследуемых участках в единицу времени (табл. 15)

Таблица 15

Значение годовых динамических показателей состояния экосистемы в зонах экологического нарушения (среднее за 5-8 лет непрерывных наблюдений, по Б.В.Виноградову)

Показатели	Экологическая зона			
	Норма	Риск	Кризис	Бедствие
Увеличение площади разрушенных экосистем, %	Менее 0,5	0,5-2	2-4	Более 4
Уменьшение годичной растительной продукции, %	Менее 1	1-3,5	3,5-7,5	Более 7,5
Увеличение площади сбитых пастбищ, %	Менее 2	2-5	5-8	Более 8
Увеличение площади эродированных земель, %	Менее 0,5	0,5-2	2-5	Более 5
Увеличение площади засоленных почв, %	Менее 1	1-2	2-5	Более 5
Увеличение площади подвижных песков, %	Менее 0,5	0,5-2	2-4	Более 4

Рассматриваемый подход к эколого-геохимическим исследованиям предполагает соотнесение состояния биоты и компонентов литосферы. *Наложение этих двух блоков информации позволяет вычленить участки, где состояние биоты обусловлено влиянием литосферных факторов.* Остальные участки, в пределах которых будет фиксироваться деградация биоты на общем фоне благоприятного состояния почв, горных пород, донных отложений, подземных вод, геополей, геологических процессов и явлений, должны рассматриваться специалистами иных направлений. **Подобный подход является новым направлением в экологическом картировании и позволяет вычленить участки, являющиеся объектами изучения экологической геологии.** В их пределах необходимо проведение детальных ЭГИ, создание систем эколого-геологического мониторинга, построение постоянно действующих моделей эколого-геологических систем. В качестве примера можно привести карту эколого-геохимического районирования территории г. Воронежа (рис. 8 ).

На исследуемой территории четко прослеживаются локальные участки, в пределах которых состояние биоты обусловлено непосредственно состоянием приповерхностных отложений. Такое воздействие на биоту наблюдается в пределах северной и южной частей зоны воздействия нефтебазы, где формируется зона экологического кризиса. Несомненно, что приповерхностные отложения в районе самой нефтебазы и южной промзоны вызывают негативные тенденции в состоянии растительного покрова ( $СПК > 16$ ), воздействие других факторов усиливает влияние компонентов литосферы, при этом формируется зона экологического бедствия.

Растительность в зоне влияния левобережных очистных сооружений, отстойников ТЭЦ-1 также реагирует на состояние приповерхностных отложений, которые здесь характеризуются неудовлетворительным состоянием.

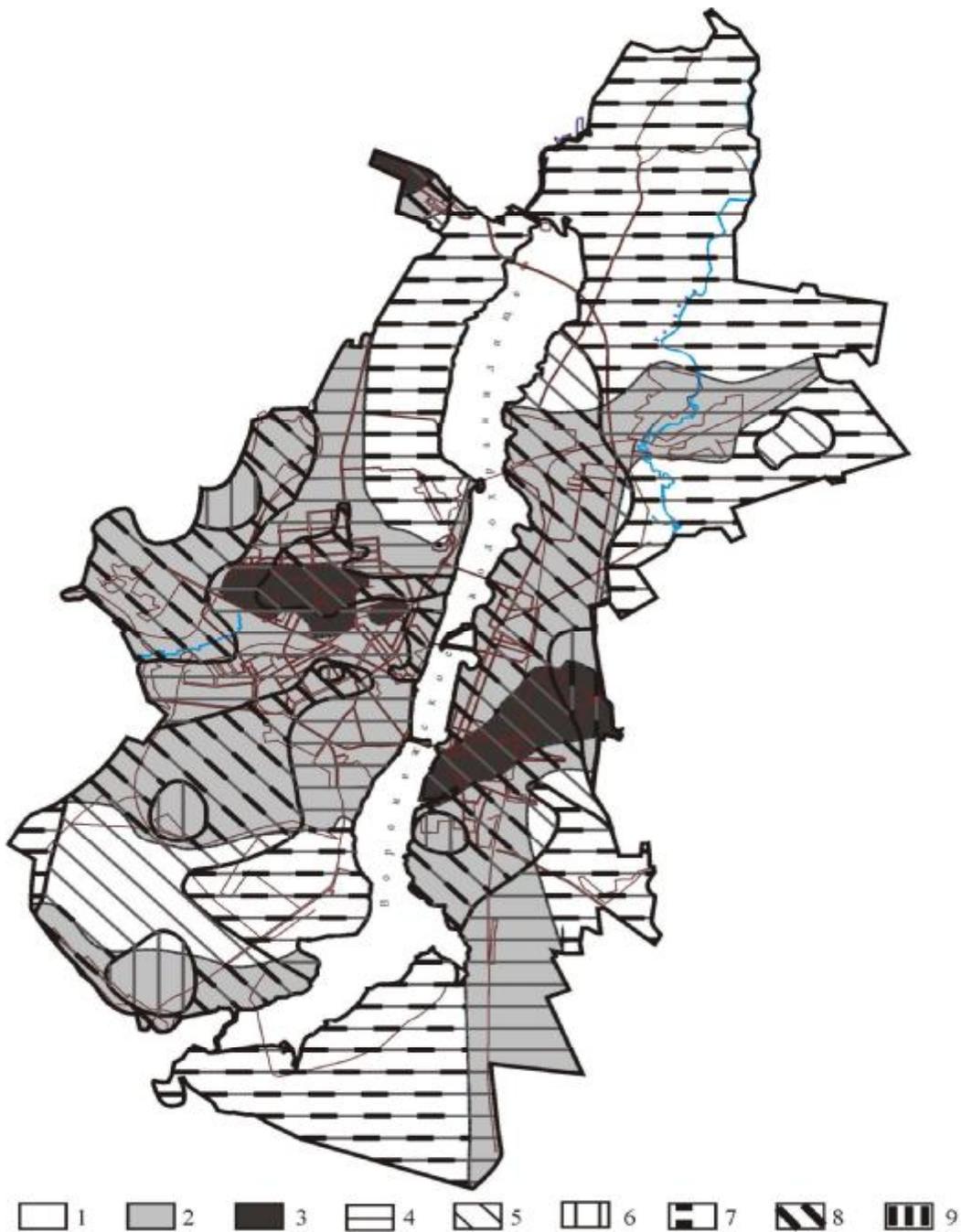


Рис. 8. Карта эколого-геохимического районирования территории г. Воронежа.  
(по Крутских Н.В., 2002)

1. Низкий уровень асимметрии листовых пластин ( $K_c > 0,95$ );
2. Средний уровень асимметрии листовых пластин ( $0,85 < K_c < 0,95$ );
3. Высокий уровень асимметрии листовых пластин ( $0,75 < K_c < 0,85$ );
4. Зона удовлетворительного состояния приповерхностных отложений ( $СПК < 8$ );
5. Зона условно удовлетворительно состояния приповерхностных отложений ( $8 < СПК < 16$ );
6. Зона неудовлетворительного состояния приповерхностных отложений ( $СПК > 16$ );
7. Экологическая норма;
8. Экологический риск;
9. Экологический кризис

Площадь зоны экологического кризиса составляет около 5 км<sup>2</sup>. Зоны экологического кризиса, подтвержденные неудовлетворительным состоянием приповерхностных отложений, выявлены и на правобережье города (8<СПК<16). Наиболее крупные зоны расположены в пределах влияния полигонов ТБО «Северный» и Тамбовского карьера. Территории, оконтуривающие данную зону, характеризуются неблагоприятной оценкой приповерхностных отложений и совместно с другими факторами воздействия формируют зону экологического кризиса. Территории, расположенные в северной и южной частях города, характеризуются экологической нормой. Такая оценка обусловлена как состоянием растительного покрова, так и состоянием приповерхностных отложений.

Второй подход при эколого-геохимических исследованиях в настоящее время превалирует на государственном уровне. Он предполагает детальное послонное изучение компонентов литосферы, которое комплексируется в виде синтетических карт. На втором этапе ЭГИ данная информация коррелируется с некоторыми показателями состояния биоты.

В рамках обоих подходов используются группы прямых и индикаторных или косвенных критериев. *Прямые* регламентируются государственными стандартами и утвержденными методическими рекомендациями. К ним относятся предельно-допустимые концентрации(ПДК), предельно-допустимые выбросы(ПДВ). ПДС, ПДН. Это «нормативы, которые установлены в соответствии с показателями предельно допустимого содержания химических веществ, в том числе радиоактивных и иных веществ и микроорганизмов в окружающей среде, несоблюдение которых может привести к загрязнению окружающей среды, деградации естественных экологических систем».

Значение данных показателей нормируются органами Министерства здравоохранения государства для различных природных сред. *Так предельно-допустимые концентрации представляют собой такое пороговое содержание*

элемента либо соединения в живом организме, при превышении которого в нем начинают фиксироваться негативные реакции. Такие реакции могут проявляться либо в виде каких-либо аллергий, либо в виде недомоганий, слабости, депрессии, нарушении физиологических процессов и т.д. Таким образом, ПДК фиксирует порог, при котором в организме начинаются дисфункции.

Наибольшее количество ПДК для различных веществ и соединений рассчитаны для атмосферы, поверхностных и подземных вод; в меньшей степени для почв. Для эколого-геохимической оценки горных пород используются фоновые значения показателей, кларки. Последние представляют собой содержание какого-либо элемента, содержащего в отдельных элементах литосферы. В живых тканях ПДК рассчитаны относительно токсических элементов, при их отсутствии используются также фоновые значения.

Отдельные элементы и соединения также нормируются по классам опасности. Последние формируются органами Минздрава и показывают степень токсичности, т.е. опасности исследуемых веществ. Максимальную опасность представляют элементы I класса, они токсичны в микроколичествах, ядовиты. Элементы II класса опасности обладают также высокой степенью токсичности, в III и IV входят элементы, которые формируют токсический эффект при более высоких содержаниях. Так для подземных вод предельно-допустимые концентрации наиболее встречаемых элементов представлены в табл. 16.

Таблица 16

**Экологическая оценка состояния вод, нормируемых для питьевых целей.**

Показатели	ПДК Мг/дм <sup>3</sup>	Класс опасности	Справочная литература
Водородный показатель	6 – 9 рН		САНПИН 2.1.4.1074-01
Аммоний и аммиак (по азоту)	2,0	3	НСАМ 297- Г САНПИН 2.1.4.1074-01
Железо (общее)	0.3	3	НСАМ 292- Г

			СанПин 2.1.4.1074-01
Жесткость общая	7.0 мг-экв./л <sup>3</sup>		СанПин 2.1.4.1074-01
Кремнекислота (по кремнию)	10	2	
Нитраты (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (по азоту)	45	3	СанПин 2.1.4.1074-01
Нитриты (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	3.0	2	СанПин 2.1.4.1074-01
Сульфаты (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	500	4	СанПин 2.1.4.1074-01
Сероводород	0,003	3	СанПин 2.1.4.1074-01
Сухой остаток	1000		СанПин 2.1.4.1074-01
Хлориды	350	4	СанПин 2.1.4.1074-01
Натрий	200	2	СНИП и Н 4630-88
<i>Микрокомпоненты</i>			
Аллюминий (Al)	0,5	2	СанПин 2.1.4.1074-01
Бериллий (Be)	0.0002	1	СанПин 2.1.4.1074-01
Бор (B)	0.5	2	НСАМ 279 – Г СанПин 2.1.4.1074-01
Бром (Br)	0.2	2	СанПин 2.1.4.1074-01
Ванадий (V)	0.1	3	СанПин 2.1.4.1074-01
Висмут (Bi)	0,1	2	СанПин 2.1.4.1074-01
Фтор (F)	0.7-0.5	2	СанПин 2.1.4.1074-01
Хром (Cr <sup>6+</sup> )	0.05	3	НСАМ 317 – Г СанПин 2.1.4.1074-01
Хром (Cr <sup>3+</sup> )	0.05	3	СанПин 2.1.4.1074-01
Цианиды (CN <sup>-</sup> )	0.035	2	СанПин 2.1.4.1074-01
Цинк (Zn <sup>2+</sup> )	5,0	3	СанПин 2.1.4.1074-01
Барий (Ba)	0.1	2	СанПин 2.1.4.1074-01
Кадмий (Cd)	0.001	2	НСАМ 321 – Г СанПин 2.1.4.1074-01
Кобальт (Co)	0.1	2	НСАМ 292 – Г СанПин 2.1.4.1074-01
Литий (Li)	0.03	2	СанПин 2.1.4.1074-01
Марганец (Mn)	0.1	3	СанПин 2.1.4.1074-01
Медь (Cu <sup>2+</sup> )	1.0	3	СанПин 2.1.4.1074-01
Молибден (Mo)	0.25	2	СанПин 2.1.4.1074-01
Мышьяк (As)	0.05	3	СанПин 2.1.4.1074-01
Никель (Ni)	0.1	3	НСАМ 292 – Г СанПин 2.1.4.1074-01
Ниобий (Nb)	0.01	2	СанПин 2.1.4.1074-01
Роданиды (SCN)	0.1	2	СанПин 2.1.4.1074-01
Ртуть	0.0005	1	НСАМ 291 – Г СанПин 2.1.4.1074-01

Свинец (Pb)	0.03	2	САНПИН 2.1.4.1074-01
Селен (Se)	0.01	2	САНПИН 2.1.4.1074-01
Стронций (Sr)	7	2	САНПИН 2.1.4.1074-01
Сурьма (Sb)	0.05	2	САНПИН 2.1.4.1074-01
Титан (Ti)	0.1	3	
<i>Показатели органических веществ</i>			
БПК(биохимическое потребление кислорода)	3		
Нефтепродукты	0.1	4	САНПИН 2.1.4.1074-01

Нормативы содержания токсичных элементов в почвенном покрове приведены в табл. 17.

Таблица 17

## Нормативы ПДК (ОДК) почв. мг/кг

Элемент	Класс опасности	ПДК вал	ПДК подв. форм	ОДК		Элемент	Класс опасности	ПДК вал	ПДК подв. форм	ОДК	
				Мин.	Макс					Мин.	Макс
Hg	1	2.1				Ni	2		4	20	80
Pb	1	32	6	32	130	Cu	2		3	33	130
Cd	1			0.5	2	Sn	2	4.5			
Zn	1		23	55	220	Sb	2	4.5			
As	1	2		2	10	Cr	2	90	6		
Co	2		5			Mn	3	1500	140		
						V	3	150			

К *индикаторным* критериям относятся различные расчетные коэффициенты и показатели. Среди них коэффициенты пространственных изменений (ресурсная ЭФЛ), таратологические коэффициенты (при оценке состояния биоты), коэффициенты дорожной нагрузки, промышленной застройки и т.п. (при анализе плотности техногенной нагрузки), уровень радиационного излучения (геофизическая ЭФЛ) и т.п. Наиболее разработанными являются показатели, характеризующие геохимическую функцию литосферы. К ним относятся суммарный показатель концентрации (СПК) и суммарный показатель загрязнения (Zc). Первый характеризует имеющуюся аномалию через отнесение ее к фоновым значениям показателей,

второй – к предельно-допустимым. Как правило, СПК рассчитывается для почв и горных пород,  $Z_c$  – для поверхностных и подземных вод.

I. Суммарный показатель концентраций определяется по следующей формуле

$$СПК = \sum K_k - (n-1), \text{ где:}$$

$K_k$  – коэффициент концентрации по каждому элементу, рассчитываемый по формуле:  $K_k = \frac{C_i}{C_{ф}}$ , где:

$C_i$  = концентрация элемента в анализируемой пробе (мг/кг);

$C_{ф}$  = фоновые концентрации данного элемента для анализируемой территории (мг/кг).

$n$  = число анализируемых элементов.

Получить фоновые значения для расчетов можно несколькими методами:

1. Использование литературных и фондовых данных на момент, предшествующий техногенному освоению исследуемой территории.
2. Региональные фоновые значения, характерные для конкретного региона и определяются в заповедных, удаленных от техногенного воздействия, местах.
3. При отсутствии перечисленных способов получения фоновых значений, они рассчитываются по минимальным значениям концентраций токсичных химических элементов, встречаемых на участке обследования.

II. Суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ) рассчитывается путем нормирования соединения элементов в пробе относительно предельно-допустимых концентраций.

$$Z_c = \sum K_k - (n-1), \text{ где}$$

$K_k$  – коэффициент концентрации по каждому элементу, рассчитывается по формуле:  $K_k = \frac{C_i}{C_{ндк}}$ , где

$C_i$  - концентрации элемента в анализируемой пробе ( $\text{мг/дм}^3$ ,  $\text{мг/кг}$ );

Спдк – нормируемая предельно допустимая концентрация данного элемента ( $\text{мг/дм}^3$ ,  $\text{мг/кг}$ );

$n$  - количество анализируемых элементов.

III. Предельно-допустимые выбросы (ПДВ) определяют качество атмосферного воздуха. Критерием качества при установлении ПДВ для источников загрязнения являются ПДК, либо фоновые значения

$$C = C_p + C_f, \text{ где}$$

$C_p$  - расчетная концентрация вредного вещества в приземном слое атмосферного воздуха ( $\text{мг/м}^3$ ),

$C_f$  - фоновые значения элемента в приземном слое ( $\text{мг/м}^3$ ).

### **6.3. Методы оценки состояния эколого-геохимических обстановок**

При эколого-геологических исследованиях возможно два принципиальных подхода, характеризующихся определенными критериями оценки. Первый в настоящее время принят на государственном уровне и предполагает первичное дифференцированное изучение состояния компонентов литосферы с последующим составлением комплексных эколого-геологических карт. На основании последних дается оценка экологической обстановки территории. В рамках данной структуры ЭГИ строится следующий комплект карт:

- карта административно-хозяйственного устройства: на ней выносятся информация по административному делению территории, обозначается численность и плотность населения, проживающего в городах и сельскохозяйственных районах, обозначаются типы производств, количество атмосферных, твердых и жидких выбросов предприятий, отражается структура землепользования и количество вносимых удобрений;

- карта физико-географических районов: содержит информацию, накладываемую на топографическую основу.

Комплект рабочих карт включает следующие их виды: функционального зонирования территорий, техногенных объектов, ландшафтно-геохимическую, зон тектонической активизации.

Результирующая эколого-геологическая карта в понимании В.А. Гайнцева и Н.С. Логиновой – «интегральная составляющая комплексной эколого-геохимической, эколого-инженерно-геологической и эколого-гидрогеологической карт. Они содержат информацию о характере и уровнях загрязнения компонентов природно-геологической среды токсичными химическими элементами и соединениями, о величине изменения гидродинамических, гидрогеохимических, бактериологических показателей, характеризующих подземную гидросферу, об особенностях инженерно-геологической обстановки территории и степени ее пораженности современными экзогенными геологическими процессами».

Крупномасштабные экогеологические исследования – строго целевые, что предполагает оценку и районирование экогеологической ситуации для разработки территориальных и отраслевых схем развития, размещения новых производств, районных планировок, разработки приоритетных направлений природоохранной деятельности.

Настоящая методика оценки их состояния основана на комплексном использовании экспертной оценки и типологическом экогеологическом районировании территории по количественным признакам.

Выбор системообразующих элементов исследований производится на основании экспертной оценки территории, которая осуществляется на прединвестиционной стадии. Рассматривается краткая природно-хозяйственная характеристика, обобщается имеющаяся информация по экологическому состоянию элементов геологической среды. Изучаются сведения о существующих и проектируемых источниках воздействия на нее, учитываются данные об особенностях технологических процессов, осуществляемых в

пределах исследуемых участков. Анализируется имеющаяся информация об экологических проблемах, возможных аварийных ситуациях. Производится оценка существующих профилактических и инженерных схем природоохранных мероприятий. В результате обобщения природных данных составляется экспертное заключение о структуре сбора исходной информации, включающей конкретные атрибутивные и внешние факторы экогеологических систем.

Предполагается трехслойная структура ЭГИ, включающая этапы непосредственного сбора информации, использования ее для диагностирования ЭГС и получения доминирующего положительного эффекта. Предлагаемый подход учитывает особенности эколого-геологических исследований как среды жизни и деятельности человека.

В этой связи по организационным и технологическим признакам предполагается разделить их на три блока:

I блок – накопление информации;

II блок – эколого-геологическое картирование;

III блок – создание постоянно действующей модели ЭГС.

Применительно к изучению эколого-геохимической функции литосферы выделяются три стадии ЭГИ (рис. 9).

На I стадии производится анализ состояния составляющих компонент техногенных эколого-геологических систем по атрибутивным и внешним факторам. Среди первых степени преобразования:

1. Горных пород, донных осадков;
2. Геополей;
3. Почв по геохимическим показателям;
4. Подземной гидросферы;
5. Поверхностной гидросферы.

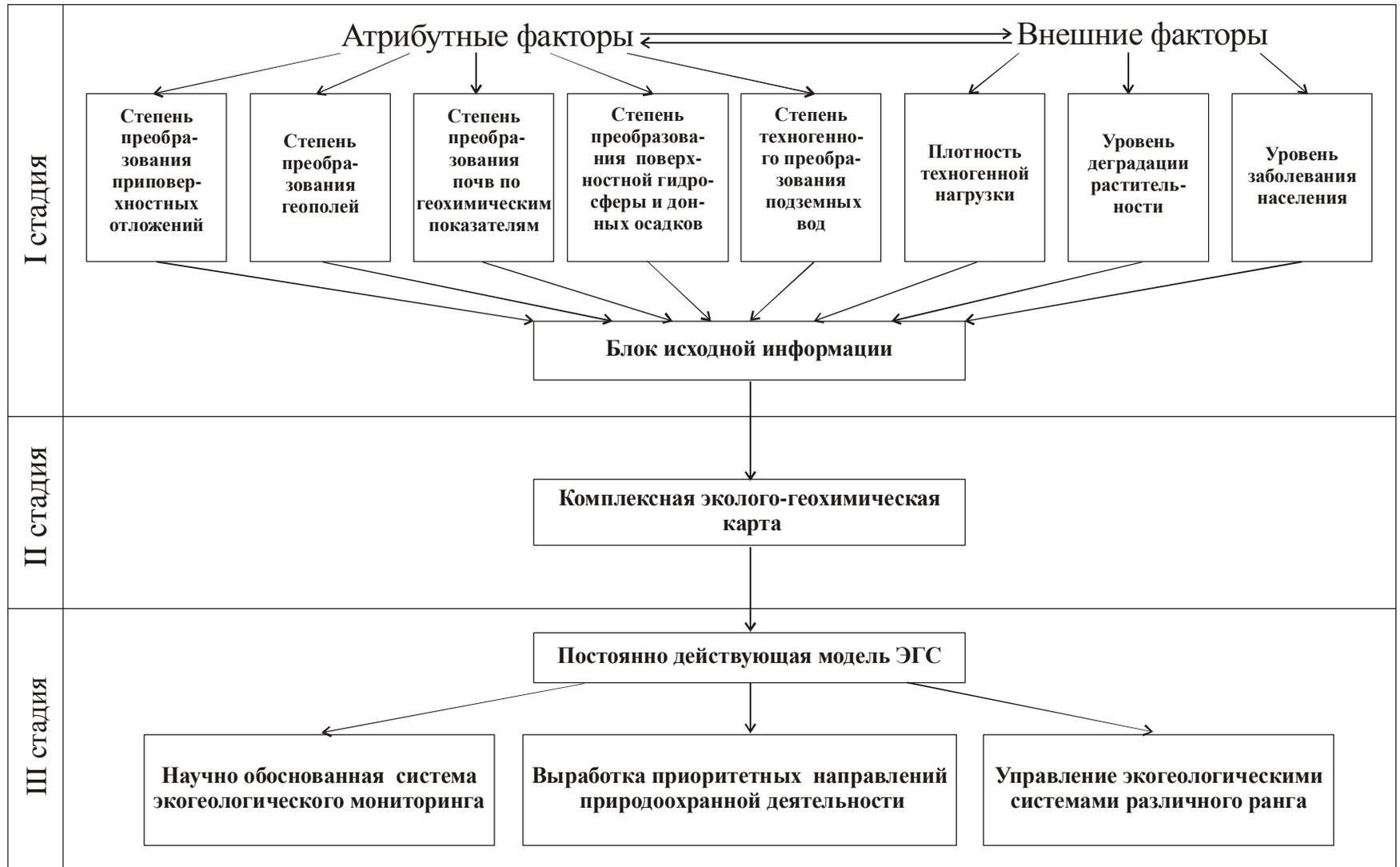


Рис. 9. Принципиальная структура эколого-геохимических исследований

Анализ степени преобразования поверхностных вод необходим в пределах техногенно-перегруженных территорий, т. к. реки являются мощным элементом транспортного переноса, определяющим аккумуляцию и миграцию твердого вещества в геологической среде. При исследовании поверхностного стока необходимо проводить визуальное изучение и химический анализ снеговых отложений. Последние содержат количественную и качественную информацию о той доле загрязнителей атмосферного происхождения, которая напрямую поступает в приповерхностную часть атмосферы.

В качестве внешних факторов предполагается учитывать функциональную организацию территории, уровень деградации растительности и уровень заболеваемости населения. Анализ перечисленных внешних факторов выявляет прямые и обратные причинно-следственные связи между геологической средой, техносферой и состоянием экосистем, включая человека.

Второй блок - эколого-геохимическое картирование – представляет собой суммирование полученной информации. Тематические карты, покомпонентно оценивающие состояние ЭГС, комплексированы с помощью методов компьютерного картографирования. Выделяются зоны, дифференцирующиеся по степени благоприятности среды относительно существования биоты и человека в частности. Данная карта решает ряд основных задач:

- дает интегральную оценку эколого-геологической обстановки;
- является основой для разработки максимально эффективной системы эколого-геологического мониторинга.

Третий блок крупномасштабных ЭГИ завершается созданием постоянно действующей модели. Она интерактивна, информация с системы ЭГМ постоянно подпитывает и трансформирует базу данных, формируя наиболее достоверное отражение и оценку существующей ситуации. Постоянно действующая модель делает возможным моделирование как покомпонентных так и общих изменений системы, получая широкий спектр прогнозов самого

различного назначения. Преимуществом создания постоянно действующих моделей при крупномасштабных ЭГИ является возможность получения детальной информации о состоянии эколого-геологических систем, ее систематизации и разработки схем инженерных и управленческих решений.

Такой подход является эффективным на территориях, характеризующихся высоким уровнем загрязнения компонентов литосферы и их негативным воздействием на экосистемы.

### **Литература**

1. *Алексеев В.А. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. - Л.: Наука, 1990. - 220 с.*
2. *Взаимодействие растений с техногенно загрязненной средой. Устойчивость. Фитоиндикация. Оптимизация / И.И. Коршиков, В.С. Котов, И.П. Михеенко и др. –Киев: Наукова думка, 1995. – 192 с.*
3. *Косинова И.И. Теоретические основы крупномасштабных экогеологических исследований. – Воронеж, 1998. - С. 25-46.*
4. *Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Захаров В.М. Анализ стабильности развития березы повислой в условиях химического загрязнения // Экология. - 1996. -№ 6. - С. 441-444.*
5. *Легенда Воронежской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200000: Экол. геол. карта / Под ред. В. В. Петрухина; Мин-во природн. ресурсов РФ, ЦРГУ, 2-е изд. – М., 1998. - 60 с.*
6. *Методические рекомендации по эколого-геологическим исследованиям масштаба 1:200000 для территории Московской и Воронежской серии листов. Легенда эколого-геологической карты. / В.А. Гайнцев, Н.С. Логинова. М. ДПР по Центральному региону, 1998, 72с.*

7. *Предельно-допустимые концентрации (ПДК) и ориентированные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воде для объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водоснабжения.* - М.: Изд-во ИМГРЭ, 1982. – 66 с.
8. *Свидетельство на стандартный образец СП-1 (курский чернозем) // Государственный реестр мер и измерительных приборов СССР.* – М, 1991. - №901-90 (ООКО152). – 95 с.
9. *Тератогенез // Биологический энциклопедический словарь.* - М., 1995. - С. 625.
10. *Тератология // Биологический энциклопедический словарь.* - М, 1995. - С. 625.
11. *Уродства // Биологический энциклопедический словарь.* - М., 1995. - С. 625.
12. *Чистякова Е.К., Кряжева Н.Г. Возможность использования показателей стабильности развития и фотосинтетической активности для исследования состояний природных популяций растений на примере березы повислой // Онтогенез.* - 2001. - Т. 3, № 6. - С. 422-427.
13. *Чубинишвили А.Т. Оценка стабильности развития и цитогенетического гомеостаза в популяциях европейских зеленых лягушек (комплекс *Rana esculenta*) в естественных и антропогенных условиях // Онтогенез.* - 2001. - Т. 3, № 6. - С. 434-439.

## **Глава 7. Эколого-геохимический мониторинг**

Основной целью эколого-геохимического мониторинга (ЭГХМ) является получение оперативной и достоверной информации о состоянии компонентов геосистемы для обеспечения оптимальных условий жизнедеятельности человека путем прогнозирования неблагоприятных геохимических ситуаций. Объектом эколого-геохимического мониторинга являются, соответственно, компоненты эколого-геологических систем. Комплексная эколого-геологическая карта представляет собой основу ЭГХМ. Она позволяет:

- выделить объекты, представляющие опасность в эколого-геохимическом отношении;
- определить набор наблюдаемых параметров;
- обосновать научную базу сети мониторинга;
- определить периодичность наблюдений опробования;
- дать оценку фоновых фактологических моделей.

Ниже приводятся принципы мелкомасштабного экогеомониторинга, лежащие в основе ЭГХМ и важнейшие особенности его пространственно-временной структуры.

### **7.1. Принципы мелкомасштабного экогеомониторинга**

Эколого-геологический мониторинг первых трех иерархических уровней ЭГИ базируется на данных аэрокосмических наблюдений. В 2001 г. закончился 15-ти летний полет пилотируемой орбитальной станции «Мир», осуществившей большой объем наблюдений. В настоящее время запущен проект «Ураган», использующий космическую цифровую фотографию. Высокая оперативность съемки при использовании данной техники дает возможность изучать быстро протекающие процессы, включая природные и техногенные катастрофы. Базовую информацию для современного мониторинга эколого-геологических систем представляют наблюдения и съемки, выполненные В.В. Рюминым, Г.М.

Гречко, В.В. Коваленком, А.С. Иванниковым, В.П. Савиных в 1974-1979 гг. Современные наблюдения включают четыре блока: водное хозяйство, лесная служба, геология и экология. Проводится мониторинг природных эколого-геологических систем, позволяющий фиксировать аномальные проявления экологических функций литосферы. Среди них:

- геофизические – извержения вулканов и землетрясения;
- геодинамические – гравитационные селевые лавины, эрозия, абразия и т.п.;
- ресурсные – торфяные пожары, разливы нефти, выходы подземных вод и т.п.

Детально рассматриваются возможности возникновения, проявления и последствия техногенных катастроф. Состояние биосферы отслеживается по ряду показателей: миграция, степень деградации, влияние человека на иные экосистемы и т.д.

Так, наблюдения за извержением вулкана Этна на острове Сицилия в июле 2001 г. позволило установить, что основным очагом является не главный кратер, а боковой источник. Снимки разломной тектоники склонов о. Сарез в 2001 г. позволили сделать вывод о его устойчивости. Данное озеро возникло в 1911 г при обвале горных пород и подпруживании р. Мургаб. В настоящее время в озере накопилось более 15 км<sup>3</sup> воды. Оно представляет собой природный объект, который при прорыве может привести к серьезной экологической катастрофе. Космический эколого-геологический мониторинг данного объекта позволяет прогнозировать развитие ситуации. Важным элементом исследований являются наблюдения за пульсирующими ледниками. Наиболее показательным примером возможностей дистанционного ЭГМ является периодическая съемка района месторождения углеводородного сырья в Прикаспии. Здесь прогнозируется катастрофическая ситуация, что подтверждается недавней гибелью десятков тысяч тюленей в Каспийском море. При добыче нефти в Казахстане, в течении долгих лет, образовались разливы водно-нефтяных озер. Их размеры изменяются от нескольких сотен метров до 2-

3 км. Стекая в Каспийское море, они становятся источником катастрофического загрязнения его.

Большое значение приобретает применение космометодов при съемках промышленных районов России в зимнее время. Четко фиксируются ореолы загрязнения как от отдельных труб, карьеров, так и от всей промзоны в целом. Эффективными являются также наблюдения смогов над крупными городами и федеральными дорожными магистралями. Высокая степень разрешаемости космоснимков (до 5 м), их оперативность делает данный метод ЭГМ одним из наиболее эффективных. Однако высокая стоимость работ не позволяет всем заинтересованным лицам пользоваться его результатами.

## **7.2. Особенности эколого-геохимического мониторинга**

Необходимость проведения стационарных эколого-геохимических наблюдений определена двумя нормативными документами: «Экологическая доктрина Российской Федерации от 31 августа 2002 г.», «Требования по единой системе мониторинга состояния окружающей среды на территории России». Выделяют три уровня эколого-геохимического мониторинга – федеральный, региональный, локальный или пообъектный. Каждый уровень контролируется собственной государственной, либо частными структурами. Приоритетность комплексного подхода при проведении эколого-геохимического мониторинга несомненна. Это обеспечивает достоверность получаемой информации, ее сопоставимость, возможность прогнозирования и принятия управляющих решений. Промышленные зоны формируют сложные, глубоко трансформированные эколого-геологические системы. Примером подобной ЭГС является территория Липецкого промышленного района (ЛПР). Результаты предшествующих исследований дают основание для весьма негативной оценки ее состояния. Город Липецк в течение нескольких десятилетий входит в список пяти городов, характеризующихся максимальным уровнем загрязнения. Единый методический подход при создании комплексного эколого-геологического

мониторинга позволит обеспечить непрерывный контроль за состоянием всех компонентов системы, а также дифференцировано оценить вклад каждого техногенного объекта, негативно воздействующего на нее. Реализация подобного подхода осуществляется в несколько этапов.

I этап – разработка единого комплексного ЭГХМ территории Липецкого промрайона. Создается сеть стационарных наблюдений, учитывающих существующие элементы мониторинга федерального и территориального уровней. Она дополняет имеющуюся сеть необходимым количеством стационарных постов наблюдений, выводит их на новый уровень комплексных оценок.

II этап предполагает разработку проектов локального либо пообъектового мониторинга в зоне влияния отдельных промышленных предприятий ЛПР. На этом этапе определяется оптимальная сеть комплексных наблюдений, обосновывается их периодичность, производится создание локальных компьютерных моделей территорий объектов. Данные модели включают информацию об экологических свойствах приповерхностной части литосферы, состоянии биоты, особенностях техноструктуры предприятий, наличии и степени токсичности отходов, системах природоохранной защиты и т.п.

III этап – предполагает создание системы комплексного экогеомониторинга на основе единой электронной постоянно действующей модели.

IV этап – основной, включает ведение мониторинга на основе построенной ЭПДМ.

Подобная многоуровневая система эколого-геохимического мониторинга, взаимоувязывающая все его ступени, позволяет обеспечить достоверность и сопоставимость данных. Она является основой контроля имеющихся и возможных кризисных ситуаций, производит информационное обеспечение

принятия управляющих решений, учета результатов экологических экспертиз всех проектов и программ, планирование промышленных районов.

При крупномасштабных экогеохимических исследованиях следует разрабатывать локальную систему наблюдений. Ее пространственное расположение определяется, с одной стороны - существующей, исторически сложившейся ситуацией; с другой - прогнозом возможного будущего события. Крупномасштабный экогеомониторинг базируется на общеметодологических принципах аналогии, итеративности, принципе ключевых участков.

Эколого-геохимический мониторинг территории экогеорайонов осуществляется по трехмерной сети наблюдений, учитывающей пространственно-временные координаты локальных точек, характеризующихся параметрами  $x$ ,  $y$ ,  $t$ . В структуру ЭГМ предлагается включить системы стационарных и мобильных наблюдений.

Стационарная сеть наблюдений представляет собой постоянные в пространстве и времени локальные наблюдения. Их основной задачей является долговременное прослеживание экогеоситуации по ключевым участкам и на границах зон экогеохимической оценки территории. Данная сеть стационарных наблюдений включает:

- s** площадки ЭГХМ;
- s** наблюдательные створы;
- s** отдельные точки наблюдений.

Площадки комплексного ЭГХМ располагаются в местах проявления неоднородности экогеосистем, характеризующихся длительно выраженными во времени либо катастрофическими негативными экогеологическими ситуациями. Они представляют собой систему единичных комплексных локальных наблюдений. В пределах площадок ведутся многопрофильные изучения состояния элементов ЭГС. Наблюдаются: литосфера, почвы, поверхностные и подземные воды, приземная атмосфера. Фиксируются деграционные

процессы в биосфере, осуществляется систематический контроль за состоянием здоровья населения. С помощью стационарных площадок ЭГХМ также наблюдаются состояния фоновых территорий.

Вторым конструктивным элементом стационарной сети ЭГХМ являются наблюдательные створы. Они представляют собой отдельное линейное пересечение геологической среды, выполненное в вертикальной плоскости. Такие наблюдения, в частности, проводятся в скважинах, наблюдающих литосферу, грунтовые и подземные воды.

Отдельные точки стационарных наблюдений предлагается располагать на контакте зон оценки экогеологического состояния территории. В зависимости от существующей проблемы в стационарных точках могут осуществляться наблюдения по любому необходимому параметру природного и техногенного характеров.

Основной задачей стационарной сети ЭГХМ является обеспечение качественных и количественных информационных характеристик негативных процессов в необходимом объеме.

*«Мобильная» сеть наблюдений.* Представляет собой сеть точек, динамично передвигающихся - плавающих - в пространстве. Ее основной отличительной особенностью является динамика в пространстве и времени. Она также трехмерна. Координаты локальных замеров постоянно изменяются, сеть мобильна. Целевым назначением такой сети является фиксирование возможного расположения будущего события. Второй отличительной особенностью является то, что «мобильная» точка может давать любую фактологическую информацию, заданную применительно к конкретной ситуации. Количество точек в «мобильной» сети зависит как от уровня загрязненности территории, так и от материальных возможностей природоохранных служб.

Периодичность наблюдений по обоим типам ЭГХМ зависит от состояния экогеологической системы. Наблюдения могут выполняться ежедневно,

ежемесячно, посезонно и ежегодно. При стабильном состоянии ЭГС рекомендуются посезонные и ежегодные наблюдения по стационарной сети. При возникновении и нарастании катастрофических ситуаций периодичность наблюдений в стационарной сети становится ежесуточной. Нормализация кризисной ситуации должна отслеживаться ежемесячно до момента полной стабилизации ЭГС.

Применительно к экогеохимическому мониторингу следует говорить о линейных и неправильных сетях наблюдений. Расположение линейных пересечений взаимно независимо, определяется общим трендом трансформации элементов геологической среды. Наиболее широко при ЭГХМ экогеорайонов применяется радиальная сеть наблюдений. Ее центром является, как правило, мощный техногенный источник возмущения: промпредприятие, свалка ТБО, захоронение отходов и т.д. Радиальная сеть ЭГХМ позволяет фиксировать ситуацию в пространстве и времени, осуществлять ее контроль. Линейный и радиальный типы сетей наиболее эффективны при стационарных наблюдениях.

Мобильный ЭГХМ характеризуется анизотропной сетью наблюдений. Здесь точки замеров распределяются в пространстве и времени неравномерно, расстояния между ними различны, меняются во времени. Такая геометрия сети обусловлена ее целевым назначением - поиск возможных аварийных ситуаций.

С момента поступления первой информации на ГИС «Комплексная эко-геологическая карта», последняя превращается в действующую модель ЭГС. Она является завершающим и основополагающим элементом крупномасштабных экогеологических исследований.

Созданная и самообучающаяся ПДМ представляет собой инструмент управления ЭГС экогеорайонов. С ее помощью производится оценка состояния компонентов системы на любой фиксированный момент времени. Определяются параметры состояния экосистем, их устойчивость к внешним воздействиям, способность к восстановлению. Происходит периодическое уточнение

границ зон экогеосистем, рассчитываются их размеры и определяются конфигурации. На основе количественных критериев позонально рассчитываются допустимые техногенные воздействия, учитывающие как существующие, так и проектируемые объекты. Фиксируются территории экологического неблагополучия, острых экологических ситуаций. Отслеживаются пространственно-временные закономерности миграции ингредиентов атмо-, гидро- и литофильным путем. Возможно проведение экологического районирования по видам освоения территорий.

### **Литература**

1. Алексеенко В.А., Алексеенко Л.П., Добровольский В.В., Нарезный А.И., Суворинов А.В. – *Геохимические показатели оценки состояния окружающей среды//Экологическая геофизика и геохимия.* – Москва; Дубна, 1998.
2. Алексеенко В.А – *Экологическая геохимия* - М.: Логос. 2000.
3. Алексеенко В.А., Суворинов А.В., Алексеенко П.П., Бофанова А.Б. – *Металлы в окружающей среде. Почвы геохимических ландшафтов Ростовской области: Учебное пособие.* – М.: Логос, 2002.- 312с.:ил.
4. Королев В.А. *Мониторинг геологической среды.* М.: Изд-во МГУ, 1995.- 272 с.
5. Косинова И. И. *Теоретические основы крупномасштабных экогеологических исследований.* – Воронеж, 1998. - С. 25-46.
6. *Почвенно-экологический мониторинг / Под. ред. Г.С. Орлова, В.Д. Васильевской.* М.,1994. 272 с.
7. *Теория и методология экологической геологии / Под. ред. В. Т. Трофимова.* - М.: Изд-во МГУ, 1997. - 368с.
8. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. *Экологическая геология. Учебник.* – М., 2002. – 415 с.
9. Харькина М.А. *Эколого – геодинамические карты, критерии оценки и содержание.* – М.: Геоинформмарк, 2001. – 58с
10. *Экологические функции литосферы /В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг, Т.А. Барабошкина и др.; Под ред. В.Т. Трофимова.* –М.: Изд-во МГУ, 2000. - 432с.

## Глава 8. Методы эколого-геофизических исследований

### 8.1. Полевые методы

Изучение естественных геофизических и техногенных физических полей проводится методами *гравиразведки, магниторазведки, электроразведки, сейсморазведки, терморазведки и ядерной геофизики*

В гравиразведке основным методом является *гравиметрическая (гравиметровая) съемка*. Она проводится с помощью переносных (весом 3 - 5 кг) *гравиметров, предназначенных для измерения приращений (относительных значений) силы тяжести  $Dg$ , т.е. разности между  $g_n$  в любой наблюдаемой точке и величиной  $g$  в некоторой исходной опорной точке*. В качестве исходных точек выбираются опорные пункты гравиметрической сети страны, которые располагаются в городах и некоторых крупных населенных пунктах, а часто - на базе экспедиций или партий. Величина  $\Delta g$  является *разницей отсчетов по прибору во всех точках по сравнению с опорной*.

Примером успешного применения микрогравиметрии при изучении указанных объектов могут служить многочисленные работы, связанные с изучением экологически опасных карстово-суффозионных процессов и зон разуплотнения в г. Москве и в Подмосковье [Кузнецов и др., 1995]. Так, например, детальная микрогравиметрическая съемка, выполненная по сети профилей на северо-западе Москвы, в центре города (Красная площадь, Боровицкая площадь, Никитские ворота, Казанский вокзал и др.) дали возможность выделить узколокальные (диаметром до 5-10 метров) аномалии, связанные с подготовкой и образованием провальных карстовых воронок, с зонами техногенного разуплотнения пород, образовавшимися на месте фундаментов древних строений и подземных сооружений. Локальными отрицательными гравитационными аномалиями отмечались также погребенные скопления строительного мусора, древние свалки и др. Несмотря на то, что

аномалии гравитационного поля над указанными объектами не превышали 50 мкГал, чувствительная аппаратура (гравиметры типа ГАГ – 3М) и специальные приемы наблюдений позволили получить достоверные результаты, подтвержденные бурением, ремонтными и укрепительными работами.

*Магнитные измерения* проводятся с помощью наземных (полевых), самолетных, корабельных, скважинных магнитометров, предназначенных для определения абсолютных, реже относительных (приращений по отношению к опорному или исходному пункту) значений полного вектора напряженности геомагнитного поля ( $T_H$ ,  $\Delta T_H$ ) или полного вектора магнитной индукции ( $T = \mu T_H$ ), где  $\mu$  - магнитная проницаемость среды. Некоторые магнитометры предназначены для определения вертикальных составляющих вектора  $T_H$  ( $Z_H$ ,  $\Delta Z_H$ ).

*Напряженность* геомагнитного поля измеряется в эрстедах и гаммах ( $1\gamma = 10^{-5}$  Э, где 1 эрстед (Э) равен  $10^3/4\pi$  ампера на метр). В современных магнитометрах измеряется магнитная индукция, а единицей измерения считается нанотесла (нТл), равная  $10^{-9}$  Тл =  $10^6$  мкТл. Так как реально магнитные съемки ведутся в немагнитной среде ( $\mu = \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м), то магнитная индукция 1 нТл соответствует напряженности поля в 1  $\gamma$ .

Интересные сведения о применении геомагнитных съемок на акваториях прибрежных морей и глубоководных районов Мирового океана приводятся А.М. Городницким. Так, решение важнейшей экологической задачи – обнаружение на дне морей затопленных судов первой и второй мировых войн, содержащих боеприпасы с ОВ и ВВ, – стало возможным с развитием градиентометрического способа высокоточных геомагнитных измерений. Опыт работы в Баренцовом, Норвежском, Северном и Черном морях показал, что регистрация короткопериодных магнитных аномалий, величиной в единицы нанотесл,

позволяет уверенно находить затонувшие суда, баржи, самолеты и другие локальные техногенные объекты, представляющие экологическую опасность.

*При глубинных и структурных исследованиях земной коры ( глубина разведки свыше 500 - 1000 м) используются различные электромагнитные зондирования (ЭМЗ). В качестве измерительной аппаратура при их постановке служат полевые лаборатории электроразведочных станций (ПЛ-ЭРС). Они предназначены для регистрации электрических (Ех, Еу) и магнитных (Нх, Ну, Нz) компонент естественного или искусственно созданного электромагнитного поля.*

*Для электроразведки на малых глубинах ( до 100 -200 м) применяют индуктивные наземные и воздушные методы электроразведки с гармоническим (с частотой до 10 кГц) и импульсным ( длительность импульсов в десятки миллисекунд) возбуждением поля и измерением магнитных его компонент. С этой целью создаются различные малосерийные комплекты аппаратуры, состоящие из генераторов и микровольтметров.*

*С помощью высокочастотных радиоволновых методов можно изучать самую верхнюю часть разреза (10-30 м). При решении экологических задач среди этих методов представляют особый интерес методы георадиоконтроля на частотах около 1 МГц и георадара на частотах 50-150 МГц.*

*Сверхвысокочастотные методы ( $f > 300$  МГц) находятся на стыке электроразведки и терморазведки. Аппаратурой для них служат регистраторы радиотеплового, инфракрасного и радарного излучений с длиной излучаемых радиоволн в воздухе от 1 мкм ( $f = 3 \cdot 10^8$  МГц) до 1 м ( $f = 300$  МГц).*

*При терморазведке, кроме тепловизоров используются разного рода электрические и полупроводниковые термометры, обеспечивающие возможность изменения температур в шпурах, скважинах, донных осадках с точностью около  $0,1^{\circ}\text{C}$ .*

*Круглосуточная регистрация упругих волн от землетрясений на обсерваториях (их в мире свыше 200) производится сейсмическими методами.*

Для *поэлементного химического анализа* горных пород в образцах или массиве (обнажение, горная выработка, скважина) используются разнообразные приборы *ядерно-физических* (изотопных) методов, основанных на изучении физических явлений, происходящих при искусственном облучении горных пород гамма-лучами и нейтронами разных энергий (Бондаренко и др., 1999).

Особым разделом геофизики, предназначенным для изучения физических свойств горных пород в околоскважинном пространстве, являются *геофизические методы исследования скважин (ГИС)*, называемые также *буровой, промысловой геофизикой* или термином *каротаж* (Горбачев, 1990). Они обеспечивают *изучение пород в радиусе до 1-2 метров от оси скважины без отбора образцов пород (керн)*. Однако при отборе керн из основных опорных горизонтов с последующими лабораторными анализами информативность ГИС резко возрастает.

К ГИС относят методы обследования *пространств (целиков) горных пород между скважинами и горными выработками* путем просвечивания массивов *электромагнитными и акустическими волнами (подземная геофизика)*. Перемещая последовательно излучатели и приемники в соседних скважинах или выработках, можно оценить изменения электрических и упругих свойств массивов, находящихся между ними.

*Под дистанционными аэрокосмическими* методами понимается комплекс исследований физических полей Земли, выполняемых при помощи приборов, находящихся на космических и воздушных носителях. С их помощью можно получать информацию о строении земной поверхности, верхней части литосферы, о природных и техногенных объектах и процессах, проводить повторные наблюдения для организации мониторинга.

Важнейшей особенностью дистанционных съемок является возможность различной *генерализации объектов* (разрешающей способности исследований) и *обзорности* (ширины полосы исследований), которые зависят от высоты орбиты космического носителя (от 180 км до 1000 км) или от высоты полета воздушного носителя (0,5 - 1,0 км), а также от типа аппаратуры, ее разрешающей способности, масштаба съемки.

При интерпретации данных дистанционных съемок имеется возможность направленно генерализовать изучаемую эколого-геологическую ситуацию, выделять региональные или даже локальные объекты, видеть их пространственное соотношение, трудно фиксируемое обычными наземными съемками. При дистанционных исследованиях удается реализовать «*эффект прозрачности*»: как бы заглянуть внутрь литосферного пространства, получив структурные планы объектов, фрагменты которых только частично выделяются наземными съемками.

Наиболее употребляемые в экологии дистанционные съемки в видимом и невидимом диапазонах электромагнитных частот приведены в таблице 18.

Таблица 18.

#### Основные виды и характеристики дистанционных аэрокосмических методов

Метод	Физические основы метода	Используемые длины волн	Чувствительный элемент	Форма получаемых материалов	Глубина получения информации	Условия применения в зависимости от метеорологической обстановки
Фотосъемка (ФС)	Регистрация отраженного излучения Солнца от поверхности земли	350–1000нм	Различные типы светочувствительных пленок	Фото-снимки	Поверхность земли	Дневное время, отсутствие облачности

Телевизионная съемка (ТС)	То же	320–740 нм	Специальные сканирующие приемники	Телевизионное изображение	То же	То же
Инфракрасная съемка (ИК)	Регистрация теплового электромагнитного излучения объектов земной поверхности	1,5–14 мкм	Тепловизоры (система объективов, фотоэлементов и электронных схем)	Тепловое изображение	До нескольких сантиметров	Дневное и ночное время, почти при любых метеороусловиях
Радиотепловая съемка (РТ)	Регистрация теплового электромагнитного излучения объектов земной поверхности	0,3–10 см	Узконаправленная антенна	Тепловое излучение, регистрограммы	До 10–20 см	То же
Многоспектральная съемка (МС)	Регистрация отраженного электромагнитного излучения от Солнца и от собственного теплового излучения земли	0,41–12,5 мкм	Фильтр с фотоэлектронным умножителем	Регистрограммы электромагнитных волн	До нескольких сантиметров	То же
Радиолокационная съемка (РЛ)	Регистрация отраженного электромагнитного излучения от источника, установленного на борту носителя	1–100 см	Радиолокационная антенна	Радиоэхограммы отраженных сигналов, радиолокационное изображение местности	До 10–20 см	То же
Съемка, основанная на изучении электромагнитных полей длинноволновых радиостанций	Регистрация компонент электромагнитного поля	0,1–100 кГц	Индукционные катушки, антенны	Регистрограммы измеряемых компонент электромагнитного поля	Десятки метров	То же

Одним из главных достоинств *космо- и аэрофотоснимков* является их *документальность*, т. е. точное и объективное отображение естественных и искусственных объектов на земной поверхности. Физической основой фотосъемок является *изучение отраженного электромагнитного излучения*. Информация о строении ландшафтов и земной поверхности зависит от их *отражающей способности (альбедо), характера поглощения и рассеяния электромагнитного излучения*, вида природных и техногенных объектов, растительности, типов горных пород, их электромагнитных и тепловых свойств. Для оценки указанных характеристик используются фотоматериалы с различной чувствительностью и фотофильтры, позволяющие проводить съемку в различных диапазонах светового спектра частот. Аэрокосмические фотосъемки имеют самую высокую разрешающую способность на местности: снимок КФС миллионного масштаба имеет разрешение от 30 до 2 метров. При обработке подобные снимки можно увеличить в 10 и более раз. Разрешение меняется в зависимости от оптических свойств объектива, технических характеристик фотопленки, масштаба съемки, яркости освещения ландшафта, отражающих способностей местности и объектов.

*Многоспектральное фотографирование* на разных длинах электромагнитных волн открывает дополнительные возможности при так называемых *отраслевых исследованиях*, т. е. использовании аэрокосмоснимков для целей топографического, геоботанического, геологического, гидрогеологического, эколого-геологического, и других видов картирования.

## **8.2. Системы критериев эколого-геофизических оценок**

Для построения эколого-геофизических карт могут быть предложены легенды, основанные на оценке экологического воздействия природных геофизических и техногенных физических полей на биоту и живые организмы. При этом в качестве критериев эколого-геофизического состояния изучаемой

территории (литосферного пространства) можно использовать как *экологически значимые уровни физического воздействия*, так и нормированные аномалии (*экологически значимые контрастности аномалий*) природных геофизических и техногенных физических полей.

*Экологически значимые уровни физического воздействия* наиболее четко можно определить для техногенных физических полей. Так, например, для человека они могут быть установлены в соответствии с имеющимися санитарными нормами, определяющими безопасность проживания людей на конкретной территории. Для экосистем они определяются в соответствии с экологическими и биофизическими оценками состояния фито- и биоценозов в зависимости от интенсивности и продолжительности физического воздействия.

В том случае, если необходимо оценить уровень синергетического воздействия различных физических полей на экосистемы и живые организмы можно использовать подход, позволяющий определить суммарную контрастность техногенных аномалий, приведенных к фону.

*Экологически значимые контрастности аномалий* природных и техногенных физических полей могут быть рассчитаны двумя способами.

Первый способ предполагает использование сведений об экологически безопасных (нормальных) значениях измеряемых физических полей (экологически нормального фона)  $A_n$ . Контрастность экологически значимой аномалии  $i$  поля  $A_{ian}$  рассчитывается по формуле:

$$\gamma = \frac{|A_{ian}|}{|A_{in}|},$$

где  $n$  – экологически нормальный фон  $i$  поля.

В случае выполнения нормального закона распределения значений поля, его аномалии могут быть оценены как

$$A_{ian} = A_{in} \pm 3\sqrt{D_i},$$

где  $D_i = \frac{1}{n-1} \sum_1^n (A_i - A_{icp})^2$  – дисперсия значений  $A_i$ ;  $n$  – объем выборки значений;  $A_{icp} = \frac{1}{n} \sum_1^n A_i$  – среднее значение  $A_i$ .

Второй способ может быть использован в том случае, когда нет сведений об экологически нормальном фоне  $A_n$ . В этом случае при нормировании аномалий в качестве фона принимается региональный уровень поля, к которому экологически адаптированы экосистемы данного региона. Следует указать, что при слабом изменении  $i$  - поля по площади в качестве оценки нормального фона  $A_{in}$  может быть принята величина его среднего значения по площади  $A_{icp}$ . При значительном изменении поля для оценки экологически нормального фона  $A_n$  может быть рекомендовано использование различных методов выделения региональной (трендовой) составляющей поля широко используемых в разведочной геофизике [А.А. Никитин, 1986]. Абсолютные величины  $A_{ian}$  и контрастности экологически значимых аномалий действующего геофизического поля  $g_{ian}$  рассчитываются по выше приведенной формуле.

В том случае, если на экосистему воздействуют одновременно  $m$  аномалий физических полей, необходимо учитывать синергетический эффект этого воздействия:

$$P_{синан} = \sum_1^m |\gamma_{ian}|,$$

где  $|\gamma_{ian}|$  – абсолютная величина контрастности  $i$  – экологически значимой аномалии физического поля.

Для оценки экологически значимых уровней синергетического воздействия нескольких аномалий можно использовать нормирование величины  $P_{синан}$  на величину фона синергетического воздействия, который рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{синфон}} = \frac{1}{m} \sum_1^m |\gamma_{ian}|.$$

В этом случае можно в безразмерных единицах установить минимальный уровень синергетического воздействия, относительно которого будут проявляться аномалии различной экологической значимости. При этом уровень синергетического воздействия будет рассчитываться по формуле:

$$P_{\text{синвоз}} = P_{\text{син}_a} / P_{\text{синфон}}$$

При построении эколого-геофизических карт и проведении ЭГФМ необходимо учитывать масштаб исследований. Так, при построении эколого-геофизической карты урбанизированной территории масштаба 1:200000 учитывается, что влияние техногенных физических полей будет минимальным. Поэтому в качестве критериев оценки эколого-геофизического состояния этой территории (литосферного пространства) и экологических последствий для человека и экосистем выбираются экологически значимые аномалии природных геофизических полей (табл. 19). В легенде отдельно рассматриваются постоянные и переменные геофизические поля. Для каждого поля указываются экологически значимые уровни физического воздействия (в числителе) и соответствующие им контрастности геофизических аномалий (в знаменателе). Уровни физического воздействия принимаются в соответствующих единицах с указанием размерности; контрастности геофизических аномалий даются в безразмерных единицах.

**Критерии оценки эколого-геофизического состояния территорий  
по экологически значимым аномалиям природных геофизических полей**

**Масштаб 1:200000**

Классы эколого-геофизического состояния литосферы	Постоянные геофизические поля: Экологически значимые уровни физического воздействия					Переменные геофизические поля: Экологически значимые уровни физического воздействия					Уровень синергетического воздействия (суммарная контрастность геофизических аномалий)	Экологические последствия: для человека для экосистемы	Общая экологическая оценка для человека для экосистемы	
	Контрастности геофизических аномалий					Контрастности геофизических аномалий								
	Естественное электрическое Напряженность (мВ/м) (безразм. ед.)	Температурное ср.сут. Т <sup>0</sup> С (безр. ед.)	Радиационное (мЗв/год) (безр. ед.)	Гравитационное (мГл/км) (безр. ед.)	Магнитное мЭ/км (безр. ед.)	Электромагнитное напряженность электр.сост.(В/м) (безразм. ед.)		Акустич. (шумовое) (дБ) (безр. ед.)	Температурное °С/сутки (безр. ед.)	Магнитное (2-30 Гц) (мЭ/час) (безр. ед.)				Гравитационное мГл/час. (безр. ед.)
					2-8 Гц	20-30 Гц								
Удовлетворительное	$\frac{< \pm 5}{< 1,3}$	$\frac{< 15}{< 1,3}$	$\frac{< 1,0}{< 1,2}$	$\frac{< 5,0}{< 1,5}$	$\frac{< 10^2}{< 1,2}$	$\frac{< 10}{< 1,4}$	$\frac{< 5,0}{< 1,2}$	$\frac{< 10}{< 1,1}$	$\frac{< 10}{< 1,5}$	$\frac{< 10^2}{< 1,2}$	$\frac{< 0,15}{< 1,2}$	1,3	Практически отсутствует. Не оценивается	Здоровье Норма (Н)
Условно удовлетворительное	$\frac{\pm 5-15}{< 3,0}$	$\frac{< 20}{< 1,5}$	$\frac{< 3,0}{< 1,5}$	$\frac{< 10}{< 2,0}$	$\frac{< 3 \cdot 10^2}{< 1,4}$	$\frac{< 20}{< 1,8}$	$\frac{< 10}{< 1,5}$	$\frac{< 30}{< 1,3}$	$\frac{< 20}{< 3,0}$	$\frac{< 2 \cdot 10^2}{< 1,4}$	$\frac{< 0,25}{< 1,4}$	1,8	Слабый дискомфорт. Обратимая адаптация экосистем	Напряжение Риск (Р)
Неудовлетворительное	$\frac{\pm 15-20}{> 3,0}$	$\frac{< 24}{< 1,7}$	$\frac{< 5}{< 2,0}$	$\frac{\geq 10}{> 2,0}$	$\frac{< 5 \cdot 10^2}{< 2,5}$	$\frac{< 4,0}{< 2,5}$	$\frac{< 20}{< 3,0}$	$\frac{< 50}{< 2,0}$	$\frac{< 25}{< 4,0}$	$\frac{\geq 2 \cdot 10^2}{> 1,4}$	$\frac{\geq 0,25}{> 1,4}$	2,3	Ухудшение самочувствия. Труднообратимые изменения экосистем	Утомление Кризис (К)
Катастрофическое	-	$\frac{\geq 24}{> 1,7}$	$\frac{\geq 5,0}{> 2,0}$	-	$\frac{\geq 5 \cdot 10^2}{> 2,5}$	-	-	$\frac{\geq 50}{> 2,0}$	$\frac{\geq 25}{> 4,0}$	-	-	-	Резкое ухудшение самочувствия. Дизадаптация экосистем	Болезнь Бедствие (Б)

Контрастность геофизической аномалии  $\gamma = \frac{A_{ан_{max}} - A_{ср}}{\sqrt{D_{общ}}}$ , где  $A_{ан_{max}}$  – максимальная величина аномалии;

$A_{ср}$  – средняя величина аномалии;  $D_{общ}$  – общая дисперсия

В легенде приводятся данные для постоянных и переменных геофизических полей.

*Постоянные поля:*

- естественное электрическое (напряженность поля в мВ/м);
- температурное (среднесуточная температура в °С);
- радиационное (ПДД в мЗв/год);
- гравитационное (градиент изменения по площади в мГл/км);
- магнитное (градиент изменения по площади в мЭ/км).

*Переменные поля:*

- электромагнитное (напряженность электрической составляющей поля в В/м);
- акустическое (уровень шума в дБ);
- температурное (градиент изменения во времени в град./сутки);
- магнитное с частотой 2 – 30 Гц (напряженность поля в А/м);
- гравитационное (градиент изменения во времени в мГл/час).

В качестве оценки уровня синергетического воздействия геофизических полей в легенде используются суммарные контрастности аномалий, приведенные к экологически нормальному фону (в безразмерных единицах).

В легенде указываются четыре класса эколого-геофизического состояния литосферы: «удовлетворительное», «условно удовлетворительное», «неудовлетворительное», «катастрофическое». Для первых трех классов приводятся экологически значимые уровни физического воздействия и контрастности геофизических аномалий природных постоянных и переменных геофизических полей. Для четвертого класса, из-за недостаточной изученности вопроса, критерии оценки даются выборочно: для постоянных температурного, радиационного и магнитного полей и для переменных акустического и температурного полей.

Вследствие неполноты данных, минимальный уровень синергетического воздействия полей указывается только для первых трех классов.

В легенде дается четыре градации экологических последствий воздействия геофизических аномалий на человека (в числителе) и на экосистемы (в знаменателе):

«практически отсутствует / не оценивается»;

«слабый дискомфорт / обратимая адаптация экосистем»;

«ухудшение самочувствия / трудно обратимые изменения экосистем»;

«резкое ухудшение самочувствия / дизадаптация экосистем».

В соответствии с указанными градациями в легенде приводятся четыре класса общей экологической оценки территории для человека (в числителе) и для экосистем (в знаменателе):

«здоровье / норма»;

«напряжение / риск»;

«утомление / кризис»;

«болезнь / бедствие».

Легенда позволяет проводить горизонтальную корреляцию классов эколого-геофизического состояния литосферы, экологически значимых геофизических аномалий, градаций экологических последствий и общей экологической оценки территории для человека и для экосистем.

По-иному необходимо подходить к построению эколого-геофизических карт крупного масштаба. Так, например, при составлении карт урбанизированных и городских территорий в масштабе 1:10000, принимается во внимание, что воздействие техногенных физических полей будет проявлено в значительно большей степени, чем влияние природных геофизических полей. В этой связи в качестве критериев оценки эколого-геофизического состояния урбанизированной территории принимаются численные параметры постоянных и переменных техногенных физических полей, создающих экологически значимое воздействие на

экосистемы и человека (табл. 20). Все параметры даются в принятых по действующим санитарным нормам и стандартам единицах измерения с указанием размерности.

*Радиационное поле:* предельно допустимые дозы (ПДД) в мЗв/год.

*Электромагнитное поле:*

- напряженность электростатического поля (В/м);
- напряженность электрической составляющей для частот 50 Гц; 0,06-3; 3-30; 30-300 МГц (В/м)
- плотность потока энергии для частот 3-300 ГГц (Вт/м<sup>2</sup>);
- напряженность магнитной составляющей для частот 0,06-1,5; 30-50 МГц (кА/м).

*Вибрационное поле:* виброскорость (мм/с).

*Акустическое поле:* уровень шума (дБ).

*Температурное поле:* аномалии относительно фона (°С).

Для оценки уровня синергетического воздействия техногенных физических полей на экосистемы и человека в легенде используются суммарные контрастности аномалий, приведенные к экологически нормальному фону (в безразмерных единицах).

В легенде указываются четыре класса эколого-геофизического состояния территории: «удовлетворительное», «условно удовлетворительное», «неудовлетворительное», «катастрофическое». Каждому из этих классов соответствует свой диапазон изменения (предельное значение параметров) техногенных физических полей и свой уровень их синергетического воздействия.

Для оценки экологических последствий воздействия физических полей на экосистемы и человека в легенде даются четыре градации проявленности воздействия.

**Критерии оценки эколого-геофизического состояния территорий  
по экологически значимым воздействиям техногенных физических полей на человека и экосистемы**  
Масштаб 1 : 10000

Табл. 20

	Радиационное (мЗв/год)	Электромагнитное поле								Вибрационное (мм/с)	Акустическое (дБ)	Температурное (аномалии относительно фона $\Delta T^\circ$ )	Для человека			Для экосистем		
		Напряженность электрической составляющей (В/м)						лотность потока энергии (Вт/м <sup>2</sup> )	Напряженность магнитной составляющей (кА/м)				Проявленность воздействия	Общая экологическая оценка	Уровень общей заболеваемости (ОЗ)	Проявленность воздействия	Состояние экосистем	
		Электростат. Поле	50 Гц	Частоты (МГц)			ГГц											Частоты (МГц)
				0,06-3	3-30	30-300		3-300	0,06-1,5				30-50					
удовлетворительное	< 1	< 2 * 10 <sup>3</sup>	< 5 * 10 <sup>2</sup>	< 100	< 50	< 1	< 0,05	1-2	< 0-1	< 0,01	< 10	< 5	< 1	Практически не ощущаемо	Здоровье	Низкий	Практически не проявляется	Норма (Н)
условно-удовлетворительное	3-5	< 3 * 10 <sup>3</sup>	< 1 * 10 <sup>3</sup>	< 200	< 100	< 2,5	< 0,1	3-4	0,1-0,2	0,02-0,05	10-30	< 10	< 3	Слабоощутимый дискомфорт	Напряжение	Увеличение ОЗ	Обратимая адаптация фито- и биоценозов	Риск (Р)
неудовлетворительное	> 5	< 4 * 10 <sup>3</sup>	< 3 * 10 <sup>3</sup>	300-600	200-300		0,5	4-5	0,2-0,3	0,05-0,12	30-50	10-20	< 5	Ухудшение самочувствия	Утомление	Увеличение ОЗ, обострение хронических заболеваний	Наличие необратимых изменений фито- и биоценозов	Кризис (К)
катастрофическое	> 10	> 6 * 10 <sup>3</sup>	> 5 * 10 <sup>3</sup>	> 600	> 300	> 5	> 1	> 5	> 0,3	> 0,12	> 50	> 24	> 7	Резкое ухудшение самочувствия	Болезнь	Резкое увеличение ОЗ, заболевания детей	Дисадаптация фито- биоценозов	Бедствие (Б)
Виды заболеваний человека при воздействиях физических полей												Особенности деградации экосистем, связанные с влиянием физических полей						
Онкологические заболевания; лучевая болезнь	Снижение иммунитета, системные и нервные заболевания; нарушение работы сердечно-сосудистой системы; аварийный травматизм; заболевание мозга и органов зрения; заболевания бронхов и легких (в стадии изучения); неблагоприятные генетические последствия (в стадии изучения)								Заболевания вестибулярного аппарата, органы дыхания, поражение тканей, суставов; неврозы; вибрационная болезнь	Снижение слуха, невриты; нервные системные заболевания; снижение иммунитета	Онкологические заболевания; заболевание желез внутренней секреции; легочные, сердечно-сосудистые заболевания	Резкое увеличение общей заболеваемости; резкое увеличение всех видов заболеваний, вызываемых отдельными физическими полями	Необратимые нарушения биотического обмена, процессов метаболизма; мутации, патологические биотические процессы					

Для экосистем проявленность воздействия имеет следующие градации:

- «практически не проявляется»;
- «обратимая адаптация фито- и биоценозов»;
- «наличие необратимых изменений фито- и биоценозов»;
- «дизадаптация фито- и биоценозов».

Указанным градациям проявленности воздействия соответствуют оценки состояния биосистем: «норма», «риск», «кризис», «бедствие».

Для человека в легенде даются три отдельных оценки экологических последствий: проявленность физического воздействия; общая экологическая оценка состояния человека; уровень общей заболеваемости.

Проявленность воздействия имеет четыре градации:

- «практически неощутимо»;
- «слабо осязаемый дискомфорт»;
- «ухудшение самочувствия»;
- «резкое ухудшение самочувствия».

Указанным градациям проявленности соответствуют следующие общие экологические оценки состояния человека: «здоровье», «напряжение», «утомление», «болезнь».

Оценка уровня общей заболеваемости (ОЗ) предусматривает следующие градации: «низкий»; «увеличение ОЗ»; «обострение хронических заболеваний»; «резкое увеличение ОЗ, заболевания детей».

Для каждого из техногенных физических полей в легенде указываются виды заболеваний человека при превышении предельно допустимых уровней физического загрязнения. Приводится оценка особенностей заболеваний человека и деградаций экосистем при предельных уровнях синергетического воздействия техногенных полей.

На основании разработанных критериев оценки производится построение следующих типов тематических карт:

1. *Карты эколого-геофизических условий*, отображают пространственные распределения аномалий природных геофизических или техногенных физических полей, вызванных литосферными объектами или техногенными источниками и оказывающих экологически значимое воздействие на человека и экосистемы. Как правило, подобные карты должны содержать пространственные данные об особенностях заболеваний населения, а также о деградации экосистем конкретного региона.

Карты эколого-геофизических условий могут быть как синтетическими, если они отображают совокупность экологически значимых аномалий геофизических и физических полей различной природы, так и аналитическими, если они отображают экологически значимые аномалии одного физического поля (например, радиационного, вибрационного или электромагнитного) и его связь с состоянием биоты и здоровьем населения на изучаемой территории.

2. *Карты эколого-геофизического районирования*, отличающиеся от первого типа тем, что экологически значимые аномалии геофизических и

физических полей подразделяются на классы эколого-геофизического состояния территории. При этом используются конкретные критерии оценки экологически значимого воздействия природных геофизических или техногенных физических полей на состояние экосистем и здоровье человека. В легендах карт эколого-геофизического районирования помимо данных о ранжировании территорий по экологически значимым уровням физического воздействия (величинам геофизических аномалий) приводятся соответствующие им оценки экологических последствий воздействия физических полей на человека и экосистемы.

Карты эколого-геофизического районирования могут быть синтетическими и аналитическими в зависимости от того, используется ли вся совокупность изучаемых геофизических полей и последствий их воздействия или только одно поле, изучение которого представляет наибольший экологический интерес.

3. *Прогнозные эколого-геофизические карты*, которые отображают изменения эколого-геофизических условий изучаемой территории во времени. Как правило, такие карты строятся на основе данных эколого-геофизического мониторинга (режимных эколого-геофизических наблюдений) и отображают динамику техногенных физических (а иногда и естественных геофизических) полей, оказывающих экологически значимое воздействие на фито- и биоценозы, на здоровье человека. На синтетических картах этого типа отображается совокупность изменения экологически значимых аномалий геофизических и техногенных физических полей различной природы, а на аналитических – изменение какого-либо одного поля и соответствующие ему экологические последствия для биоты и человека. В отличие от карт эколого-геофизического районирования приводимые оценки экологической значимости (последствий физического воздействия) являются прогнозными.

4. *Рекомендательные эколого-геофизические карты* – могут содержать сведения, необходимые для рационального использования территории, защиты расположенных на ней природных и социальных объектов от экологически

опасных воздействий техногенных физических полей. По-видимому, такие карты должны быть синтетическими, т.е. использовать всю совокупность сведений о воздействии геофизических и физических полей на биоту и человека и непосредственно сопрягаться с данными других синтетических эколого-геофизических карт – геохимических, геодинамических, ресурсных.

### **Литература**

1. Богословский В.А. Критерии оценки эколого-геофизического состояния урбанизированных территорий // Новые типы инженерно-геологических и эколого-геологических карт. М., 2001. – С. 44-45.
2. Богословский В.А., Жигалин А.Д., Хмелевской В.К. Экологическая геофизика: уч. пособие. – М., 2000. – 256 с.
3. Богословский В.А., Хмелевской В.К., Жигалин А.Д. Проблемы построения прогнозных эколого-геофизических карт // Геофизика-2000. СПб., 2000. с. 649-651.
4. Вахромеев Г.С. Экологическая геофизика. Иркутск, 1995. – 186 с.
5. Кузнецов О.Л., Богословский В.А., Кузьмина Э.Н. Эколого-геофизические исследования Московского региона. М., 1995. – 92 с.
6. Огильви А.А. Основы инженерной геофизики: учебн. для вузов / под ред. В.А. Богословского. М., 1990. – 501 с.
7. Полевые методы гидрогеологических, инженерно-геологических, геокриологических и эколого-геологических исследований / Под ред. В.А. Королева, Г.И. Гордеевой, С.О. Гриневского, В.А. Богословского. – 2-е изд. М., 2000. – 352 с.

## Глава 9. Эколого-геофизический мониторинг

### 9.1. Общие принципы эколого-геофизического мониторинга

Эколого-геологический мониторинг, направленный на изучение аномалий природных и техногенных геофизических полей, оказывающих экологически значимое воздействие на состояние фитоценозов, биоты и здоровье человека, можно назвать *эколого-геофизическим мониторингом (ЭГФМ)*. При проведении ЭГФМ природных геофизических полей изучаются аномалии *ускорения силы тяжести, напряженность магнитного и электростатического полей, напряженности электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля, естественного электрического потенциала, скоростей распространения продольных и поперечных упругих волн, температуры, давления, мощности дозы радиоактивного излучения.*

Основой проведения ЭГФМ служат построения разномасштабных эколого-геофизических карт конкретных регионов и локальных территорий. ЭГФМ может являться составной частью ЭГМ, проводимого на этих территориях, поэтому его сеть и периодичность наблюдений должны соотноситься с соответствующими параметрами ЭГМ.

При проведении ЭГФМ техногенно обусловленных геофизических полей, помимо электромагнитных и магнитных аномалий изучаются также аномалии радиационного, теплового, акустического и вибрационного полей. Измерения указанных параметров могут проводиться в разных естественных средах и на различных уровнях по отношению к поверхности Земли, что делает геофизический мониторинг надежным и удобным средством получения экологической информации.

Организация системы ЭГФМ подразумевает многоуровневое *комплексирование геофизических методов* различной технологической основы –

дистанционных (аэрокосмических), наземных, водных и скважинных. Такого рода комплексирование позволяет охватить весь круг задач общего мониторинга и предусмотреть проведение специального мониторинга с определенными конкретными целями или на ключевых участках по более детальной, в сравнении с общим мониторингом, программе.

*Дистанционные технологии ЭГФМ* позволяют изучать особенности изменения природных геофизических полей крупных регионов под влиянием антропогенного воздействия, выявлять экологически значимые аномалии этих полей, обусловленные отдельными промышленными и сельскохозяйственными предприятиями, выявлять опасные источники физического загрязнения.

*Наземные и водные технологии ЭГФМ* включают комплексные режимные наблюдения на эталонных или ключевых участках территорий, на акваториях рек и озер, выполняемые в региональных или детальных масштабах. Целью наземного ЭГФМ является изучение воздействия аномалий природных и техногенных геофизических полей на состояние биоты и здоровье людей.

*Подземные технологии ЭГФМ* используют комплексные геофизические наблюдения в скважинах, шахтах и других горных выработках. Эти технологии позволяют решать широкий круг экогеофизических задач: дозиметрический контроль подземных разработок радиоактивного минерального сырья, мониторинг экологически опасного напряженно-деформированного состояния горных массивов, аномально высоких пластовых давлений, радонового загрязнения горных выработок; выявление опасных температурных, вибрационных, акустических, электромагнитных аномалий, вызывающих негативные последствия для работающих в горных выработках людей.

*Технология режимных наблюдений* при проведении ЭГФМ предполагает использование традиционной аппаратурной и приборной базы инженерно-гидрогеологической и экологической геофизики с добавлением специальных приборов для регистрации природных и техногенных геофизических полей. В

настоящее время существует большой комплекс лабораторного и полевого, стационарного и переносного оборудования и приборов, позволяющих проводить геофизические наблюдения на разных уровнях. Современное геофизическое оборудование гарантирует широкий спектр возможностей по изучению аномалий электромагнитного, магнитного, гравитационного, электрического, вибрационного, сейсмоакустического, температурного и радиационного полей. Однако следует заметить, что серийно производимые приборы и оборудование не всегда в полной мере соответствуют задачам ЭГФМ. Поэтому его аппаратная база находится в непрерывном развитии. В целом, комплект оборудования подбирается в соответствии с теми задачами мониторинга, которые выполняются конкретным комплексом геофизических методов и в зависимости от применяемых технологий мониторинга – дистанционных, наземных, аквальных и подземных.

Эколого-геофизический мониторинг представляет собой многофакторную и многосвязную структуру геофизических наблюдений за изменениями окружающей среды, влияющими на состояние биоты и здоровье человека и обусловленными действием внешних по отношению к Земле и внутренних природных сил, а также взаимодействием природных, природно-технических и технических систем. Важнейшей задачей эколого-геофизического мониторинга является контроль за геофизическими параметрами окружающей среды, непосредственно влияющими на человеческий организм (например, температура, барическое давление, сейсмичность и т.д.).

Общая классификация техногенных воздействий на литосферу представлена в табл. 21

Классификация техногенных воздействий на литосферу ( по В.Т. Фролову, Д. Г. Зилингу, 2002) табл 21

Класс и подкласс воздействия		Тип воздействия	Вид воздействия	Компоненты геологической среды*						Показатели воздействия, единицы измерения	Потенциальные источники воздействия	Экологические последствия воздействия
				П	Г	И	В	Р	Д			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Физическое воздействие	Механиче- ское воздействие	Уплотнение	Статическое (гравитационное)	П	Г	И				Давление, МПа Амплитуда, мм Частота, Гц Уд. Энергия, Вт/м <sup>2</sup>	Здания, сооружения  Вибромеханизмы Автотранспорт, катки Взрывы	Снижение комфортности проживания, вынужденная миграция ряда животных, трансформация биоценозов
			Виброуплотнение	П	Г	И			Д			
			Укатывание	П	Г	И			Д			
Трамбование	П		Г	И								
Взрывоуплотнение	П		Г	И			Д					
Разуплотнение	Статическая разгрузка  Динамическая разгрузка			Г	И			Р	Д	То же	Шахты, полости, котлованы  Взрывы	Изменения качества ресурса геологического пространства, снижение комфортности проживания
				Г	И			Р	Д			
Внутреннее разрушение массива	Бурение Дробление Фрезерование Откальвание Рытье, экскавация Взрывное разрушение Распахивание, культивация		Г	И						Глубина скважин, м Работа, Дж Мощность, Вт Уд. Энергия, Вт/м <sup>2</sup>	Буровые скважины Горные комбайны Горные выработки Карьеры, разрезы Шахты, штольни Взрывы Агротехническая деятельность	Снижение комфортности проживания, трансформация природных экосистем, изменение качества ресурса геологического пространства,
			Г	И								
			Г	И								
			Г	И								
		П	Г	И				Д				
			Г	И								
		П						Р				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
Физическое воздействие	Механическое воздействие	«Аккумуляция» рельефа	Отсыпка терриконов Отвалообразование Создание насыпей Создание дамб			И		Р	Д	Коэффициент измененности Уд. Энергия, Вт/м <sup>2</sup>	Шахты, рудники ТЭС, ТЭЦ, ГРЭС Комбинаты обогатительные Строительство	снижение минерально-сырьевого ресурса территории, трансформация плодородия почв			
		Планировка рельефа	Строительная планировка Дорожная планировка Рекультивация Террасирование склона	П	Г	И		Р	Д				То же	Строительство Объекты рекультивации Объекты милиорации	Улучшение качества ресурса геологического пространства, улучшение комфортности проживания
		«Эрозия» рельефа	Формирование выемок Рытье каналов, котлованов, разрезов Подрезка склонов Образование мульд проседания и опускания	П	Г	И		Р	Д						

Продолжение табл.21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Физическое воздействие	Гидромеханическое воздействие	Гидроаккумуляция рельефа	Гидронамыв дамб, плотин			И		Р	Д	-	Строительство ТЭЦ, ТЭС	Снижение и потеря ресурса геологического пространства
			Намыв золотоотвалов			И		Р	Д		Хвострохранилище	
			Намыв насыпей, массивов			И		Р	Д		Шламонакопители	
	Гидроэрозия рельефа	Гидроразмыв массивов		Г	И		Р	Д	-	Карьеры, разрезы Драги	Снижение и потеря ресурса геологического пространства. Снижение комфортности проживания, деградации ландшафта	
			Просадочно-суффuzionное воздействие	П	Г	И	В	Р		Д		Водозаборы, подземное выщелачивание
	Гидродинамическое воздействие	Повышение напора	Нагнетание, инъекция				В				Изменение напора, уровня влажности Уд. Энергия, Вт/м <sup>2</sup>	Закачки, сбросы Утечки, промстоки
Подтопление				Г	И	В		Д	Сельскохозяйственные поливы, гидромелиорация			
Орошение			П	Г	И	В		Д				
Снижение напора	Откачки Дренажное осушение		П	Г	И	В			Д	То же	Водозаборы Объекты мелиорации	Изменение качества ресурса геологического пространства и комфортности проживания
			П	Г	И	В		Д				

Продолжение табл.21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Физическое воздействие	Термическое воздействие	Нагревание	Кондуктивное (до 100 °С)	П	Г	И	В			Температура, термический градиент, град/м  Уд. Энергия, Вт/м <sup>2</sup>	Домны, ТЭЦ, АЭС, ТЭС, ГРЭС, горячие цеха  Подземная выплавка серы, газификация углей  Объекты технической мелиорации  Полигоны ТБО	Снижение комфортности проживания, трансформация биоценозов, потеря ресурса геологического пространства. Изменение качества геологического пространства
			Конвективное (до 100 °С)	П	Г	И	В					
			Обжиг (более 100 °С)	П	Г	И						
			Плавление		Г	И						
			Термическое упрочнение		Г	И						
			Биохимическое	П	Г	И	В					
Охлаждение	Кондуктивное		Г	И	В			То же	Холодильники Закачки растворов Объекты технической мелиорации	Изменение качества геологического пространства		
	Конвективное		Г	И	В							
	Замораживание	П	Г	И	В							
Электромагнитное воздействие	Стихийное	Наводка электрических полей		П	Г	И			Напряженность, В/см Плотность, А/м <sup>2</sup>	ЛЭП, линии железных дорог, метрополитен, линии трамваев, троллейбусов, электросети	Нарушение функций головного мозга и психики людей, разрушение их иммунной системы. Прямое воздействие на здоровье человека	
	Целенаправленная	Электрообработка Электроосмос Электролиз Электросиликатизация		П	Г	И	В			То же	Объекты технической мелиорации	Изменение качества ресурса геологического пространства

Продолжение табл.21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Радиационное воздействие	Загрязнение	Короткоживущее радионуклидное	П	Г	И	В			Радиактивность мР/ч, мР/ч-м <sup>2</sup> , Б/кг(л)	Ядерные взрывы Выбросы АЭС Склады радиоактивных веществ, АЭС, заводы по переработке радиоактивных веществ	Лучевая болезнь, онкология, трансформация биоценозов, изменение качества, длительная потеря ресурса геологического пространства
			Долгоживущее радионуклидное	П	Г	И	В					
Физико-химическое воздействие		Очистка (дезактивация)	Химическое	П	Г	И	В			То же	Объекты дезактивации и реабилитации	Улучшение качества ресурса геологического пространства
			Электрохимическое	П	Г	И						
			Биологическое	П	Г	И	В					
			Механическое	П	Г	И						
		Гидратное	Капиллярная конденсация	П	Г	И				Градиент влажности	Асфальтовые покрытия  Дренажные системы	Изменение качества ресурса геологического пространства
			Дегидратация (сушка)	П	Г	И						
		Кольматирование	Физическое	П	Г	И				Объем кольматации, м <sup>3</sup>	Объекты технической мелиорации	Улучшение качества ресурса геологического пространства
			Физико-химическое	П	Г	И						
		Выщелачивание	Прямое		Г	И	В			Уд. Энергия, Вт/м <sup>2</sup>	Объекты выщелачивания	Изменение качества ресурса геологического пространства, снижение минерально-сырьевого ресурса
			Диффузное		Г	И	В					
		Ионно-обменное	Солонцевание	П	Г	И				Емкость обмена мг-экв/100г	Мелиорация земель	Улучшение качества ресурса геологического пространства
			Собственно ионно-обменное	П	Г	И						

Продолжение табл.21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Химическое воздействие	Загрязнение	Фенольное, хлорфенольное	П	Г	И	В				Концентрация загрязнителя, мг/г, мг/м <sup>3</sup>	Химические фабрики	Повышение заболеваемости населения ноозологическими видами болезней. Деграация, возможная гибель живых организмов и флоры, потеря качества ресурса геологического пространства
		Нитратное	П	Г	И	В				Превышение ПДК	Фермы, поля орошения	
		Пестицидное	П	Г	И	В				Объемная скорость массопереноса, г/с-м <sup>2</sup>	Склады отходов	
		Гербицидное	П	Г	И	В					Сельскохозяйственная деятельность	
		Тяжелыми металлами	П	Г	И	В					Транспорт, выбросы АЗС, нефтехранилища	
		Углеводородное	П	Г	И	В					Кислотные дожди	
		Кислотное	П	Г	И	В					Предприятия, стоки	
		Щелочное	П	Г	И	В					Внесение удобрений, промстоки	
	Засоление	П	Г	И	В							
	Очистка	Нейтрализация	П	Г	И	В					То же	Мелиорация земель
Рассоление		П	Г	И	В							
Разбавление		П	Г	И	В							
Закрепление массивов	Цементация		Г	И						Объем закрепления, м <sup>3</sup>	Объекты технической мелиорации	Изменение качества ресурса геологического пространства
	Силикатизация		Г	И								
	Битумизация		Г	И								
	Смолизация		Г	И								
	Известкование и др.	П	Г	И								

Окончание табл.21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Биологическое воздействие	Загрязнение	Бактериологическое	П	Г	И	В				Превышение ПДК. Уд.Скорость переноса	Свалки ТБО Сельскохозяйственные фермы, склады Силосные ямы Канализация	Дискомфортность проживания населения, желудочно-инфекционные заболевания, долговременные потери качества ресурса геологического пространства
		Микробиологическое	П П	Г Г	И И	В В						
	Очистка	Стерилизация	П	Г	И	В				То же	Объекты очистки	Улучшение качества ресурса геологического пространства

\*компоненты геологической среды, на которые потенциально может передаваться данный вид техногенного воздействия: П-почвы; Г-горные породы; И-искусственные грунты; В-подземные воды; Р-рельеф; Д-геодинамические процессы.

## **9.2. Методика проведения эколого-геофизического мониторинга**

Организация системы эколого-геофизического мониторинга подразумевает более полное многоуровневое *комплексирование геофизических методов* – дистанционных (аэрокосмических), наземных, водных и скважинных. Такого рода комплексирование позволяет охватить весь круг задач общего мониторинга и предусмотреть проведение специального мониторинга с определенными конкретными целями или на ключевых участках по более детальной, в сравнении с общим мониторингом, программе.

В частности, *экогеофизический мониторинг с применением спутниковых технологий* позволяет прогнозировать изменение солнечной активности, магнитные бури, вариации гравитационного поля, обусловленные изменениями взаимного расположения небесных тел, состояние верхних слоев атмосферы Земли, тренд конфигурации и размеров озоновых дыр, колебания уровня космического облучения земной поверхности и т.п. Информация, получаемая спутниковой экогеофизикой, помогает познавать общие тенденции развития биосферы Земли, уточнять долгосрочные прогнозы погоды, прогнозировать качество радиосвязи, планировать агротехнические мероприятия, направленные на сохранение посевов и повышения урожайности полей, корректировать состояние диспансерных больных.

*Технологии подземного эколого-геофизического мониторинга* используют комплексные геофизические наблюдения в скважинах, шахтах и других горных выработках. Эти технологии позволяют решать широкий круг экогеофизических задач: дозиметрический контроль подземных разработок радиоактивного минерального сырья, мониторинг экологически опасных зон напряженно-деформированного состояния горных массивов, аномально высоких пластовых давлений, повышенной газоопасности горных выработок; слежение за путями подземной миграции и минерализацией сточных вод; поиск и слежение за состоянием пластов-экранов и коллекторов для захоронения токсичных

промышленных отходов, для создания подземных резервуаров под долговременное хранение нефтепродуктов, гелия и др. стратегических полезных ископаемых. Для решения этих и подобных задач широко используют арсенал каротажных исследований и геофизических методов интроскопии горных массивов.

Конфигурация наблюдательной сети при проведении *специального мониторинга* должна максимально отвечать целевым установкам и обеспечивать полноту сбора информации. Желательно, чтобы наблюдательная сеть, организованная для проведения специального мониторинга, входила как составная часть в сеть общего мониторинга при параллельном осуществлении мониторинга обоих рангов. При этом подразумевается создание определенного дополнительного числа станций или наблюдательных пунктов, что необходимо для детализации проводимых контрольных наблюдений.

*Особенность организации наблюдательной сети* в пределах урбанизированных территорий заключается в необходимости создания реперной сети для наблюдения за состоянием окружающей среды и инженерных сооружений, а также отдельных их компонентов и элементов

*Технология контрольных наблюдений* при проведении эколого-геофизического мониторинга ориентируется на использование традиционной аппаратной и приборной базы инженерно-геологической, гидрогеологической и экологической геофизики с добавлением специальных средств наблюдения за изменениями природных и техногенных геофизических полей.

Используются следующие схемы проведения наблюдений:

- непрерывные или равномерно распределенные во времени измерения, служащие для оценки характера протекания процессов, плавно меняющихся в течение продолжительных отрезков времени;
- измерения, проводимые в некоторые выбранные моменты времени; обычно это сезонные наблюдения, фиксирующие изменения экологической

обстановки в связи со сменой времен года, или циклы наблюдений, по-иному распределенные во времени и согласующиеся, например, с некоторыми природными процессами или с технологическими особенностями производства;

– нерегулярные измерения, время проведения которых заранее не фиксируется, а определяется сообразно решаемым задачам или обстановке; такой режим проведения геофизических измерений характерен по большей части для специального мониторинга, цель которого – выявление закономерностей протекания вполне определенных процессов и явлений или изучение обстановки на ограниченных по площади участках или на конкретных природных и технических объектах;

– измерения, проводимые в чрезвычайных случаях и имеющие целью установления закономерностей во взаимодействии компонентов природных и природно-технических систем в неординарных условиях.

### **9.3. Примеры практического эколого-геофизического эколого-геофизического мониторинга**

К настоящему времени еще не создана всеобъемлющая сеть эколого-геофизического мониторинга на глобальном и даже на территориальном уровне. Можно видеть лишь отдельные ее фрагменты на разных иерархических уровнях мониторинга от детального до глобального. Широко известны работы А.Л. Чижевского *по изучению влияния солнечной активности на состояние биосферы и здоровье населения*, которые можно рассматривать как первые попытки ретроспективного эколого-геофизического мониторинга [Чижевский, 1976]. Геофизические методы широко применяются в *гидрометеорологических наблюдениях*, при изучении переноса загрязняющих веществ атмосферными и океаническими течениями. В полном объеме осуществляется геофизический и по сути своей *экологический мониторинг аварийного блока Чернобыльской атомной электростанции*.

Мониторинг радиационного загрязнения является одной из важнейших составляющих экологического мониторинга окружающей среды. Как известно, дозы излучения, вызванные распадом атомов нестабильных изотопов (радионуклидов), превышающие предельно допустимые, вызывают необратимые повреждения тканей и живых организмов, изменяют физиологические процессы биоты. Для человека непосредственное поражение клеток кровеносных сосудов, косного мозга, репродуктивных органов и органов зрения имеют место при поглощенных дозах излучения (количество энергии излучения, поглощенное единицей массы облучаемого тела), не превышающих 3-10Гр (Грей; 1Гр = 1Дж/кг). Малые дозы радиоактивного излучения приводят к негативным генетическим и соматическим последствиям, к возрастанию числа онкологических заболеваний, к генетическим нарушениям.

Как правило, при организации локального и детального радиационного мониторинга на урбанизированных территориях предусматривается выполнение режимных наблюдений, дающих возможность установить пространственно-временную динамику загрязнения и изменение его уровня в юридически обоснованных нормативах. При этом отдельно рассматриваются территории общего пользования (жилые массивы, улицы, рекреационные зоны) и территории с ограниченным доступом (промышленные предприятия, общественные здания и учреждения, больницы и т.п.). Такое разделение позволяет более дифференцированно выбрать расположение и плотность сети наблюдений (от детальной площадной и профильной съемок до наблюдений в отдельных фиксированных точках), а также установить необходимые временные интервалы радиационных измерений или пробоотбора.

Примером успешного применения детального радиационного мониторинга для изучения техногенного радиоактивного загрязнения рекреационных территорий являются работы, выполненные в районе г. Ухта. Более четверти века в этом районе из высокоактивных подземных вод

добывался радий. Его извлечение велось с нарушениями правил радиационной безопасности, что способствовало радиоактивному загрязнению территории вдоль берегов рек Ухта и Чуть. Ныне здесь построены базы отдыха, дачные участки, расположены места рекреаций. Поэтому для контроля радиационной обстановки и его влияние на природную среду был организован радиационный мониторинг наиболее посещаемых мест территории. Осуществлялась детальная пешеходная гамма-спектрометрическая съемка по закрепленным профилям и отбор проб на содержание радионуклидов из выявленных аномальных зон. Было обнаружено значительное число узколокальных (до 1-2 м в диаметре) радиоактивных пятен с превышением естественного фона в сотни, а в отдельных местах – в тысячи раз. По данным лабораторных анализов проб было установлено, что их радиоактивность обусловлена преимущественно повышенным содержанием радия. В ряде мест были зафиксированы концентрации, на несколько порядков превышающие ПДК. По данным мониторинга составлялись карты-схемы радиационного загрязнения, используемые для дезактивационных работ.

Специфическим видом радиационного мониторинга является *радоновый мониторинг* (слежение и оценка изменения концентрации радона внутри помещений). Радон – радиоактивный газ, продукты распада которого попадают в организм вместе с вдыхаемым воздухом, представляет значительную опасность для здоровья человека. Радон может накапливаться в жилых и производственных помещениях при пользовании газом, водопроводом; он может проникать через полы, фундаменты, стены из горных пород. При выполнении мониторинга концентрации радона используются методы пробоотбора воздуха, в определенные промежутки времени. При этом измеряются либо накопленная во времени доза альфа-излучения радона и продуктов его распада, либо «мгновенная» концентрация радона в больших объемах анализируемого воздуха. Соответственно применяются либо

специальные детекторы содержания радона – при пассивном пробоотборе, либо различные эманометры, реализующие способ активного пробоотбора. Единицей измерения радиоактивности воздуха служит Бк/л, равная одному распаду в секунду в одном литре анализируемого воздуха. Величина ПДК радона для персонала, связанного с радиоактивным производством (категория А), составляет 1,11 Бк/л, а для населения (категория Б) – 0,037 Бк/л. Методика радоновых съемок чаще всего сводится к так называемым экранированным измерениям, т.е. к определению концентрации радона в самом небольшом по объему закрытом помещении нижнего этажа инспектируемого здания. Это дает информацию о максимальной концентрации радона, воздействию которой могут подвергаться обитатели здания. Если результат экранированного эксперимента не превышает ПДК, необходимость в дополнительных контрольных измерениях исключается. В противном случае необходимо продолжить измерения содержания радона в других помещениях здания для принятия немедленного и обоснованного решения о целесообразности его дальнейшей эксплуатации.

Примером мониторинга радоновой опасности могут служить исследования, проводимые в течение ряда лет в г. Биробиджане. Измерения в подвалах и подъездах жилых домов показали, что в центральной части города более четверти обследованных помещений характеризуются повышенным содержанием радона. Первоначально предполагалось, что радоновое загрязнение обусловлено состоянием фундаментов зданий и особенностями их эксплуатации, однако анализ многолетних данных позволил прийти к выводу о приуроченности мест выхода радона к сети активных разломов и ослабленных зон верхней части литосферного пространства. Оказалось, что эти разломы и, в особенности, узлы их пересечений, могут эффективно влиять на миграцию и вторичную концентрацию радона. Поэтому априорные данные о

местоположении разломов необходимо учитывать при организации радонового мониторинга и выборе сети наблюдений.

*Мониторинг вибрационного загрязнения.* Вибрация является одним из основных физических факторов, определяющих экологическую обстановку в городских поселениях. В особой мере это относится к городам с развитым промышленным производством и густой сетью автомобильных и железнодорожных транспортных магистралей, которые и являются *основными источниками так называемой бытовой вибрации*. С физических позиций вибрация представляет собой механические колебания частиц грунта или инженерных конструкций, вызываемые действием различных источников. Частотный диапазон виброколебаний составляет полосу частот от 4-7 до 200 Гц. С экологических позиций *наиболее существенными являются виброколебания низких и инфранизких частот (4-10 Гц), поскольку оказывают прямое воздействие на отдельные внутренние органы человека.*

### **Литература**

1. Богословский В.А., Жигалин А.Д., Хмелевской В.К. *Экологическая геофизика: уч. пособие.* – М., 2000. – 256 с.
2. Вахромеев Г.С. *Экологическая геофизика.* Иркутск, 1995. – 186 с.
3. Огильви А.А. *Основы инженерной геофизики: учебник для вузов / под ред. В.А. Богословского.* М., 1990. – 501 с.
4. Богословский В.А., Вахромеев Г.С. *Модели воздействия физических и геофизических полей на геологическую среду и живые организмы // Геоэкология, 2000, №1. С. 39-45.*
5. Богословский В.А., Жигалин А.Д., Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. *Геофизические аспекты исследований экологических функций литосферы // Вестник Моск. ун-та, сер. 4. Геология, 1999, №1. С. 59-64.*

## **Глава 10. Комплексование эколого-геохимических и эколого-геофизических методов исследований**

### **10.1. Примеры комплексных исследований**

Совместное применение геохимических и геофизических методов позволяет повысить информативность эколого-геологических исследований, существенно сократить время и объем их проведения, снизить стоимость наблюдений. Геофизические и геохимические исследования могут выполняться с поверхности земли, в пределах акваторий поверхностных водоемов и в скважинах. Примером подобных комплексных наземных и аквальных геофизических и геохимических исследований являются наблюдения вблизи бассейнов-отстойников очистных сооружений.

Целью проводимых исследований является изучение условий загрязнения подземных и поверхностных вод, прослеживание лент тока загрязненных вод в толще водопроницаемых аллювиальных отложений и определение мест их разгрузки в русло реки, прогноз их влияния на водные экосистемы.

При значительных утечках сточных вод из бассейнов-отстойников поток их будет искажать природное поле фильтрации грунтовых вод, для которых река является естественной дренажной, и формировать водотоки, транспортирующие загрязненную воду от бассейнов очистных сооружений к месту их разгрузки в русло реки. В зонах разгрузки будут наблюдаться устойчивые техногенные аномалии геохимических полей.

Определение участков разгрузки и трассирование лент тока загрязненных подземных вод осуществляется комплексом аквальных и наземных геофизических методов. Геохимическая «заверка» геофизических аномалий выполняется с помощью отбора проб для последующего лабораторного анализа.

Аквальный комплекс включает водную модификацию метода естественного электрического поля (ЕП), метод придонной резистивиметрии (РМ) и термометрию придонных отложений (ТМ), объединенных под общим названием "руслевая геофизика". Наземные наблюдения осуществляются методом сопротивлений с помощью установок симметричного электропрофилирования на переменном токе низкой частоты или на постоянном токе.

Использование метода ЕП, с целью выявления участков разгрузки загрязненных подземных вод, сводится к выявлению аномалий потенциала естественного электрического поля, формирующихся при фильтрации воды через проницаемые участки в дне реки. Величина электрического фильтрационного потенциала в проницаемой среде определяется характером смещения подвижной части двойного электрического слоя на контакте твердой и жидкой фаз. При этом в направлении движения фильтрационного потока происходит вынос положительных ионов, тогда как отрицательные ионы остаются, удерживаемые положительными ионами твердой фазы. Таким образом, места водопритоков (разгрузки) отображаются положительными аномалиями потенциала естественного электрического поля.

Применение резистивиметрии и термометрии для выявления участков разгрузки загрязненных вод основано на отличии их удельного электрического сопротивления и температуры от аналогичных параметров речной воды. Загрязненные воды очистных сооружений, как правило, имеют более высокую по сравнению с речной водой минерализацию и температуру (в летнее время). В этой связи места их разгрузки отображаются уменьшением удельного электрического сопротивления и увеличением температуры воды по сравнению с фоновыми значениями этих параметров.

Повышенная минерализация загрязненных подземных вод приводит к уменьшению удельного электрического сопротивления водопроводящих пород. Поэтому ленты тока из очистных сооружений могут выделяться в виде

аномалий пониженных значений кажущегося сопротивления на графиках электропрофилирования, выполняемого вдоль поймы реки вкрест предполагаемому направлению фильтрации

*А. Аквазные исследования методами ЕП, резистивиметрии, придонной термометрии.*

Измерения в методе ЕП осуществляются с использованием серийной электроразведочной аппаратуры (приборы АЭ-72, «Эра», ИКИ или их аналоги) и неполяризуемых электродов, конструкция которых была разработана на кафедре геофизики Геологического факультета МГУ (рис. 10). Перечисленная измерительная аппаратура универсальна и позволяет измерять разность потенциалов в диапазоне от 0.01 до 1000 мВ.

При работе с прибором АЭ-72 проводятся отдельные измерения разности потенциалов  $U$  и силы тока  $I$ , а величина удельного электрического сопротивления воды  $R_B$  вычисляется по формуле закона Ома:

$$R_B = K * U/I$$

В этой формуле  $K$  - коэффициент резистивиметра, величина которого зависит от его конструкции.

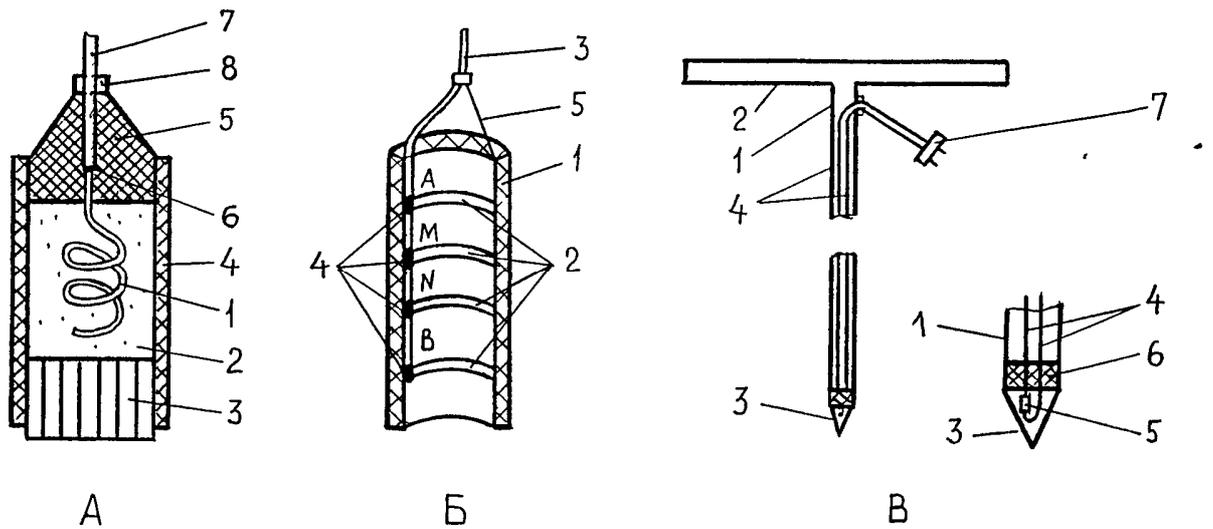
Измерение температуры придонного слоя грунта проводится с использованием специальных датчиков, сконструированных на базе терморезисторов, смонтированных на длинных штангах, позволяющих углублять датчики в грунт на глубину до 0.5 м (рис. 11). Датчики соединяются проводами с регистрирующими приборами.

В качестве регистратора могут быть использованы приборы типа ЭТП-М, УЭТ или ТЭТ, позволяющие измерять температуру с точностью до 0.1 град. С, а также мосты для измерения электрических сопротивлений.

Перед началом наблюдений на участке работ прокладывается профиль вдоль самого берега реки с расстоянием между, пикетами 10 м. При необходимости

детализации в окрестностях выделенных в процессе работы аномалий, шаг наблюдений может быть уменьшен до 2.5-5.0 м. Измерения осуществляются в русле реки вблизи уреза воды. Датчики измерительной аппаратуры размещаются на каждом пикете в одном месте. При этом температурный датчик заглубляется в дно на 0.05-0.10 м, а резистивиметр и подвижный электрод М укладываются на дно реки. Все измерения проводятся одновременно или с небольшими временными интервалами. Следует иметь в виду, что использование в методе резистивиметрии прибора АЭ-72 может создавать электрические помехи при измерении потенциала ЕП. Чтобы избежать этого, не следует проводить измерения потенциала ЕП в момент включения автокомпенсатора.

При наблюдениях методом ЕП осуществляются измерения потенциала естественного электрического поля. При этом один электрод N устанавливается в воде в начале профиля (на пикете 0) и остается неподвижным в течение всего процесса измерений. Другой электрод М перемещается вдоль профиля. Для измерения величины потенциала оба электрода подсоединяются к прибору: электрод М - непосредственно к клемме М прибора, электрод N - через удлинительный провод, намотанный на катушку и разматываемый по мере продвижения вдоль профиля. Перед началом работы методом ЕП и по окончании ее необходимо измерить так называемую "собственную электродную разность потенциалов"  $U_{MN}$  между электродами М и N, поместив их рядом на ПК 0. Это необходимо делать для того, чтобы скомпенсировать возможные плавные изменения поляризации электродов.



А - неполяризующийся электрод:

1 - медный проводник в виде спирали; 2 - раствор медного купороса; 3 - пористая деревянная пробка; 4 - корпус электрода; 5 - резиновая пробка; 6 - место соединения кабеля и медного проводника; 7 - кабель; 8 - крепеж

Б - резистивиметр:

1 - пластмассовый корпус; 2 - электроды в виде колец из латуни; 3 - кабель; 4 - места присоединения электродов к кабелю; 5 - крепеж резистивиметра

В - датчик температуры придонных отложений:

1 - стальная труба; 2 - рукоятка; 3 - контейнер из латуни или бронзы; 4 - подводящие провода; 5 - терморезистор; 6 - термогермоизолятор; 7 - вилка для подключения к измерительному прибору

Рис. 10. Конструкция геофизических датчиков.

Измерение удельного электрического сопротивления воды проводится при погруженном в воду резистивиметре. Кольцевые электроды при этом должны находиться в придонном слое воды толщиной 0.05-0.10 м. Допускается опускание резистивиметра непосредственно на дно, но при этом следует следить за чистотой датчика, поскольку внутри его корпуса может скапливаться песок, ил и т.п., что приводит к снижению точности измерений.



- ⊙ N - неподвижный электрод в методе ЕП
- ⊙ M - подвижный электрод в методе ЕП
- TM - термодатчик
- ⊙ PM - резистивиметр

Рис. 11. Расположение геофизических датчиков в русле реки при определении участков разгрузки подземных вод.

Измерение температуры осуществляется в придонном слое грунта. С этой целью датчик заглубляется в дно на 0.10-0.30 м. Учитывая некоторую инерционность температурного датчика, измерения температуры на каждой точке следует начинать спустя 2-3 минуты после установки измерительного устройства.

При обработке результатов термометрии определяется температура придонных осадков. Если при измерении температуры используются ртутные или терморезисторные датчики, температура донных отложений определяется непосредственно в процессе работы на профиле. В том случае, если в качестве измерителя используется мост или иное устройство, требующее калибровки измеряемой величины по температуре, то во время камеральной обработке

определяются истинные или приведенные значения температуры  $T_{\text{прв}}$ . Для этого используются эмпирические графики зависимости сопротивления терморезистора  $R$  от температуры  $T$  (рис. 12).

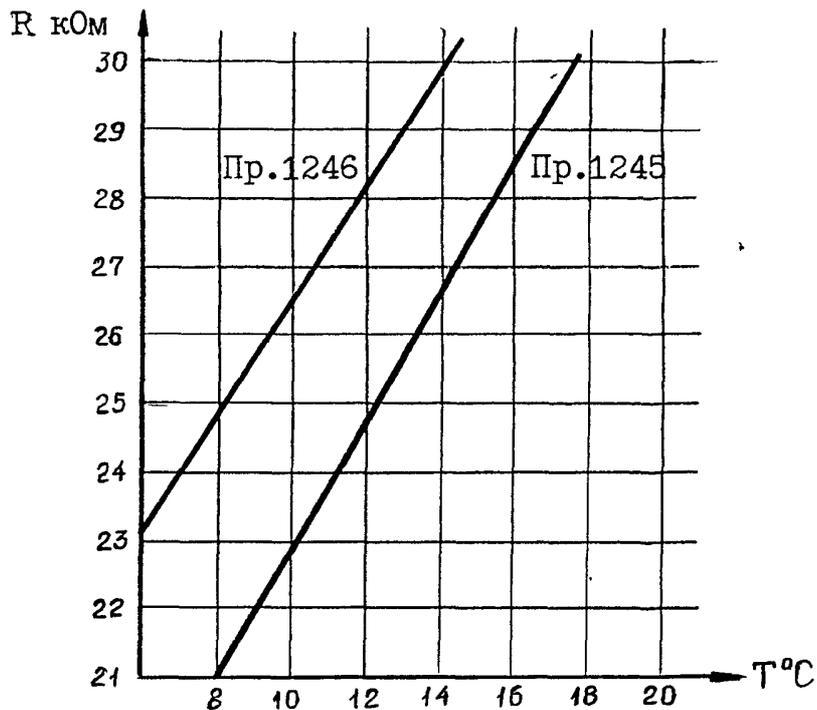
### *Б. Наземные исследования методом электропрофилирования*

Электропрофилирование проводится симметричной четырехэлектродной установкой АМНВ. В качестве измерительного прибора используется комплект аппаратуры низкой частоты (АНЧ-3, «Эра», ИКИ). Преимуществом использования низкочастотной аппаратуры является возможность работать в условиях интенсивных промышленных электрических помех. Для заземлений используются стальные (токовые) и латунные (потенциальные) электроды. При работе с низкочастотной аппаратурой латунные электроды можно заменить стальными, поскольку использование переменного тока низкой частоты исключает поляризацию потенциальных электродов, наблюдающуюся при работе с постоянным током.

Электропрофилирование проводится на участке между очистными сооружениями и берегом реки по профилям, ориентированным параллельно береговой линии реки. Установка при работе перемещается вдоль профилей с шагом 5 м. Все геофизические профили, аквальные и наземные, увязываются между собой. Измеренные значения потенциала ЕП, удельного электрического сопротивления воды и температуры придонных отложений заносятся в соответствующие графы журнала геофизических наблюдений. Там же должны быть и результаты электропрофилирования по обоим наземным профилям.

Полученные приведенные значения геофизических параметров используются для построения графиков их изменения вдоль линии профиля. Все графики приведенного значения потенциала ЕП, удельного электрического сопротивления воды, температуры придонных отложений и кажущегося сопротивления пойменных отложений строятся в одной системе координат. На

оси абсцисс указываются номера пикетов, а на оси ординат в соответствующих масштабах указываются величины потенциала ЕП в милливольтгах, удельного электрического сопротивления воды и кажущегося сопротивления пойменных отложений в Омм и температуры донных отложений в градусах Цельсия. Интерпретация результатов геофизических наблюдений осуществляется комплексно с учетом данных каждого метода. При сопоставлении результатов наземных и аквальных наблюдений необходимо учитывать пространственную корреляцию геофизических аномалий между собой, а также их соотношение с местоположением очистных сооружений.



1245 и 1246 - номера измерительных приборов

Рис. 12. Тарировочные графики для определения абсолютных значений температуры  $T_{\text{прв}}$ .

Зоны разгрузки загрязненных вод отмечаются положительными аномалиями значений потенциала относительно фонового уровня, выделяемыми на основании критерия

$$U_a \geq U_{\text{фон}} + 3 \cdot \sqrt{D},$$

где  $D$  - общая дисперсия, определяемая по формуле

$$D = 1/(n-1) \cdot \sum_1^n (U_{\text{прв}1} - U_{\text{прв}})^2,$$

где  $n$  - число измерений.

Фоновое значение  $U_{\text{фон}}$  потенциала ЕП определяется как средняя алгебраическая величина приведенных значений потенциала вдоль профиля во всех точках, за исключением аномальных

$$U_{\text{фон}} = (U_{\text{прв}1} + U_{\text{прв}2} + U_{\text{прв}3} + \dots + U_{\text{прв}N})/N.$$

При разгрузке загрязненных подземных вод, характеризующихся повышенной минерализацией и более высокой температурой, чем вода в реке, положительным аномалиям потенциала ЕП будут соответствовать зоны пониженных значений удельного электрического сопротивления воды и повышенных значений температуры донных отложений.

Графики  $U_{\text{прв}}$ , УЭС воды и  $T$  вычерчиваются над абрисом русла реки. Местоположение выявленных по результатам геофизических исследований участков разгрузки загрязненных подземных вод, указывается непосредственно на абрисе русла реки. При анализе результатов "русловой геофизики" необходимо учитывать то обстоятельство, что боковая разгрузка техногенных вод может происходить на фоне мощной вертикальной региональной разгрузки подземных вод, которые летом имеют значительно меньшую, чем поверхностные воды, температуру, но более высокую минерализацию. Графики  $R_k$  по данным электропрофилирования вычерчиваются с учетом их планового положения на местности между очистными сооружениями и берегом реки.

Ленты тока загрязненных вод, фильтрующихся из очистных сооружений, трассируются по участкам, отмечаемым пониженными значениями величины кажущегося сопротивления на графиках р.к. Независимые данные для контроля результатов геофизических наблюдений могут быть получены проведением гидрогеохимического опробования посредством отбора проб воды на участке геофизического профиля. Образец оформления результатов геофизических наблюдений приведен на рис. 13.

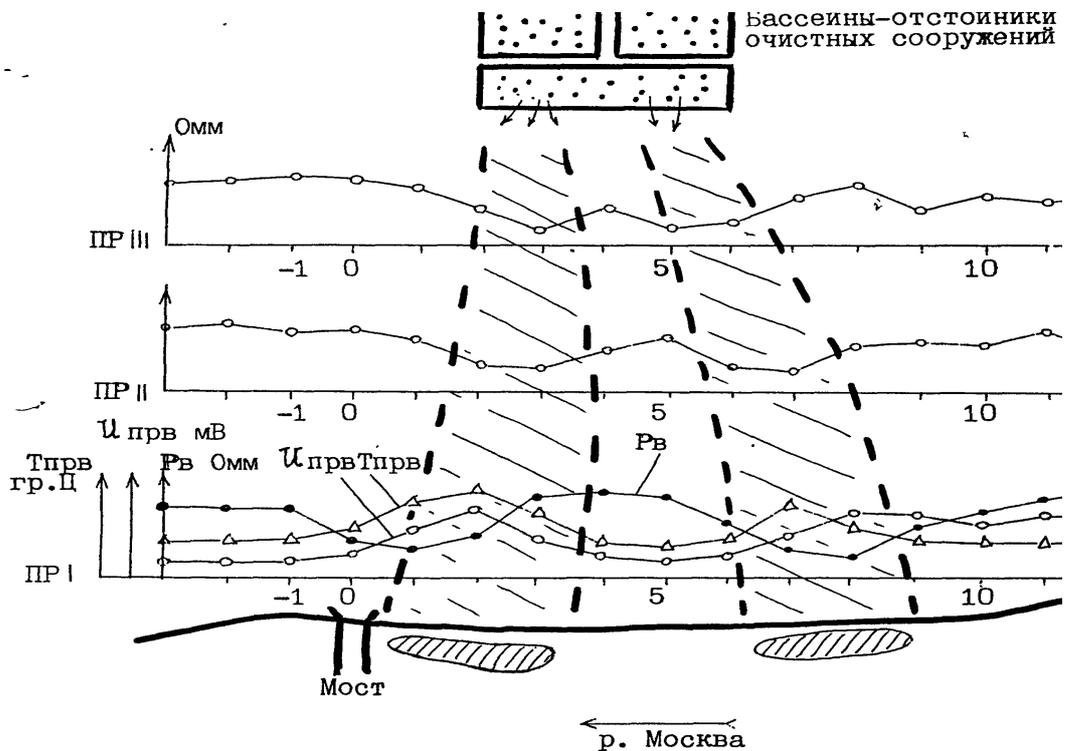


Рис. 13. Представление результатов наземных и аквальных геофизических наблюдений вблизи очистных сооружений

PP I	профиль наблюдений методами "русловой геофизики" вдоль русла реки
PP II, III	профили наблюдений методом электропрофилеирования
⊙ N	местоположение неподвижного электрода при работе методом ЕП в русле реки
	загрязненные ленты тока, выделяемые по данным электропрофилеирования

### 10.2. Комплексная интерпретация данных

*Комплексная интерпретация является заключительным этапом эколого-геохимических и геофизических исследований и основывается на пометодной интерпретации.* Она может выступать и как самостоятельный вид работ, например, при выполнении экологически направленной переинтерпретации материалов геохимических и геофизических исследований, полученных при решении различных геологических задач.

*Целью комплексной интерпретации* является получение максимальной полезной информации об исследуемых объектах. При этом осуществляется совместный анализ результатов эколого-геохимических и геофизических исследований. Полученный результат обычно проверяется по данным независимых эколого-геохимических, геоэкологических, медицинских исследований и при необходимости уточняется.

При проведении *количественной комплексной интерпретации* данных различных методов используются *вероятностно-статистические (стохастические)* способы решения обратных задач. Эти способы достаточно разнообразны. В основе одних лежат логические приемы распознавания образов, других - регрессионный и корреляционный анализ, третьих - расчет коэффициента правдоподобия или комплексных показателей, обобщающих многомерные и разнометодные данные [Никитин, 1986].

Во всех этих способах *реализуется принцип аналогии.* Интерпретация выполняется путем модельного подхода. При этом производится разделение всех изучаемых эколого-геологических, эколого-геохимических и эколого-геофизических объектов на заранее *заданное число классов*, для каждого из которых имеется свой эталон сравнения, параметры которых выступают в качестве признаков, описывающих строение и свойства массивов горных пород природных и техногенных объектов. Эталоны служат для количественной

характеристики или качественного выделения изучаемых объектов по совокупности признаков. Различают *числовые и логические признаки*. Первые характеризуются метрикой, когда (например, в случае линейной метрики) различия между двумя признаками определяются разностью этих значений или разностью их логарифмов. Логические признаки не обладают метрикой. Различие между двумя значениями логического признака равно 0 при их совпадении и равно 1 при их несовпадении. Логический признак может быть многозначным (иметь вес) или двужначным, соответствующим значениям «да» и «нет».

При выполнении комплексной интерпретации оценка числа классов, изучаемых природных и техногенных объектов и необходимого для их характеристики числа рабочих эталонов, производится по данным априорных представлений об эколого-геохимической или эколого-геофизической обстановках изучаемой территории.

Так, в экологической геофизике весьма эффективны методы комплексной интерпретации разномасштабных данных, полученных на различных *уровнях исследования: космос - воздух - земля - скважина - образец*. Перспективным является использование новой информационной технологии, получившей название *интегрированного системного анализа* [Кузнецов, Никитин, 1992].

Структуру интегрированного системного анализа (ИСА) можно проиллюстрировать на примере его использования для построения прогнозных эколого-геофизических и эколого-геохимических карт. Основными методологическими принципами ИСА являются:

- анализ общих принципов организации геологического, геофизического и геохимического пространства;
- использование общих черт и особенные черты геофизических и геохимических полей и параметров;
- выявление механизма передачи информации с глубины на поверхность;

- выявление физико-химической «памяти» горных пород;
- использование пространственной, энергетической и временной иерархии геопроцессов.

Важнейшим элементом технологии ИСА геолого-геофизической, геохимической и геоэкологической информации является *математическое моделирование*. Так, например, при изучении *эколого-геологической обстановки урбанизированных территорий* моделируются: основные особенности геологического, тектонического и гидрогеологического строения региона; условия возникновения и распределения по площади экзогенных геологических и экологически опасных (техногенных) процессов; пространственное распределение техногенного загрязнения; физические поля над возмущающими объектами заданной формы, размеров и свойств, в слоистой и однородной вмещающей среде; слабопроявленные в геофизических полях геологические объекты, связанные с эмерджентными свойствами литосферного пространства и представляющие потенциальную экологическую опасность.

В качестве исходных данных для проведения экологически направленной интерпретации используется информация, полученная на изучаемой территории или конкретном объекте геофизическими, геохимическими и геоэкологическими методами различных технологий: дистанционными, наземными, скважинными и подземными. Как правило, привлекаются *разномасштабные данные*, поэтому чрезвычайно важно для их пространственной организации использовать результаты дистанционных съемок, обладающих наибольшей площадной плотностью информации. В частности, при изучении параметров пространственного загрязнения верхних слоев литосферы могут быть использованы данные геологических, геохимических, гидрогеологических, инженерно-геологических, структурно-морфологических съемок; результаты бурения и скважинных геофизических исследований; данные разнометодных, наземных и аквальных геофизических работ. Обязательным условием экологически направленной пе-

реинтерпретации является использование результатов дешифрирования дистанционной информации. Большой вклад в истолкование получаемой информации могут внести данные эколого-геохимических, биоэкологических и медико-экологических исследований.

Особый интерес при экологически направленной интерпретации имеют методы *построения многофакторных моделей* литосферного пространства, экологически значимых природных и техногенных объектов, зон техногенного загрязнения [Кузнецов и др.,1995]. Здесь данные многоуровневых исследований и методы ИСА дают возможность оценить пространственные размеры, форму, физические свойства изучаемых объектов. При наличии сведений о вероятностной контрастности физических свойств изучаемых объектов и создаваемых ими геохимических и геофизических аномалий, а также при наличии экологических и медицинских данных о воздействии этих аномалий на окружающую среду и живые организмы, могут быть сформированы параметры физико-геоэкологических моделей.

### **Литература**

1. *Инструкция по составлению и подготовке к изданию листов государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1 : 200 000.*- М.,Гос ком недр, 1995. – 244 с.
2. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г., - *Инженерная геология и экологическая геология: теоретико-методологические основы и взаимоотношения.* – М.:МГУ. 1999.-120с.
3. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. *Экологическая геология. Учебник.* – М., 2002. – 415 с.
4. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г., Барабошкина Т.А., Харкина М.А., *Эколого-геологические карты.: Учебное пособие /Под ред. В.Т.Трофимова,* – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2002. - 132с.

## Глава 11. Задачи

### **Задача 1. Оценочное эколого-геохимическое картирование территории некоторых районов КМА**

Задача эколого-геохимического районирования территории решается в несколько этапов. На первом этапе проводится оценочное картирование состояния почв; на втором – состояние подземных вод; на третьем – анализ проявленности геофизических аномалий; на четвертом – оценка распространения био-геохимических аномалий. В заключении проводится построение комплексной эколого-геохимической карты. Выделение таксонов осуществляется на основе существующих методических подходов.

#### *А. Оценка состояния почвенных отложений.*

Проводится для выделения ореолов техногенного загрязнения и природных аномалий на примере района Курской магнитной аномалии. Исходным материалом являются данные лабораторных анализов, сведенные в таблицы, а также карты геохимического опробования масштаба 1: 50 000, приведенные на рис. 14 -:- 21. Работа выполняется в индивидуальном порядке, всего разработано 30 вариантов заданий (табл.22, рис 14-21).

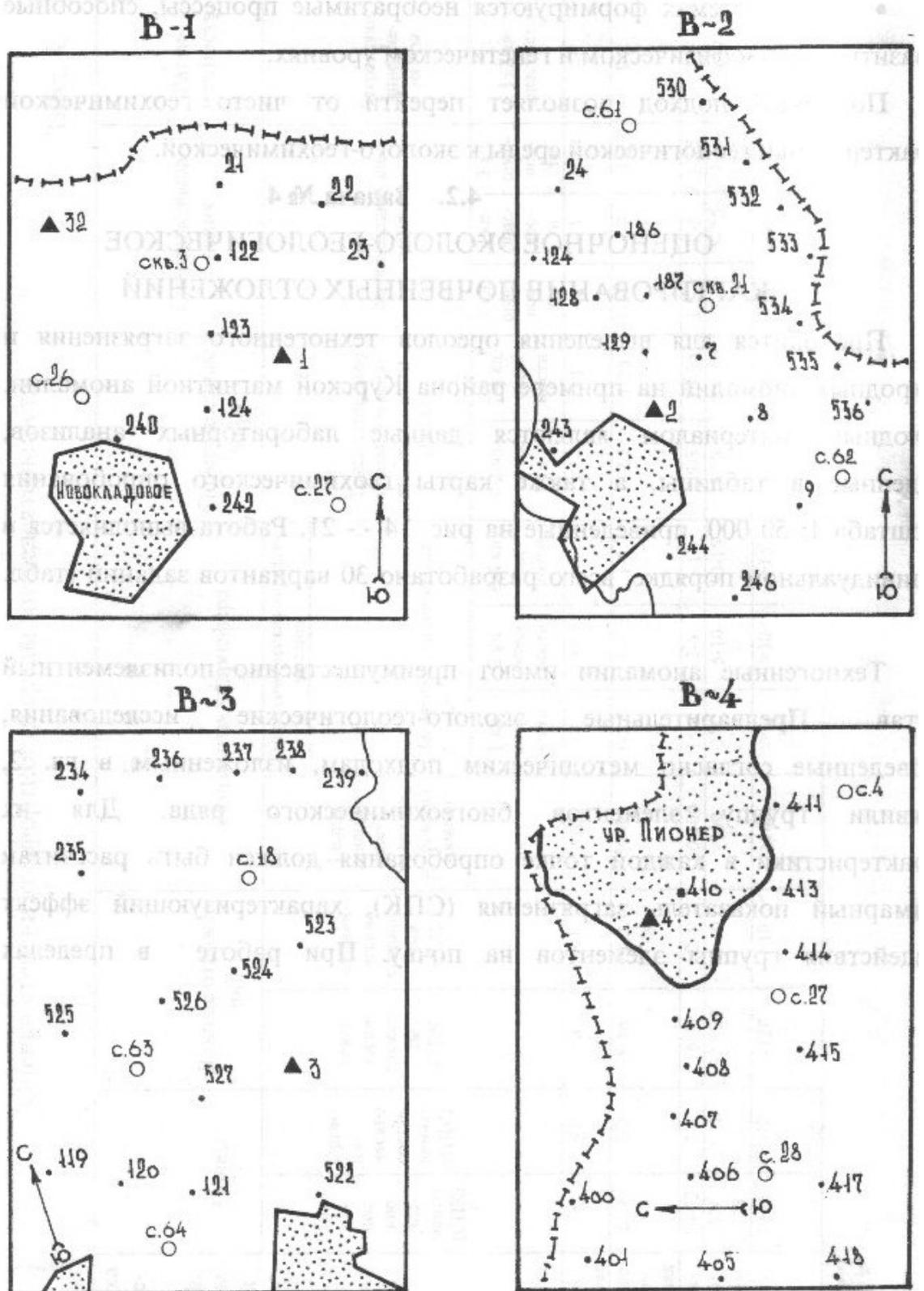


Рис 14 вариант 1-4

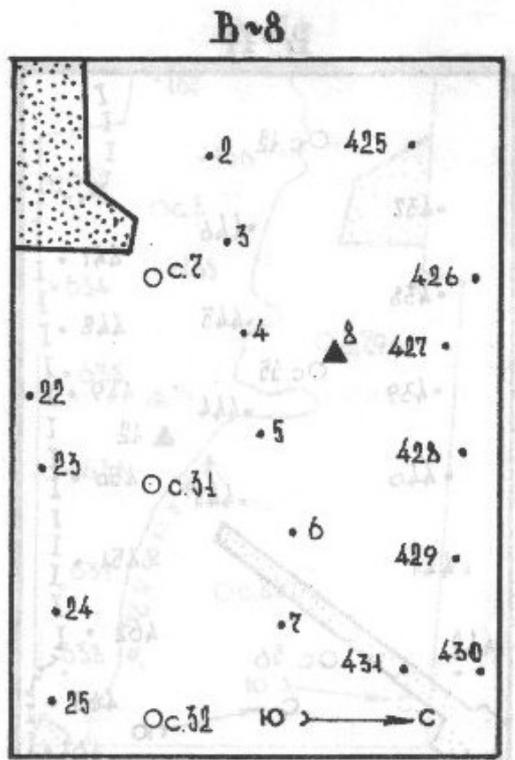
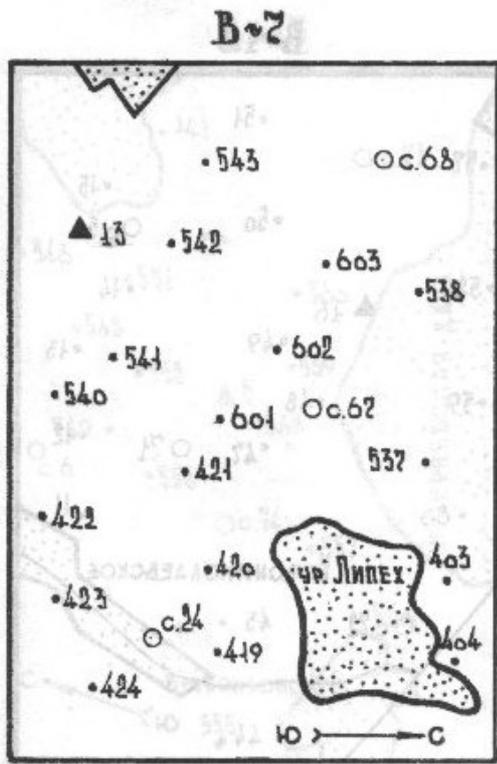
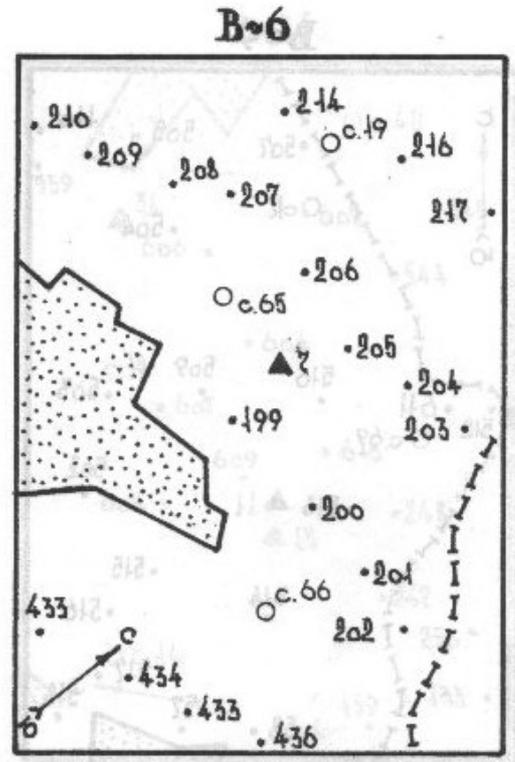
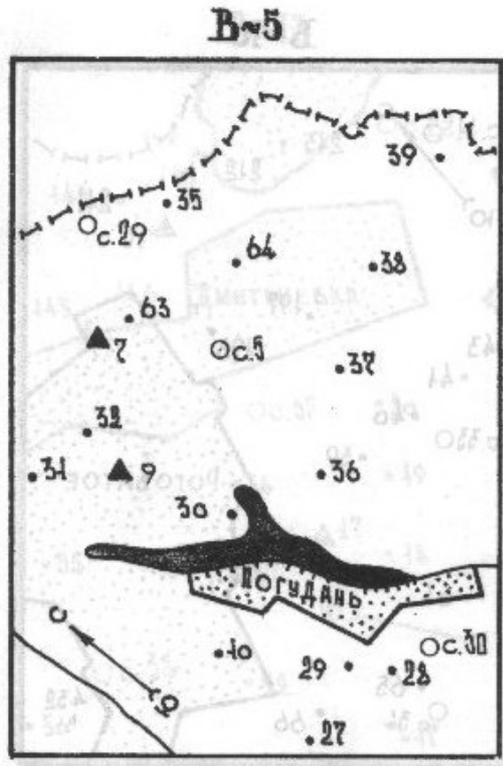


Рис 15 вариант 5-8

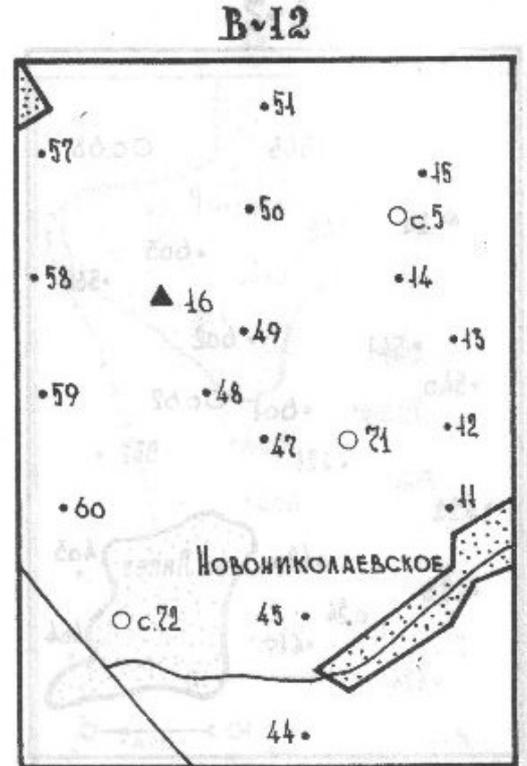
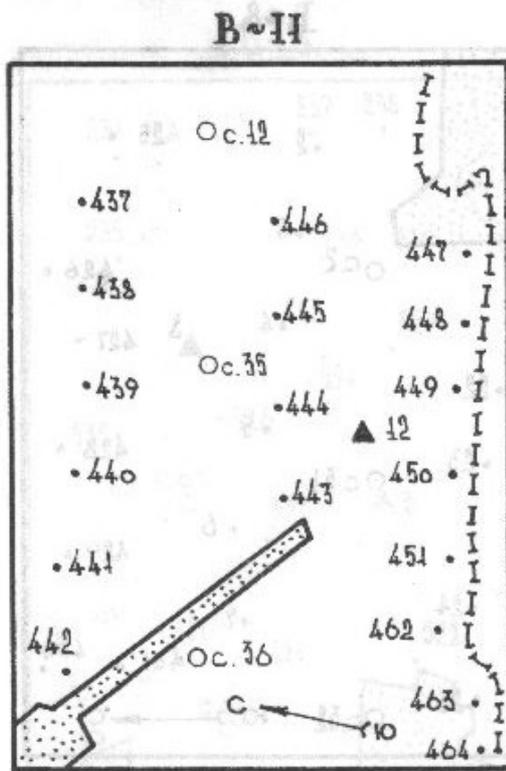
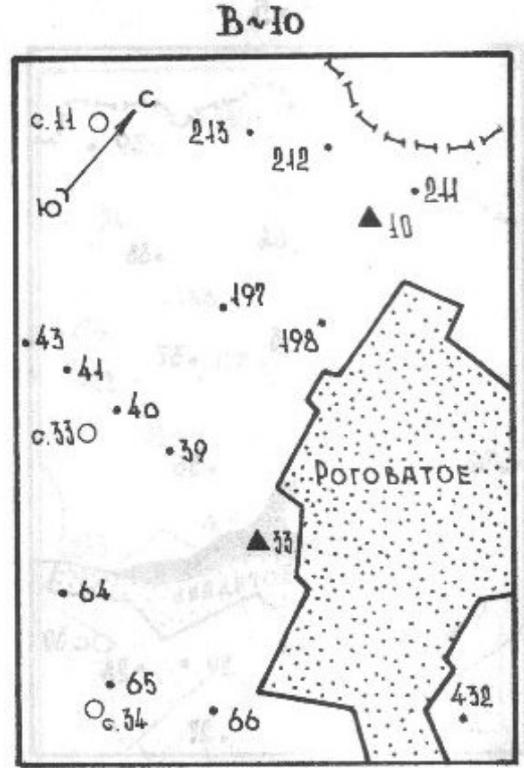
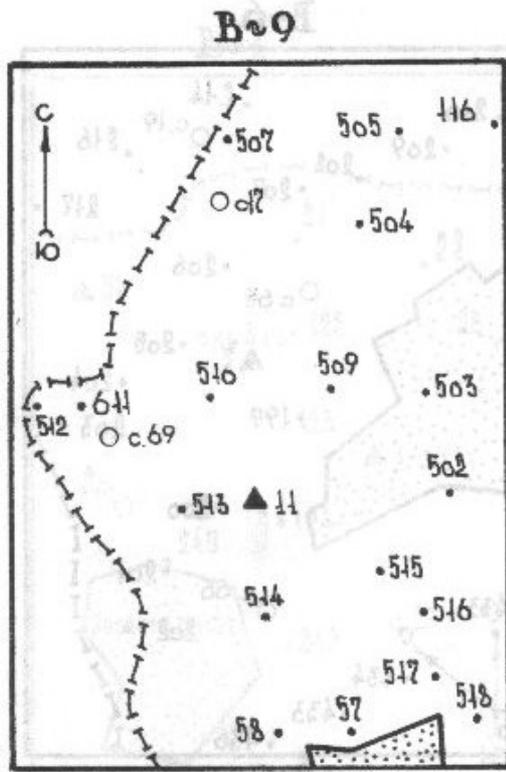


Рис 16 вариант 9-12

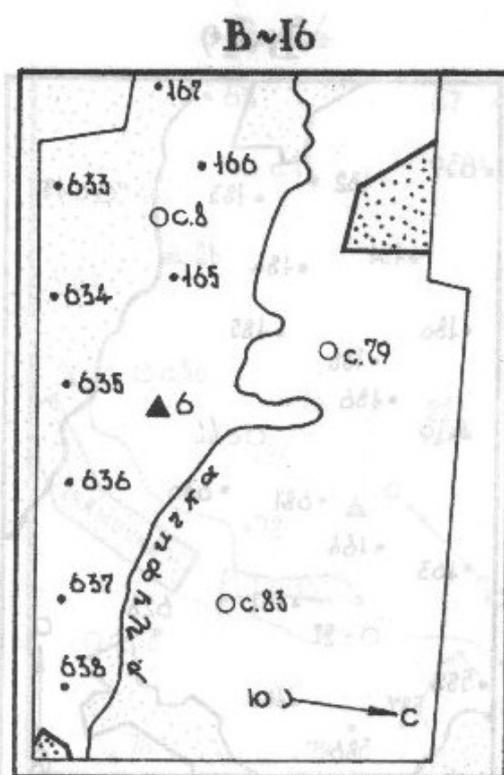
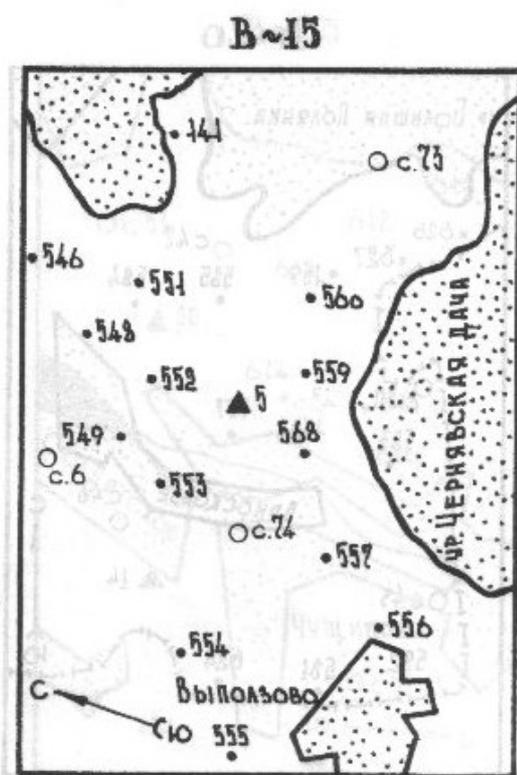
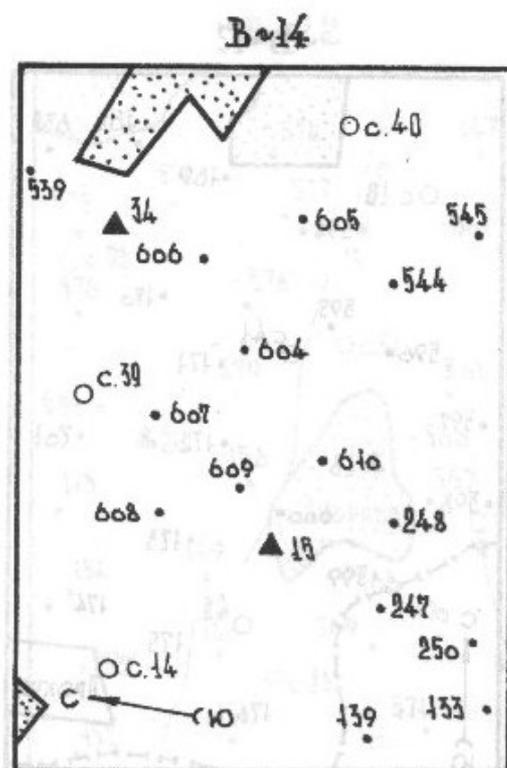
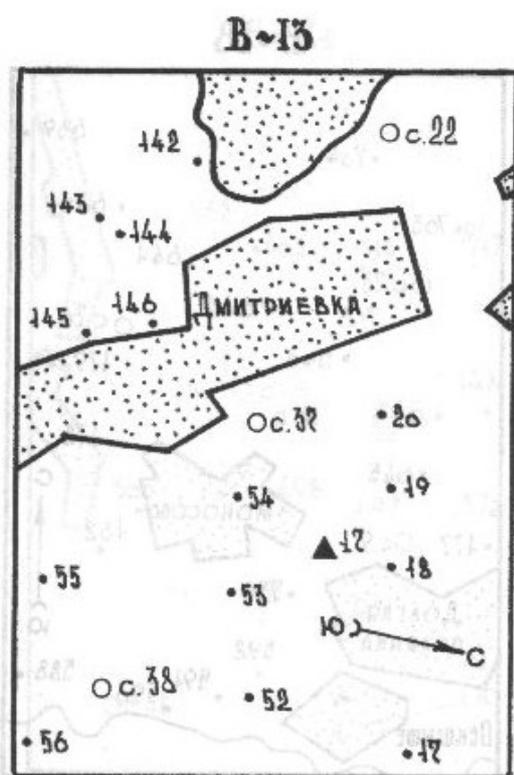


Рис 17 вариант 13-16





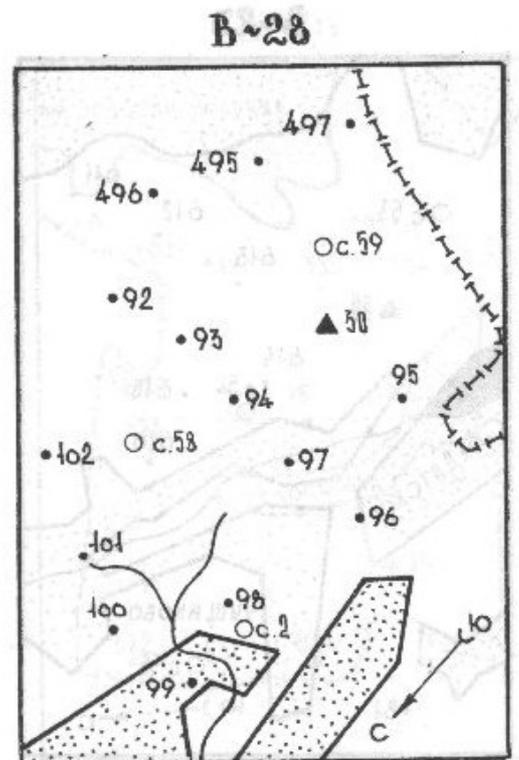
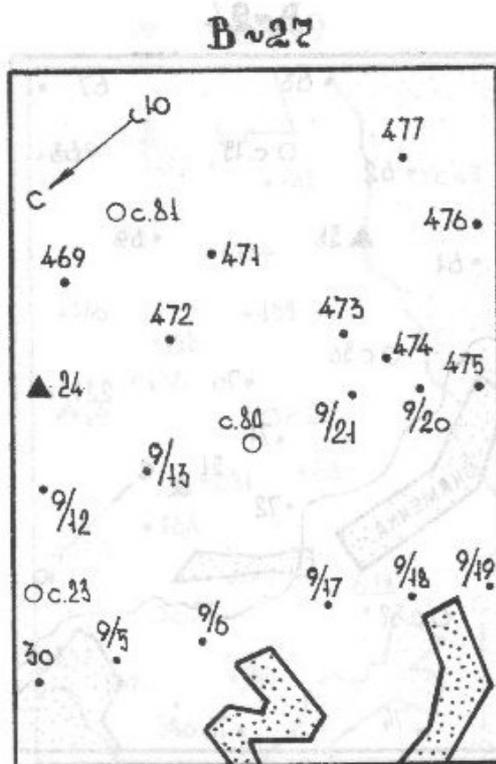
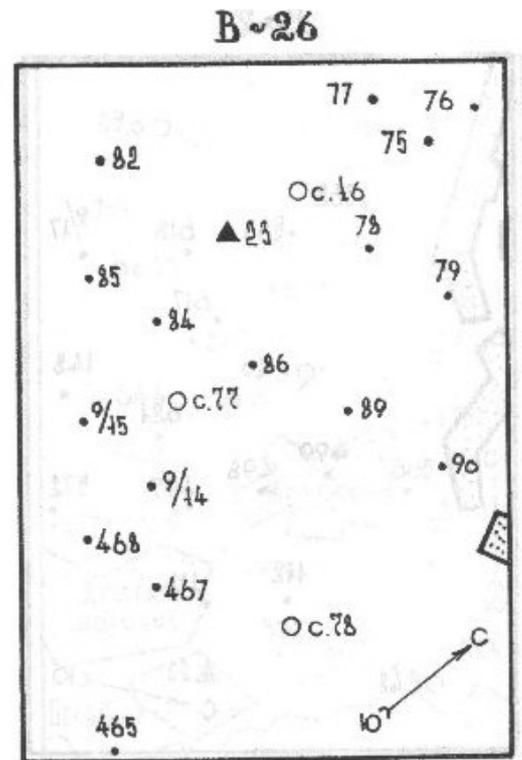
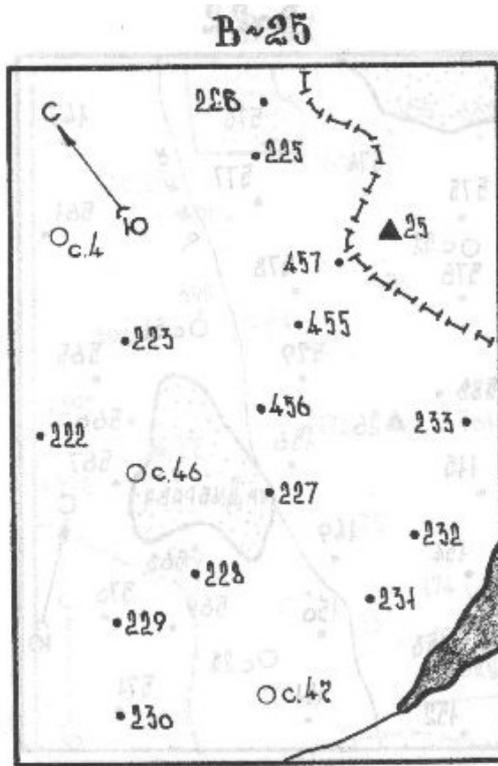


Рис 20 вариант 25-28

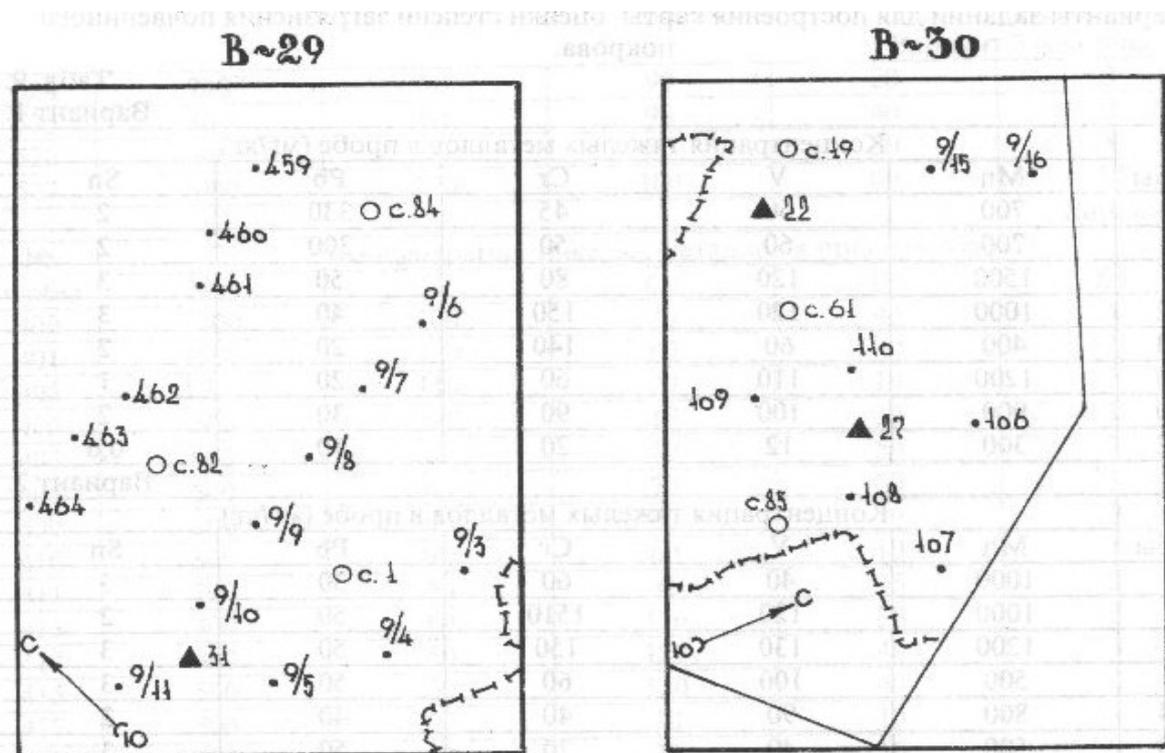
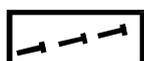


Рис 21 вариант 29-30

## Условные обозначения к рис 14-21



- границы административных районов



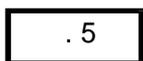
- контуры населенных пунктов



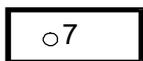
- контуры урочищ



- озера и пруды



- точки опробования почвенных отложений



- гидрогеологические скважины



- точки биологических наблюдений

Таблица 22

**Варианты заданий для построения карты оценки степени загрязнения  
почвенного покрова.**

Вариант 1.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
21	700	60	45	330	2
22	700	60	50	300	2
23	1500	120	80	50	3
122	1000	120	150	40	3
123	400	60	140	20	2
124	1200	110	60	20	1
220	900	100	90	30	2
242	300	12	20	10	0,6

Вариант 2.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
7	1000	40	60	30	3
8	1000	120	1510	50	2
9	1200	130	150	50	3
24	500	100	60	50	3
124	800	90	40	40	2
128	500	40	70	50	3

129	700	60	80	15	3
187	900	90	110	50	2
186	1000	100	130	40	3
243	1000	80	100	60	1.7
244	500	40	60	50	5
246	700	50	90	20	3
530	1500	130	450	140	2
531	1500	120	450	100	6
532	1400	110	320	160	5
533	1400	120	140	40	3
534	1000	80	60	40	5
535	1000	40	60	30	3
536	1500	120	130	60	3

Вариант 3.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
119	1000	70	80	30	4
120	1000	80	80	40	30
121	1000	70	80	40	3
234	800	110	90	50	3
235	900	120	110	40	2
236	1100	110	120	50	1
237	1000	120	200	140	4
238	1100	210	390	30	5
239	1000	220	300	80	5

522	1900	130	90	40	2
523	1000	80	60	40	5
524	700	70	90	20	3
525	800	90	90	40	2
526	900	90	80	50	8
527	2000	120	100	60	30

Вариант 4.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
400	2000	100	70	40	4
401	1900	120	80	50	3
405	1500	110	20	10	3
406	500	60	10	30	1
407	600	80	40	50	2
408	600	60	30	60	3
409	800	90	80	20	2
410	800	100	60	10	1
411	700	50	45	35	2
413	400	60	130	30	2
414	400	50	120	40	3
415	500	50	120	40	3
417	500	90	10	10	1
418	500	12	30	10	-

Вариант 5.

№ проб	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn

Ы					
10	700	80	80	40	2
27	700	80	80	40	2
28	800	70	80	30	3
29	700	80	70	50	2
30	800	100	80	40	2
31	900	90	90	30	1
32	700	100	80	40	3
35	1000	100	60	40	2
36	800	90	70	30	3
37	700	100	70	40	3
38	900	90	90	40	2
39	700	80	80	30	2
63	1500	120	80	50	3
64	1500	120	150	100	6

Вариант 6.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
199	300	12	30	20	4
200	300	12	20	10	3
201	400	20	40	10	-
202	500	80	80	20	2
203	400	40	20	10	3
204	400	20	30	10	2
205	500	50	50	20	3

206	150	12	20	10	5
207	500	80	40	10	5
208	400	20	40	10	3
209	500	12	30	20	2
210	500	12	40	10	-
214	1000	140	60	110	8
216	2500	120	210	160	3
217	2500	120	100	60	3
433	1200	320	190	60	3
434	1000	110	60	40	2
435	1000	100	60	40	1,7
436	1000	100	50	40	2

Вариант 7.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
403	1100	100	70	20	1
404	900	80	50	30	2
419	1000	60	60	15	1,7
420	1000	60	70	30	3
421	1000	80	60	40	2
422	1000	100	60	40	2
423	1000	90	50	30	2
424	900	80	70	20	3
537	400	20	30	10	5
538	1000	15	30	10	3
540	400	20	30	20	4

541	400	20	30	15	4
542	400	30	30	20	5
543	400	20	30	20	5
601	2500	320	100	160	3
602	2400	110	210	70	4
603	2000	220	100	40	3

Вариант 8.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
2	1500	110	130	50	3
3	1800	120	120	40	4
4	2000	120	150	60	3
5	1400	110	90	40	3
6	1000	120	100	40	3
7	1100	120	100	30	2
22	1500	120	100	50	2
23	1500	120	80	50	3
24	500	100	60	50	3
25	1500	110	110	40	3
425	1000	100	70	40	2
426	900	80	50	30	2
427	500	100	50	50	2
428	500	90	60	50	2
429	800	110	100	40	3
430	900	120	100	40	3
431	1000	100	60	40	2

Вариант 9.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
57	1000	40	50	40	1,7
58	1000	30	40	50	2
116	300	40	50	20	1
502	1000	120	100	40	3
503	300	40	60	15	0,7
504	400	50	70	20	2
505	400	40	50	30	1
507	1000	120	80	30	3
509	1000	100	80	30	2
510	1000	120	80	40	1,7
512	1000	120	100	40	3
513	1000	120	80	30	2
514	1000	60	60	30	1,7
515	900	90	100	40	1
516	900	100	100	30	2
517	1000	120	100	30	1
521	1000	40	60	40	2
611	1000	110	100	40	3

Вариант 10.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
39	400	12	20	20	1

40	500	20	20	10	2
41	300	15	20	15	0,6
43	1200	120	120	40	1,7
64	1000	100	50	60	5
65	1000	110	60	40	3
66	1000	100	60	50	5
197	1200	120	110	40	3
198	1100	110	110	50	4
211	800	90	80	30	3
212	700	80	70	30	3
213	600	90	100	40	1
432	800	100	100	50	1

Вариант 11.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
437	500	40	60	10	0,6
438	700	50	50	10	1
439	600	80	60	15	1
440	1000	60	60	10	0,7
441	500	80	60	15	1
442	500	70	60	15	0,7
443	500	70	60	15	1
444	500	60	50	10	0,6
445	500	60	60	15	1,7
446	1000	40	50	20	1
447	1000	60	60	15	1

448	1000	60	60	10	0,8
449	500	80	70	15	1
450	500	80	60	30	0,7
451	500	80	50	30	0,8
462	300	40	50	15	0,6
463	1000	40	60	40	1
464	1000	40	60	40	0,6

Вариант 12.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
11	700	70	80	40	1,8
12	700	80	70	40	2
13	700	80	80	40	1,7
14	1200	120	100	30	2
15	1000	100	80	40	2
44	900	110	80	40	2
45	1200	120	100	40	1,7
47	1200	350	150	160	3
48	1000	40	50	30	1
49	1000	1000	80	30	2
50	1200	120	400	80	3
51	1100	120	100	60	3
57	1000	100	80	30	2
58	800	80	80	30	1,5
59	1500	110	90	50	2
60	2000	220	100	160	3

Вариант 13.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
16	1000	40	50	40	2
18	1000	80	60	40	3
19	1000	80	60	40	3
20	1000	120	80	40	3
52	900	90	60	40	3
53	1000	120	80	60	3
54	800	40	60	40	2
55	1000	40	40	40	1,7
56	900	80	80	60	1,7
142	700	40	60	40	1,7
143	1000	80	60	40	1,7
144	1000	80	60	50	3
145	1000	40	80	15	1,7
146	1200	60	150	40	4

Вариант 14.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
133	700	30	60	40	2
139	500	20	30	10	1
247	1500	120	100	40	5
248	1000	-	60	40	2

250	1500	120	90	30	4
539	400	20	20	10	1
544	1000	40	60	40	1,7
545	1300	110	100	40	2
604	1200	90	90	40	1
605	400	20	30	10	1
606	1000	80	100	40	1,7
607	1000	60	100	50	3
608	700	40	80	60	1,7
609	1500	110	100	40	5
610	700	40	60	40	1,7

Вариант 15.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
141	1500	120	100	40	5
546	400	20	20	10	1
548	400	30	20	15	1
549	1000	80	60	40	2
551	1000	80	60	50	3
552	1000	120	70	30	2
553	1000	40	70	20	1,7
554	1000	40	80	15	1,7
555	1200	60	150	40	5
556	1200	20	150	15	3
557	1200	60	130	30	4
559	1200	40	140	20	3

560	1000	-	60	40	2
568	1000	12	30	15	3

Вариант 16.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
165	1000	120	200	150	3
166	1100	120	110	40	3
167	1400	120	20	110	1
633	1200	120	150	60	4
634	500	40	60	40	2
635	1000	120	100	50	3
636	700	30	60	40	1
637	1000	120	100	100	5
638	700	40	60	40	2

Вариант 17.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
168	400	20	20	20	1
169	1200	60	140	40	4
170	1500	110	100	20	3
171	500	80	60	40	1,7
172	500	40	80	15	1,7
173	1000	80	100	40	1,7
174	600	50	70	20	1,8
175	1000	60	100	50	3

176	1200	60	150	40	5
594	1000	40	80	15	1,7
595	1200	60	150	40	5
596	500	100	60	30	3
597	1500	120	90	30	4
598	1000	80	100	40	3
599	1000	80	60	40	1,7
600	1000	80	60	40	3
632	500	80	70	30	1,7
701	500	70	80	40	1,7

Вариант 18.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
162	600	50	70	20	1,8
177	1200	120	150	60	5
178	500	60	60	30	1
179	1000	80	60	60	5
539	1000	150	150	60	5
588	1000	120	100	160	15
590	1000	120	150	50	5
591	1500	120	90	30	14
592	1000	80	100	40	3
639	500	60	60	40	1,7
640	1600	120	150	50	2
641	1000	120	150	60	5

642	2000	240	60	50	3
643	1000	60	60	50	3
644	500	50	60	40	1,7
645	1000	120	100	60	5
703	2000	120	60	50	5
704	2000	130	70	150	14

Вариант 19.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
160	400	20	20	10	1
161	400	30	20	15	1
163	1000	80	60	40	2
164	1000	100	70	50	3
180	1900	120	80	50	3
181	1000	120	70	30	2
182	600	80	40	50	2
183	300	120	20	10	5
184	1000	80	60	40	3
185	1000	80	60	50	3
186	1500	110	20	10	3
188	500	60	10	30	1
586	1000	120	150	50	5
587	600	60	30	60	3

588	1000	120	100	60	5
628	1000	90	60	40	2
630	800	90	80	20	2
639	500	60	60	40	1,7
681	1000	100	70	50	3

Вариант 20.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
157	1000	100	130	40	3
158	900	90	110	50	2
159	1000	80	60	40	3
581	700	60	80	15	3
582	500	40	70	50	3
583	800	90	40	40	2
584	500	100	60	50	3
585	1000	120	100	60	5
624	1200	130	150	50	3
626	1000	120	150	50	2
627	1000	40	60	30	3

Вариант 21.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
9/17	500	60	60	30	1
111	1000	80	60	30	1,7

112	1000	80	60	60	5
148	1000	120	100	60	5
497	1000	120	150	50	5
498	500	40	30	20	1
499	1500	120	90	30	4
500	500	40	60	15	1,7
562	1000	80	150	40	3
563	1000	80	100	40	3
572	1000	150	150	60	5
617	1000	80	80	40	3
618	500	80	60	20	1,7
621	700	20	40	15	5

Вариант 22.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
115	1500	120	150	60	5
147	500	60	60	40	1,7
149	500	50	60	40	1,7
150	1000	60	60	50	3
151	2000	140	60	50	3
152	1000	120	150	60	5
153	1600	120	150	50	2
154	500	60	60	40	1,7
156	1000	150	150	60	5
561	1000	40	50	20	1,7
565	1000	40	60	15	1,7

566	1000	80	100	40	3
567	1500	120	90	30	4
568	1000	120	150	50	5
569	1000	120	100	60	5
570	500	30	60	10	0,6
571	1000	100	150	40	1,7
573	1000	100	140	40	2
574	1000	80	60	60	5
575	500	15	40	10	3
576	500	60	60	30	1
577	1200	120	150	60	5
578	700	30	150	10	1,7
579	600	50	70	20	1,8
588	1000	120	100	60	5

Вариант 23.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
81	1500	150	100	40	3
611	1000	120	80	30	3
612	400	40	50	30	1
613	400	50	70	20	2
614	300	40	60	15	0,7
615	1000	120	100	40	3
616	500	60	60	40	1,7

Вариант 24.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
61	2000	120	100	40	3
62	2400	110	110	70	4
63	2500	120	100	60	3
67	400	30	30	15	4
68	400	30	30	20	5
69	400	20	30	15	4
70	1000	15	30	10	3
71	500	80	100	20	1,7
72	400	20	30	10	5
74	500	30	20	10	5
78	900	80	70	20	3
221	500	80	60	40	3

Вариант 25.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
222	2500	120	100	60	3
223	1000	120	80	40	1,7
225	500	120	50	40	5
226	400	30	30	20	5
227	400	60	100	40	5
228	400	20	30	15	4

229	300	80	60	40	3
230	1000	60	60	40	3
231	1000	15	30	10	3
232	1000	120	100	50	3
233	400	20	30	10	5
455	500	30	20	10	5
456	1000	80	60	40	0,7
457	900	80	70	20	3

Вариант 26.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
75	1000	120	120	60	1,7
76	1000	110	120	60	1,5
77	1000	20	100	20	0,7
79	1000	120	100	20	1
82	1000	12	30	10	0,7
84	1000	120	150	40	3
85	1000	220	150	30	1,7
86	1000	120	150	140	1,7
88	1000	110	150	40	1,7
89	700	320	150	140	3
90	1000	110	140	40	1,7
465	1200	520	110	40	3
467	1100	110	110	50	4
468	1100	120	110	40	3
9/14	400	40	50	15	0,7

9/15	1200	120	260	40	11
------	------	-----	-----	----	----

Вариант 27.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
30	1000	120	100	60	5
469	2000	140	60	50	3
471	1500	120	90	30	4
472	1000	80	100	40	3
473	1000	150	150	60	5
474	1000	80	60	240	0,7
475	500	60	60	40	1,7
476	1600	120	250	50	12
477	1000	120	150	60	15
9/5	1000	150	150	140	3
9/6	1000	40	60	15	0,6
9/13	1000	80	60	60	5
9/17	500	60	60	30	1
9/18	1000	80	60	30	0,7
9/19	1200	120	150	60	5
9/20	2500	320	100	140	1,7
9/21	600	50	70	20	1,8
9/12	1000	120	80	30	1,7

Вариант 28.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn

92	1000	120	150	40	1,7
93	700	120	120	40	1,7
94	1000	120	150	60	5
95	500	120	100	15	1,7
96	1600	120	150	50	2
97	1200	150	50	50	8
98	500	60	60	40	1,7
99	1000	120	100	20	1,7
100	1000	80	60	40	0,7
101	1000	150	150	60	5
102	1000	120	120	50	5
495	1000	80	100	40	3
496	1500	120	90	30	4
497	2000	140	60	50	3

Вариант 29.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
459	1000	80	60	40	0,7
460	1000	80	60	40	1
461	500	40	60	40	1
462	300	40	50	15	0,6
463	1000	40	60	40	1
464	1000	50	60	340	1
9/3	1000	80	100	40	1,7
9/4	400	280	60	40	1

9/5	1000	150	150	40	3
9/6	1000	40	60	15	0,6
9/7	2500	220	100	140	1,7
9/8	1000	200	150	40	3
9/9	1200	120	150	60	5
9/10	700	40	60	15	1
9/11	1000	380	60	230	10,7

Вариант 30.

№ проб ы	Концентрация тяжелых металлов в пробе (мг/кг)				
	Mn	V	Cr	Pb	Sn
106	1200	120	350	60	15
107	1000	100	120	20	13
108	1000	200	150	40	3
109	1200	150	150	40	3
110	2500	120	200	140	1,7
9/15	1200	120	60	40	1
9/16	700	40	60	15	1

Техногенные аномалии имеют преимущественно полиэлементный состав. Предварительные эколого-геохимические исследования, проведенные согласно методическим подходам, изложенным в гл. 2, выявили группу элементов биогеохимического ряда. Для их характеристики в каждой точке опробования должен быть рассчитан суммарный показатель загрязнения (СПК), характеризующий эффект воздействия группы элементов на почву. При работе

в пределах Центрального Черноземья фоновые значения определяются по черноземам Курской области (табл. 23).

Таблица 23.

## Фоновые значения тяжелых металлов в Курском черноземе

Химический элемент	Содержание в мг/кг	Класс опасности
Свинец (Pb)	16	1
Олово (Sn)	4	2
Хром (Cr)	82	2
Ванадий (V)	77	3
Марганец (Mn)	596	3

На карту геохимического опробования выносятся значения данного показателя по каждой конкретной пробе. Затем производится построение карты в изолиниях методом линейной интерполяции.

Для удобства выполнения работы рекомендуется строить карту на кальке, укрупнив ее масштаб в два - три раза.

Заключение по карте оценки состояния почвенного покрова отражает особенности распределения зон различной степени опасности по уровню загрязнения. Производится описание выделенных зон с анализом возможных источников загрязнения.

*Б. Оценка состояния подземных вод*

Оценка состояния эксплуатируемого водоносного горизонта является одной из важнейших задач при эколого-геохимических исследованиях. Она включает анализ состояния водоносного горизонта с позиций химического состава, гидродинамических особенностей, рассматриваемых в экологическом аспекте. В пределах техногенно перегруженных территорий подземные воды весьма уязвимы. Ухудшение их качества и истощение напрямую влияет на биосистемы. Поступление ингредиентов в виде растворов упрощает процесс их

внедрения в жизнеобеспечивающие органы всех представителей экологической пирамиды: растений, животных и человека.

Основным на территории района является меловой водоносный комплекс. Водоносный горизонт альб-сеномана распространен повсеместно и используется для водоснабжения г. Ст. Оскол. Область питания находится за пределами Белгородской области на северо-востоке, общее направление потока на юго-запад, а в пределах изучаемого района поток подземных вод направлен к р. Оскол, где абс. отм. уровня снижаются до 115-120 м, на водоразделах абс. отм. составляют 150-160 м. Горизонт безнапорный, в районе карьеров сдренирован полностью. Мощность обводненных мелко- и среднезернистых песков выдержана по простиранию и колеблется в пределах 20-30 м. Верхним водоупором служит невыдержанная по мощности «фосфоритовая плита», нижним – песчано-глинистые отложения нижнего мела и верхней юры. На водоразделах уровни подземных вод прослеживаются на глубинах 70-85 м, в долинах 5-8 м. Водоносный горизонт эксплуатируется всеми водозаборами г. Ст. Оскол в пределах железорудных месторождений, где частично загрязняется промстоками. В пределах города, как правило, загрязнение подземных вод альб-сеномана происходит по долине р. Оскол. По химическому составу воды гидрокарбонатные, кальциевые с минерализацией 0,3-0,5 г/л, часто встречаются (в районе карьеров) гидрокарбонатно-сульфатные воды.

Особенности химического состава альб-сеноманского водоносного горизонта и содержание в водах тяжелых металлов представлены в табл.24. Скважины, по которым проведены данные исследования, представлены на рис 14-21. В пределах рассматриваемого варианта работы необходимо рассчитать величину суммарного показателя загрязнения ( $Z_c$ ), проанализировать химический состав подземных вод, обозначить степень их загрязнения и влияния на состояние экосистем

*В. Определение фоновых концентраций элементов в подземных водах методом гистограмм*

Загрязнение подземных вод оценивается путем сравнения их фонового состояния с существующими геохимическими параметрами. Фоновое состояние формируется в соответствии с природными геолого- гидрогеологическими и ландшафтно-климатическими условиями. Весьма полное описание методов определения фоновых значений компонентов в природных водах приведено в работах К. Е. Питьевой. В процессе применения метода гистограмм в качестве фоновых концентраций принимаются наиболее распространенные, т. е. те значения параметров, которые наиболее часто встречаются в выборке. Они считаются типичными для изучаемой территории.

Гистограмма представляет собой метод графического отображения плотности распределения случайной величины  $p(x)$ . Она фиксирует вероятность попадания случайной величины  $x$  в заданный интервал. Гистограмма строится по выбранному для анализа компоненту. Практическая работа выполняется путем математической и графической обработки данных по химическому составу подземных вод горнодобывающего района. Выборка предварительно делится на группы с близкими значениями показателей. Например: от 0 до 100 мг/л, от 100 до 200 мг/л и т.п. Далее рассчитывается процент встречаемости каждой группы, что отображается на графике. Ведущая группа может

Таблица 24.

## Содержание микрокомпонентов в подземных водах (мг/л).

№п	Mn	Ti	V	Cr	Zr	Hf	Nb	Be	Sc	Y	Yb	Ba	Sr	Ga	Ni	Co	Mo	Cu	Pb	Ag	Zn	Cd	Sn	P
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	0,53	2,53	0,081	0,094	0,14	0,031	-	0,035	1*10-3	8,7*10-3	3,5*10-4	Сл.	0,012	4,6*10-3	0,012	-	0,028	0,054	0,23	3,9*10-3	-	-	-	-
2	0,14	1,3	0,82	0,045	0,051	0,21	-	1,4*10-3	6,3*10-3	8,1*10-3	8,1*10-4	Сл.	3,8*10-3	5,5*10-3	8,1*10-3	-	0,082	0,015	0,038	-	-	-	-	-
3	0,16	1,4	0,92	0,051	0,054	0,25	-	2,2*10-3	8*10-3	0,013	1*10-3	Сл.	4,1*10-3	4,1*10-3	0,014	-	0,043	0,024	0,044	-	-	-	-	-
4	0,51	0,75	0,051	0,083	0,073	0,21	-	0,035	1*10-3	8,7*10-3	3,5*10-4	Сл.	0,012	4,6*10-3	0,017	-	0,031	0,054	0,23	3,5*10-3	-	-	-	-
5	0,54	0,53	0,13	0,19	0,11	0,5	-	Сл.	8,6*10-3	0,014	4,2*10-4	Сл.	0,012	4,2*10-3	0,011	-	0,055	4,2*10-3	0,25	3,8*10-4	-	-	-	-
6	0,42	2,54	0,28	0,046	0,45	0,27	-	1,9*10-3	0,015	0,024	8,9*10-4	Сл.	0,012	1,5*10-4	0,019	-	0,051	0,071	0,081	1,9*10-3	-	-	-	-
7	0,19	1,87	0,12	0,047	0,07	0,82	-	2,4*10-4	Сл.	0,018	8*10-4	Сл.	6,8*10-3	0,012	6*10-3	-	0,11	0,08	0,08	-	-	-	-	-
8	0,27	0,94	0,04	0,06	0,08	0,45	-	8,6*10-4	5*10-3	0,016	1,2*10-3	Сл.	5,4*10-3	5,9*10-3	0,025	-	0,057	0,031	0,04	-	-	-	-	-
9	0,51	3,78	0,15	0,11	0,15	0,15	-	7,9*10-4	7,2*10-3	0,029	1,6*10-3	Сл.	0,01	0,016	0,075	-	0,03	0,06	0,12	-	-	-	-	-
10	0,19	1,87	0,12	0,047	0,07	0,85	-	2,6*10-4	Сл.	0,014	8*10-4	Сл.	6,8*10-3	0,012	6*10-3	-	0,11	0,08	0,08	-	-	-	-	-
11	0,31	3,98	0,16	0,083	0,24	0,48	-	3,1*10-3	0,014	0,026	3,1*10-3	Сл.	2,8*10-3	0,023	0,034	-	0,022	0,031	1,2*10-3	-	-	-	-	-
12	0,41	6,6	0,36	0,15	0,066	0,77	-	Сл.	4,4*10-3	0,01	2,3*10-4	Сл.	6,6*10-3	4,2*10-3	0,015	-	0,044	0,07	0,14	3,2*10-3	-	-	-	-
13	0,54	0,66	0,054	0,079	0,069	0,24	-	7,1*10-4	7,2*10-3	0,029	1,6*10-3	Сл.	0,01	0,016	0,075	-	0,03	0,06	0,12	-	-	-	-	-
14	0,34	3,74	0,19	0,11	0,15	0,15	-	2,4*10-3	0,012	0,036	1,5*10-3	Сл.	6*10-3	1,5*10-3	9,1*10-3	-	0,049	0,03	7,4*10-3	-	-	-	-	-
15	0,72	1,98	0,14	0,1	0,12	1,39	-	Сл.	8,9*10-3	0,026	2,0*10-3	Сл.	0,036	4,1*10-3	0,02	-	0,13	0,093	0,15	-	-	-	-	-
16	0,23	0,94	0,04	0,06	0,09	0,43	-	1,2*10-3	6,6*10-4	7,3*10-3	7,3*10-4	Сл.	4,6*10-3	0,033	4,4*10-3	-	0,034	0,034	0,056	1,5*10-3	0,7	-	-	-
17	0,35	6,6	0,36	0,15	0,066	0,77	-	5*10-3	8,3*10-3	0,025	2,5*10-3	Сл.	3,2*10-4	0,03	0,14	-	0,011	0,024	0,05	-	-	-	-	-
18	0,31	8,52	0,33	0,14	0,14	0,91	-	2,3*10-3	Сл.	0,019	1,4*10-3	Сл.	Сл.	0,014	0,034	-	0,014	0,067	0,11	-	-	-	-	-
19	0,15	1,7	0,8	0,068	0,04	0,8	-	2,1*10-4	Сл.	0,013	8*10-4	Сл.	6,8*10-3	0,012	6*10-3	-	0,11	0,08	0,08	-	-	-	-	-
20	0,32	2,29	0,47	0,1	0,086	1,43	-	2,4*10-3	0,015	0,036	1,5*10-3	Сл.	6*10-3	1,5*10-3	9,1*10-3	-	0,041	0,033	6,8*10-3	-	-	-	-	-
21	0,43	3,78	0,15	0,11	0,15	0,15	-	7,1*10-3	5,5*10-3	3,9*10-3	2,3*10-3	0,89	0,55	2,3*10-3	0,027	-	1,6*10-3	0,18	7,8*10-4	-	1,11	-	-	-
22	0,42	3,01	0,28	0,019	0,45	0,27	-	1,6*10-3	9*10-3	0,028	1,6*10-3	Сл.	0,012	4,6*10-3	0,028	-	0,076	0,044	0,031	-	-	-	-	-
23	0,24	0,33	0,027	0,022	0,12	0,25	-	1,2*10-3	6,6*10-4	7,3*10-3	7,3*10-4	Сл.	4,6*10-3	0,033	4,4*10-3	-	0,031	0,037	0,056	1,5*10-3	0,73	-	-	-
24	0,37	1,69	0,74	0,19	0,11	1,54	-	1,2*10-3	9*10-3	0,028	1,6*10-3	Сл.	0,012	4,6*10-3	0,028	-	0,076	0,044	0,031	-	-	-	-	-
25	0,26	1,44	0,21	0,09	0,05	0,63	-	8,6*10-4	5*10-3	0,016	1,2*10-3	Сл.	5,4*10-3	5,9*10-3	0,021	-	0,057	0,033	0,04	-	-	-	-	-
26	0,52	2,53	0,074	0,082	0,16	0,023	-	3,5*10-3	9,2*10-3	0,028	1,6*10-3	Сл.	0,028	1,6*10-3	9,5*10-3	-	0,066	0,06	0,12	0,079	-	-	-	-
27	0,93	1,98	0,14	0,1	0,12	1,39	-	Сл.	8,9*10-3	0,026	2,0*10-3	Сл.	0,036	4,4*10-3	0,02	-	0,13	0,09	0,15	-	-	-	-	-
28	0,57	0,48	0,038	0,069	0,01	0,12	-	Сл.	7,7*10-3	0,017	8,1*10-3	Сл.	0,031	3,8*10-3	2,1*10-3	-	0,046	0,038	0,13	-	-	-	-	-
29	0,54	0,76	0,054	0,081	0,069	0,24	-	0,035	1*10-3	8,7*10-3	3,5*10-4	Сл.	0,012	4,6*10-3	0,012	-	0,031	0,054	0,23	3,5*10-3	-	-	-	-
30	0,49	0,45	0,023	0,11	0,11	0,5	-	Сл.	4,7*10-3	0,01	2,3*10-4	Сл.	6,6*10-3	4,2*10-3	0,015	-	0,044	0,05	0,14	3,2*10-3	-	-	-	-
31	0,63	0,53	0,13	0,19	0,11	0,28	-	Сл.	8,6*10-3	0,014	4,2*10-4	Сл.	0,012	4,2*10-3	0,011	-	0,051	4,2*10-3	0,25	3,8*10-4	-	-	-	-
32	0,096	0,63	0,021	0,009	0,096	0,2	-	1,3*10-4	2,7*10-3	9,6*10-3	4,2*10-4	Сл.	6,1*10-3	3,8*10-3	3,4*10-3	-	0,026	0,021	0,026	-	-	-	-	-

№пп	Mn	Ti	V	Cr	Zr	Hf	Nb	Be	Sc	Y	Yb	Ba	Sr	Ga	Ni	Co	Mo	Cu	Pb	Ag	Zn	Cd	Sn	P
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
33	0,13	1,3	0,81	0,042	0,049	0,24	-	1,8*10 <sup>-3</sup>	6,3*10 <sup>-3</sup>	8,1*10 <sup>-3</sup>	8,1*10 <sup>-4</sup>	Сл.	3,8*10 <sup>-3</sup>	5,5*10 <sup>-3</sup>	8,1*10 <sup>-3</sup>	-	0,082	0,015	0,038	-	-	-	-	-
34	0,34	1,66	0,1	0,1	0,1	0,49	-	1,7*10 <sup>-3</sup>	4,7*10 <sup>-3</sup>	0,019	1*10 <sup>-3</sup>	Сл.	4,2*10 <sup>-3</sup>	0,01	0,015	-	0,044	0,022	0,21	3,1*10 <sup>-4</sup>	-	-	-	-
35	0,19	1,87	0,12	0,047	0,07	0,82	-	1,9*10 <sup>-3</sup>	5,3*10 <sup>-3</sup>	0,012	1,2*10 <sup>-3</sup>	Сл.	1,9*10 <sup>-3</sup>	2,6*10 <sup>-3</sup>	7*10 <sup>-3</sup>	-	0,049	0,017	0,055	-	-	-	-	-
36	0,31	8,52	0,33	0,14	0,14	0,99	-	3,1*10 <sup>-3</sup>	0,014	0,026	3,1*10 <sup>-3</sup>	Сл.	2,8*10 <sup>-3</sup>	0,023	0,034	-	0,027	0,031	1,2*10 <sup>-3</sup>	-	-	-	-	-
37	0,35	3,98	0,16	0,083	0,24	0,48	-	3,5*10 <sup>-3</sup>	7,2*10 <sup>-3</sup>	0,021	1,6*10 <sup>-3</sup>	Сл.	0,01	0,016	9,5*10 <sup>-3</sup>	-	0,11	0,06	0,21	-	-	-	-	-
38	0,17	1,7	0,8	0,068	0,04	0,8	-	2,4*10 <sup>-4</sup>	Сл.	0,013	8*10 <sup>-4</sup>	Сл.	6,8*10 <sup>-3</sup>	0,012	6*10 <sup>-3</sup>	-	0,11	0,08	0,08	-	-	-	-	-
39	0,07	0,64	0,02	0,03	0,097	0,14	-	4,9*10 <sup>-4</sup>	1,6*10 <sup>-3</sup>	9,7*10 <sup>-3</sup>	2,9*10 <sup>-4</sup>	Сл.	6,1*10 <sup>-3</sup>	9,7*10 <sup>-3</sup>	3,4*10 <sup>-3</sup>	-	0,026	0,03	3,5*10 <sup>-3</sup>	1,9*10 <sup>-3</sup>	-	-	-	-
40	0,23	0,94	0,04	0,06	0,09	0,43	-	Сл.	Сл.	0,019	3,2*10 <sup>-4</sup>	Сл.	9*10 <sup>-3</sup>	5,7*10 <sup>-3</sup>	8,6*10 <sup>-3</sup>	-	0,06	0,03	Сл.	-	-	-	-	-
41	0,41	3,01	0,28	0,019	0,45	0,27	-	1,9*10 <sup>-3</sup>	0,015	0,024	8,9*10 <sup>-4</sup>	Сл.	0,012	1,5*10 <sup>-4</sup>	0,019	-	0,051	0,071	0,088	1,9*10 <sup>-3</sup>	-	-	-	-
42	0,24	2,85	0,73	0,102	0,073	0,34	-	1,2*10 <sup>-3</sup>	6,6*10 <sup>-4</sup>	7,3*10 <sup>-3</sup>	7,3*10 <sup>-4</sup>	Сл.	4,6*10 <sup>-3</sup>	0,033	4,4*10 <sup>-3</sup>	-	0,031	0,034	0,056	1,5*10 <sup>-3</sup>	0,73	-	-	-
43	0,33	3,78	0,15	0,11	0,15	0,15	-	2,4*10 <sup>-3</sup>	0,015	0,036	1,5*10 <sup>-3</sup>	Сл.	6*10 <sup>-3</sup>	1,5*10 <sup>-3</sup>	9,1*10 <sup>-3</sup>	-	0,041	0,033	7,9*10 <sup>-3</sup>	-	-	-	-	-
44	0,1	8,76	0,22	0,15	0,022	-	-	Сл.	Сл.	0,019	3,2*10 <sup>-3</sup>	Сл.	0,015	1,5*10 <sup>-4</sup>	0,02	-	1,5*10 <sup>-3</sup>	0,038	Сл.	-	-	-	-	-
45	0,53	6,2	0,37	0,11	0,24	2,31	-	7,9*10 <sup>-4</sup>	7,2*10 <sup>-3</sup>	0,029	1,6*10 <sup>-3</sup>	Сл.	0,01	0,016	0,075	-	0,03	0,06	0,12	-	-	-	-	-
46	0,32	2,29	0,47	0,1	0,086	1,43	-	2,3*10 <sup>-3</sup>	Сл.	0,019	1,4*10 <sup>-3</sup>	Сл.	Сл.	0,014	0,034	-	0,014	0,067	0,11	-	-	-	-	-
47	0,36	6,6	0,36	0,15	0,066	0,77	-	2,4*10 <sup>-3</sup>	8,6*10 <sup>-3</sup>	0,02	2,4*10 <sup>-3</sup>	Сл.	3,3*10 <sup>-4</sup>	7,5*10 <sup>-3</sup>	0,052	-	0,046	0,024	4*10 <sup>-3</sup>	-	-	-	-	-
48	0,35	1,69	0,74	0,19	0,11	1,54	-	5*10 <sup>-3</sup>	8,3*10 <sup>-3</sup>	0,025	2,5*10 <sup>-3</sup>	Сл.	3,2*10 <sup>-4</sup>	0,03	0,14	-	0,011	0,028	0,05	-	-	-	-	-
49	0,17	6,18	0,16	0,14	0,1	0,31	-	2,2*10 <sup>-3</sup>	8*10 <sup>-3</sup>	0,013	1*10 <sup>-3</sup>	Сл.	4,1*10 <sup>-3</sup>	4,1*10 <sup>-3</sup>	0,014	-	0,043	0,027	0,048	-	-	-	-	-
50	0,29	1,44	0,21	0,09	0,05	0,63	-	2*10 <sup>-3</sup>	7*10 <sup>-3</sup>	0,012	9*10 <sup>-4</sup>	Сл.	5,7*10 <sup>-3</sup>	9*10 <sup>-3</sup>	0,042	-	0,059	0,023	0,042	-	-	-	-	-
51	0,38	2,88	0,27	0,28	0,12	0,54	-	1,2*10 <sup>-3</sup>	9*10 <sup>-3</sup>	0,028	1,6*10 <sup>-3</sup>	Сл.	0,012	4,6*10 <sup>-3</sup>	0,028	-	0,076	0,044	0,031	-	-	-	-	-
52	0,28	3,35	0,198	0,086	0,052	0,6	-	8,6*10 <sup>-4</sup>	5*10 <sup>-3</sup>	0,016	1,2*10 <sup>-3</sup>	Сл.	5,4*10 <sup>-3</sup>	5,9*10 <sup>-3</sup>	0,021	-	0,057	0,033	0,04	-	-	-	-	-
53	0,096	0,043	0,0086	0,038	5,8*10 <sup>-3</sup>	-	-	9,6*10 <sup>-4</sup>	2,7*10 <sup>-3</sup>	5,8*10 <sup>-3</sup>	2,1*10 <sup>-4</sup>	Сл.	9,6*10 <sup>-3</sup>	-	5,8*10 <sup>-3</sup>	-	9,6*10 <sup>-4</sup>	0,037	0,045	1,9*10 <sup>-3</sup>	0,13	-	-	-
54	0,23	0,034	1,7*10 <sup>-3</sup>	0,042	0,015	-	-	1,3*10 <sup>-4</sup>	1,1*10 <sup>-3</sup>	4,6*10 <sup>-4</sup>	1,7*10 <sup>-4</sup>	0,342	0,63	1,7*10 <sup>-3</sup>	3,4*10 <sup>-3</sup>	-	8*10 <sup>-4</sup>	0,023	0,013	2,4*10 <sup>-3</sup>	0,103	Сл.	9,1*10 <sup>-3</sup>	-
55	0,36	0,33	0,027	0,022	0,12	-	-	1,1*10 <sup>-3</sup>	4,2*10 <sup>-3</sup>	8,9*10 <sup>-3</sup>	1,7*10 <sup>-3</sup>	1,28	3,99	0,014	0,022	-	7,8*10 <sup>-4</sup>	0,14	4,4*10 <sup>-3</sup>	7,2*10 <sup>-4</sup>	0,11	-	0,083	0,39
56	0,31	0,13	7,1*10 <sup>-3</sup>	0,14	0,14	-	-	7,2*10 <sup>-4</sup>	6,7*10 <sup>-3</sup>	2,9*10 <sup>-3</sup>	7,7*10 <sup>-4</sup>	0,58	0,67	4,8*10 <sup>-3</sup>	0,014	-	6,7*10 <sup>-4</sup>	0,14	0,021	2,4*10 <sup>-3</sup>	0,47	-	0,029	0,19
57	0,36	0,66	0,021	0,089	0,13	-	-	2,9*10 <sup>-3</sup>	8,9*10 <sup>-3</sup>	9,8*10 <sup>-3</sup>	3,6*10 <sup>-3</sup>	4,81	2,58	0,018	0,031	0,01	8*10 <sup>-4</sup>	0,21	8,9*10 <sup>-3</sup>	3,6*10 <sup>-4</sup>	0,116	-	1,2*10 <sup>-3</sup>	Сл.
58	0,55	1,25	0,062	0,47	0,12	-	-	7,8*10 <sup>-3</sup>	5,5*10 <sup>-3</sup>	3,9*10 <sup>-3</sup>	2,3*10 <sup>-3</sup>	0,89	0,55	2,3*10 <sup>-3</sup>	0,027	-	1,6*10 <sup>-3</sup>	0,18	7,8*10 <sup>-4</sup>	-	1,14	-	-	-
59	0,085	0,031	3,1*10 <sup>-3</sup>	0,019	0,02	-	-	1,3*10 <sup>-4</sup>	4,6*10 <sup>-3</sup>	1,2*10 <sup>-3</sup>	1,5*10 <sup>-4</sup>	0,14	1,39	2,3*10 <sup>-4</sup>	3,9*10 <sup>-3</sup>	-	5,4*10 <sup>-4</sup>	0,014	1,8*10 <sup>-3</sup>	-	0,08	Сл.	-	-
60	0,16	0,087	4,7*10 <sup>-3</sup>	0,017	6,6	-	-	6,5*10 <sup>-4</sup>	1,7*10 <sup>-3</sup>	0,07	3,5*10 <sup>-4</sup>	0,52	0,61	1,8*10 <sup>-3</sup>	1,4*10 <sup>-3</sup>	-	4,4*10 <sup>-4</sup>	0,035	0,019	-	0,77	-	-	-
61	0,075	0,2	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6*10 <sup>-3</sup>	-	-	0,2	-	-	-
62	0,75	1	-	-	0,75	-	-	4*10 <sup>-4</sup>	-	-	-	-	-	-	Сл.	-	-	0,02	0,07	-	1	-	-	-
63	1,6	1,6	Сл.	-	0,6	-	-	-	-	Сл.	-	Сл.	1	-	Сл.	-	-	0,03	0,05	-	1	-	-	-
64	0,016	0,5	0,03	-	0,4	-	-	-	-	2*10 <sup>-3</sup>	-	-	-	Сл.	0,1	-	-	0,03	-	-	0,1	-	-	-
65	3,6	8,4	0,08	0,06	1,8	-	-	1,2*10 <sup>-3</sup>	-	-	-	Сл.	6	Сл.	0,1	-	-	0,2	0,15	-	2,4	-	0,07	24
66	3,2	4	Сл.	0,04	1,2	-	-	-	-	0,01	-	Сл.	3,2	Сл.	0,08	-	-	0,03	0,1	-	4	-	-	16

№пп	Mn	Ti	V	Cr	Zr	Hf	Nb	Be	Sc	Y	Yb	Ba	Sr	Ga	Ni	Co	Mo	Cu	Pb	Ag	Zn	Cd	Sn	P
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
67	4,2	2,7	-	0,04	1	-	-	Сл.		2*10-3	-	-	3,5	Сл.	-	-	-	0,02	Сл.	-	1,7	-	-	Сл.
68	1,2	1,2	-	-	0,5	-	-	-		1*10-4	-	-	0,7	2*10-3	-	-	-	0,01	0,04	-	1,2	-	-	-
69	3,6	4,5	Сл.	0,03	1,2	-	-	-	-	3*10-3	Сл.	0,9	4,5	3*10-3	Сл.	-	-	0,02	-	-	1,5	-	-	-
70	7,5	7,5	-	Сл.	2	-	-	-	-	5*10-3	-	Сл.	30	-	0,1	-	-	0,15	0,5	-	-	-	-	50
71	3	3	-	Сл.	0,8	-	-	3*10-4	-	Сл.	-	Сл.	4	2*10-3	0,04	-	Сл.	0,03	0,05	Сл.	0,8	-	-	30
72	5	5	-	Сл.	1,4	-	-	3*10-4	-	Сл.	-	Сл.	7	4*10-3	0,07	-	Сл.	0,05	0,08	Сл.	0,3	-	-	15
73	8	120	Сл.	0,06	2,4	-	-	-	-	6*10-3	-	1,8	6	-	0,12	-	-	0,12	0,18	6*10-4	-	-	-	60
74	5,4	9	Сл.	0,05	1,8	-	-	-	-	8*10-3	-	1,3	5,4	-	0,12	-	-	0,3	0,11	5*10-4	-	-	-	55
75	3,6	2,4	Сл.	0,03	1,5	-	-	Сл.	-	3*10-3	-	-	4,5	-	-	-	-	0,02	-	-	1,2	-	-	-
76	3,6	1,8	-	0,08	1,2	-	Сл.	-	-	2*10-3	-	-	2,4	Сл.	0,16	-	-	0,21	0,09	-	1,2	-	-	-
77	3	1,5	-	-	0,8	-	-	-	-	3*10-3	-	-	2	-	-	-	-	0,03	-	-	1	-	-	17,5
78	0,1	3,2	-	-	1,6	-	-	-	-	-	-	1,6	4	-	-	-	-	0,06	-	-	-	-	-	-
79	9	6	-	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	7,5	-	0,18	-	-	0,5	-	-	-	-	-	Сл.
80	3	0,7	-	-	0,2	-	-	-	-	6*10-3	-	-	6	-	-	-	-	0,015	0,15	-	-	-	-	22
81	2,4	1,6	-	0,02	0,6	-	-	-	-	-	-	-	3	-	0,06	-	-	0,034	Сл.	-	0,8	-	-	Сл.
82	4,8	3,6	0,08	-	1,8	-	-	-	-	2*10-3	Сл.	-	7,2	-	-	-	-	0,08	2,4	-	2,4	-	0,7	Сл.
83	6	110	0,11	-	5,5	-	-	-	-	-	Сл.	2,2	5,5	-	0,3	-	0,15	0,5	Сл.	-	-	-	-	Сл.
84	3,5	20	0,1	0,2	5	-	-	-	-	0,01	-	5	6	6*10-3	0,8	-	-	0,7	0,15	7*10-4	-	-	-	25
85	1,6	0,8	Сл.	-	0,8	-	Сл.	-	-	5*10-3	-	-	2	Сл.	-	-	-	0,016	-	-	3	-	-	-

дополнительно дробиться для выделения значений показателей, представленных максимально. Так распределение содержания нитратов в подземных водах горнодобывающего района отображены на рис.22.

Штриховкой показан интервал максимально встречающихся концентраций данного компонента. Данный интервал считается фоновым значением концентраций нитратов.

Для выполнения задачи представлены данные по химическому составу подземных вод горнодобывающего района Курской магнитной аномалии (табл. 25).

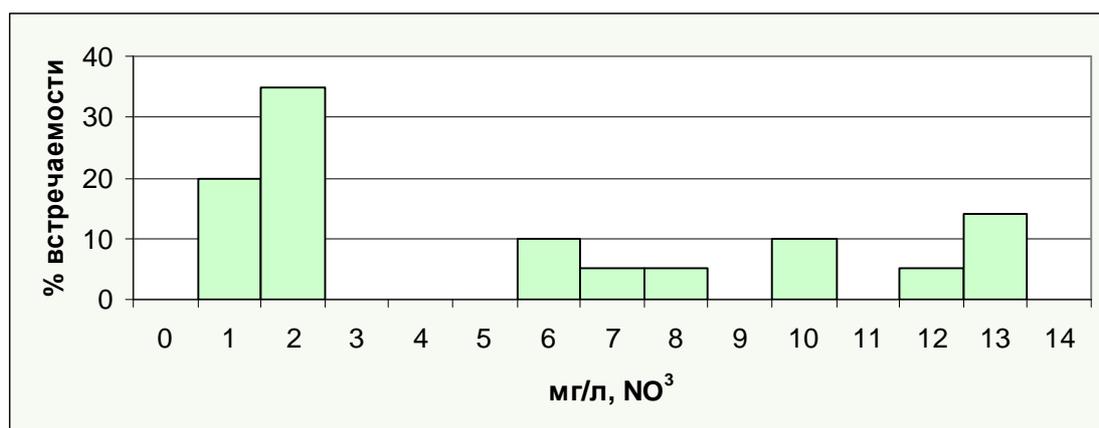


Рис. 22. Гистограмма концентраций нитратов в подземных водах горнодобывающего района.

Каждый студент получает по одному компоненту для расчета интервала фоновых значений методом построения гистограмм. Все расчеты и построения производятся с использованием компьютерных программ.

Анализ построенной гистограммы включает также оценку степени однородности подземных вод применительно к рассчитываемым компонентам. В

приведенном примере распределения случайной величины сконцентрировано в узком диапазоне (от 0.5 до 1,5 и от 1,5 до 2,5 мг/л). Этот интервал характеризует статистический фон величины. В случае сложной гистограммы, характеризующейся несколькими максимумами, следует говорить об однородной выборке. Это свидетельствует о дифференциации условий формирования химического состава подземных вод исследуемого района и рассматриваемого компонента в частности. Причиной могут являться смещение вод, снеговое загрязнение, нарушение областей питания и разгрузки и т. п. Возможны противоположные варианты, характеризующиеся условно равномерным распределением компонентов. Такое распределение может быть обусловлено либо недостаточным объемом выборки, либо существованием на данной территории гидрохимического процесса, проявляющегося в виде направленного изменения состава подземных вод. Так, в зонах миграции вод от областей питания к областям разгрузки при насыщении вмещающих пород солями, отдельными компонентами на гистограммах будет отражаться закономерное увеличение в подземных водах тех или иных соединений, элементов. Этот процесс сам по себе является фоновым для таких участков, что препятствует расчету нижнего предела аномальных значений. В таких случаях используются иные методы определения фона.

Таблица 25

## Химический состав подземных вод горнодобывающего района.

№ п/п	рН	Окис- ляемость мг О <sub>2</sub> /л	Макрокомпонентный состав								Мезокомпонентный состав				М г/л	Ж мг/ экв	Тип воды
			CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> мг/л	HCO <sup>3</sup> мг/л	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> мг/л	CL <sup>-</sup> мг/л	Ca <sup>2+</sup> мг/л	Mg <sup>2+</sup> мг/л	Na <sup>+</sup> мг/л	K <sup>+</sup> мг/л	Fe общ мг/л	Nh <sub>4</sub> <sup>+</sup> мг/л	NO <sub>3</sub> Мг/л	NO <sub>2</sub> мг/л			
1	6.51	1.4	132	122	80	642.6	10	12	292.5	4.65	0.2	0.1	1.7	0.25	1.237	1.5	CLNa
2	6.73	2.2	420	122	56	74.55	2	2.4	187	4	0.1	0.05	1.87	0.08	0.808	0.3	CO <sub>3</sub> Na
3	8.00	0.2	-	372.1	25	17.75	40	37.2	8.5	1	0.4	0.1	1.02	0.07	0.317	5.1	HCO <sub>3</sub> MgCa
4	8.40	0.5	-	256.2	25	55.03	40	34.8	8.3	4.4	0.5	0.1	0.68	0.05	0.297	4.9	HCO <sub>3</sub> ClMgCa
5	8.55	0.2	-	451.4	31	15.98	86	24	18	1.4	0.3	0.08	1.94	0.04	0.404	6.3	HCO <sub>3</sub> CaMg
6	8.60	0.3	-	451.4	25	15.98	30	55.2	17	1.3	0.1	0.03	1.6	0.03	0.372	6.1	HCO <sub>3</sub> MgCa
7	8.39	4.0	-	378.2	2.6	14.2	58	31.2	11.1	1.2	0.2	0.08	0.75	0.09	0.332	5.5	HCO <sub>3</sub> CaMg
8	8.63	0.2	-	366	25	17.75	28	40.8	12	1.2	0.15	0.1	2.04	0.03	0.310	4.8	HCO <sub>3</sub> MgCa
9	8.44	0.3	-	427	25	17.75	34	39.6	11.5	1.05	0.2	0.07	2.14	0.02	0.345	5.0	HCO <sub>3</sub> MgCa
10	8.67	1.7	-	414.8	25	17.75	80	14.4	11.6	1.2	0.25	0.05	1.19	0.02	0.359	5.2	HCO <sub>3</sub> CaMg
11	8.44	0.3	-	390.4	25	15.98	30	49.2	13	3.4	0.33	0.08	0.41	0.01	0.333	5.6	HCO <sub>3</sub> MgCa
12	8.38	0.2	-	378.2	25	14.2	38	27.6	8	0.9	0.2	0.05	0.85	0.02	0.304	4.2	HCO <sub>3</sub> MgCa
13	8.40	0.2	-	353.8	24	17.75	32	34.8	8.5	1.5	0.25	0.09	4.79	0.02	0.301	4.5	HCO <sub>3</sub> MgCa
14	8.41	0.2	-	427	25	17.75	48	31.2	15	14.3	0.25	0.05	1.19	0.02	0.366	5.0	HCO <sub>3</sub> MgCa
15	8.75	1.1	-	420.9	23	15.98	68	19.2	14.5	3.3	0.15	0.09	2.07	0.05	0.357	5.0	HCO <sub>3</sub> CaMg

16	8.30	0.4	-	439.2	25	14.2	30	44.4	10.2	2.6	0,2	0.05	3.23	0.03	0.350	5.2	HCO <sub>3</sub> MgCa
17	8.45	0.3	-	378.2	24	15.98	34	43.2	15.5	15	0.2	0.05	3.91	0.03	0.341	5.3	HCO <sub>3</sub> MgCa
18	7.84	1.4	-	341.6	25	35.5	82	16.8	81.5	13.1	0.2	0.3	8.16	0.15	0.434	5.5	HCO <sub>3</sub> CaNa
19	7.81	1.8	-	402.6	26	31.95	110	7.2	85	19.3	0.2	0.3	8.16	0.15	0.491	6.1	HCO <sub>3</sub> CaNa
20	8.15	1.4	-	305	27	14.2	40	26.4	96	6	0.15	0.05	0.51	0.1	0.361	4.2	HCO <sub>3</sub> NaMgCa
21	8.29	3.0	-	268.4	26	24.85	32	39.6	86	16.3	0.2	0.6	25.5	0.6	0.368	4.9	HCO <sub>3</sub> NaMg
22	8.32	1.8	-	341.6	35	24.85	14	57.6	108	5.3	4.5	0.15	0.17	0.03	0.480	5.5	HCO <sub>3</sub> NaMg
23	8.45	4.0	-	329.4	25	26.63	38	32.4	75	2.3	0.05	0.15	0.85	0.02	0.365	4.6	HCO <sub>3</sub> NaMgCa
24	9.43	10.5	86	85.4	25	31.95	12	20.4	44.16	-	0.3	1	5.78	0.4	0.22	2.3	HCO <sub>3</sub> CO <sub>3</sub> ClNa Mg
25	8.47	1.2	-	256.2	24	35.5	26	36	32.2	-	6	0.7	22.1	1.2	0.312	4.3	HCO <sub>3</sub> MgNaCa

*Г. Анализ проявленности геофизических аномалий, обусловленных загрязнением литосферы.*

Верхняя часть литосферы характеризуется проявлением многообразия энергетических полей. Геофизические и геохимические методы исследований – средство контроля за качеством среды обитания человека, поскольку с их помощью можно с высокой точностью и чувствительностью фиксировать напряженность и вариации физических полей любой природы, а также концентрации химических элементов, следить за изменением этих параметров в пространстве и во времени. Особую роль данные методы приобретают при эколого-геохимических исследованиях техногенно перегруженных территорий. Экологическое воздействие геофизических полей проявляется:

- В их воздействии на природные и природно-технические экосистемы;
- В техногенном физическом загрязнении литосферы;
- В геопатагенезе.

Магнитное поле Земли в наибольшей степени зависит от строения и свойств литосферы. В энергетическом плане Земля представляет собой магнитный диполь, вокруг которого сформировано околоземное магнитное поле – магнитосфера. Открытая разработка железорудных месторождений является причиной образования электромагнитных аномалий. Они обусловлены наличием ферромагнитных минералов, которые аккумулированы непосредственно в теле месторождения и рассеяны в виде пыли в зоне его влияния. Радиус рассеяния достигает 75 км. В случае, когда карьер располагается в зоне движения трансконтинентальных атмосферных потоков, радиус его воздействия может составлять несколько тысяч километров. Ферромагнитная пыль, выбрасываемая при буровзрывных работах, формирует техногенные магнитные аномалии. Литосфера в подобном случае является, с

одной стороны, носителем дополнительного магнитного потенциала, а с другой стороны, передатчиком этой энергии экосистемам. *Экологический отклик последних формируется постепенно и отражает синтетическую природу комплекса техногенных воздействий.*

При эколого-геофизических исследованиях песчано-глинистых грунтов в пределах ЭГС горнодобывающего класса наиболее эффективным является показатель магнитной восприимчивости -  $c$  (каппа). В зависимости от степени глинистости пород магнитная восприимчивость незагрязненных грунтов изменяется от  $1 \cdot 10^{-5}$  до  $300 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ. Магнитная восприимчивость загрязненных грунтов зависит от содержания железа и изменяется в диапазоне от  $1000 \cdot 10^{-3}$  до  $10000 \cdot 10^{-3}$  ед. СИ. Присутствие кобальта, свинца и других ферромагнитных металлов не будет сказываться на изменении магнитных характеристик грунтов. В табл. 26 предлагаются значения магнитной восприимчивости грунтов для различных вариантов работ. Манифестным индикатором экологического загрязнения для энергетических видов воздействия является предельно-допустимая доза (ПДД). Данный показатель по своей экологической функции близок понятию предельно-допустимых концентраций (ПДК) при геохимических исследованиях. *Перечисленные показатели фиксируют максимальное количество вещества либо энергии, которое в течение неограниченного времени воздействия формируют начальные реакции дискомфорта в экосистемах.* Подобные реакции могут вызываться на уровне легких аллергических проявлений, незначительном нарушении жизненных циклов и т.д.

При отсутствии значений ПДК и ПДД используют фоновые значения. Для исследуемой территории фон по магнитной восприимчивости составляет  $170 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ. По каждому варианту следует провести расчет коэффициента превышения  $c$  по формуле:

$$K_c = c_1 / c_2, \text{ где}$$

$c_1$  – магнитная восприимчивость в исследуемой пробе (ед. СИ);

$c_2$  – фоновые значения магнитной восприимчивости (ед. СИ).

Дополнительная информация по изменению геофизической экологической функции геологической среды горнодобывающего района может быть получена по величине магнитной индукции (табл. 27), представленной для 30 вариантов работ.

Таблица 26.

### Магнитная восприимчивость приповерхностных грунтов

№ т.н.	Магнитная восприимчивость $C_v$ ед.СИ.	№ т.н.	Магнитная восприимчивость $C_v$ ед.СИ.	№ т.н.	Магнитная восприимчивость $C_v$ ед.СИ.
1	2	3	4	5	6
9/15	$275 \cdot 10^{-5}$	123	$1800 \cdot 10^{-3}$	448	$89 \cdot 10^{-5}$
9/13	$950 \cdot 10^{-3}$	143	$3100 \cdot 10^{-3}$	463	$820 \cdot 10^{-3}$
9/11	$720 \cdot 10^{-3}$	150	$1000 \cdot 10^{-3}$	464	$125 \cdot 10^{-5}$
9/3	$750 \cdot 10^{-3}$	156	$1020 \cdot 10^{-3}$	468	$4120 \cdot 10^{-3}$
9	$4000 \cdot 10^{-3}$	157	$6100 \cdot 10^{-3}$	476	$1200 \cdot 10^{-3}$
14	$290 \cdot 10^{-5}$	159	$4250 \cdot 10^{-3}$	495	$3220 \cdot 10^{-3}$
15	$310 \cdot 10^{-3}$	163	$6800 \cdot 10^{-3}$	499	$310 \cdot 10^{-5}$
16	$1800 \cdot 10^{-3}$	165	$9200 \cdot 10^{-3}$	507	$1200 \cdot 10^{-3}$
20	$2500 \cdot 10^{-3}$	166	$9800 \cdot 10^{-3}$	514	$2500 \cdot 10^{-3}$
22	$250 \cdot 10^{-5}$	175	$5150 \cdot 10^{-3}$	517	$690 \cdot 10^{-3}$
25	$120 \cdot 10^{-5}$	177	$6150 \cdot 10^{-3}$	523	$6900 \cdot 10^{-3}$
27	$301 \cdot 10^{-5}$	179	$5900 \cdot 10^{-3}$	527	$7120 \cdot 10^{-3}$
30	$1900 \cdot 10^{-3}$	181	$7250 \cdot 10^{-3}$	531	$3500 \cdot 10^{-3}$
33	$80 \cdot 10^{-5}$	199	$120 \cdot 10^{-5}$	536	$3200 \cdot 10^{-3}$
35	$220 \cdot 10^{-5}$	212	$120 \cdot 10^{-5}$	539	$2090 \cdot 10^{-3}$
45	$350 \cdot 10^{-3}$	214	$214 \cdot 10^{-5}$	549	$8200 \cdot 10^{-3}$
61	$65 \cdot 10^{-5}$	222	$3100 \cdot 10^{-3}$	555	$7400 \cdot 10^{-3}$

63	$280 \cdot 10^{-5}$	230	$2200 \cdot 10^{-3}$	560	$8350 \cdot 10^{-3}$
63	$190 \cdot 10^{-5}$	232	$2150 \cdot 10^{-3}$	571	$2100 \cdot 10^{-3}$
64	$310 \cdot 10^{-5}$	236	$7200 \cdot 10^{-3}$	599	$6200 \cdot 10^{-3}$
64	$20 \cdot 10^{-5}$	242	$1200 \cdot 10^{-3}$	600	$7100 \cdot 10^{-3}$
70	$220 \cdot 10^{-5}$	250	$2100 \cdot 10^{-3}$	603	$2950 \cdot 10^{-3}$
75	$3200 \cdot 10^{-3}$	400	$300 \cdot 10^{-5}$	610	$3100 \cdot 10^{-3}$
81	$5250 \cdot 10^{-3}$	401	$420 \cdot 10^{-3}$	611	$4200 \cdot 10^{-3}$
88	$5500 \cdot 10^{-3}$	405	$350 \cdot 10^{-3}$	615	$4900 \cdot 10^{-3}$
95	$2650 \cdot 10^{-3}$	419	$2300 \cdot 10^{-3}$	617	$108 \cdot 10^{-5}$
99	$2200 \cdot 10^{-3}$	422	$3810 \cdot 10^{-3}$	627	$4120 \cdot 10^{-3}$
106	$20 \cdot 10^{-5}$	428	$90 \cdot 10^{-5}$	628	$5900 \cdot 10^{-3}$
109	$190 \cdot 10^{-5}$	433	$80 \cdot 10^{-5}$	633	$8920 \cdot 10^{-3}$
111	$250 \cdot 10^{-5}$	446	$100 \cdot 10^{-5}$	704	$4200 \cdot 10^{-3}$

Таблица 27.

## Магнитная индукция приповерхностных грунтов.

№ варианта	№ пробы	Магнитная индукция $\cdot 10^3$ нТл	№ варианта	№ пробы	Магнитная индукция $\cdot 10^3$ нТл
1	2	3	1	2	3
1	1	3,5	16	91	1,4
1	2	2,1	16	92	2,7
1	3	5,0	16	93	3,8
1	4	6,0	16	94	5,7
1	5	7,3	16	95	6,2
1	6	8,0	16	96	6,9
2	7	2,8	17	97	3,3
2	8	3,4	17	98	3,9
2	9	4,1	17	99	4,5
2	10	5,8	17	100	5,8
2	11	6,4	17	101	6,6
2	12	7,0	17	102	8,2
3	13	3,9	18	103	3,7
3	14	4,5	18	104	3,9

3	15	5,8	18	105	4,4
3	16	6,4	18	106	5,6
3	17	6,8	18	107	6,1
3	18	7,5	18	108	7,2
4	19	2,7	19	109	2,7
4	20	3,9	19	110	4,2
4	21	4,5	19	111	5,1
4	22	5,8	19	112	6,1
4	23	6,7	19	113	7,3
4	24	7,4	19	114	8,2
5	25	3,3	20	115	3,9
5	26	4,0	20	116	4,3
5	27	4,8	20	117	5,1
5	28	5,2	20	118	5,9
5	29	5,9	20	119	6,2
5	30	6,6	20	120	7,4
6	31	3,0	21	121	3,2
6	32	3,9	21	122	3,3
6	33	4,5	21	123	3,6
6	34	4,8	21	124	3,8
6	35	5,0	21	125	4,8
6	36	6,6	21	126	6,6
7	37	2,5	22	127	1,7
7	38	3,8	22	128	2,9
7	39	4,2	22	129	3,7
7	40	5,9	22	130	5,8
7	41	6,4	22	131	6,3
7	42	6,7	22	132	7,7
8	43	3,8	23	133	3,3
8	44	4,6	23	134	3,5
8	45	5,1	23	135	3,9
8	46	5,7	23	136	4,8
8	47	6,4	23	137	5,9
8	48	6,9	23	138	6,7

9	49	3,3	24	139	2,1
9	50	3,9	24	140	3,5
9	51	4,3	24	141	4,4
9	52	5,8	24	142	5,1
9	53	6,6	24	143	6,5
9	54	7,9	24	144	7,4
10	55	3,2	25	145	3,2
10	56	3,8	25	146	4,0
10	57	4,7	25	147	4,3
10	58	5,5	25	148	5,8
10	59	6,3	25	148	6,7
10	60	7,7	25	150	7,9
11	61	3,5	26	151	1,2
11	62	3,9	26	152	2,3
11	63	4,4	26	153	3,5
11	64	6,4	26	154	4,8
11	65	6,8	26	155	5,9
11	66	8,8	26	156	6,7
12	67	1,8	27	157	2,2
12	68	2,9	27	158	3,7
12	69	3,9	27	159	4,4
12	70	5,8	27	160	5,7
12	71	6,7	27	161	6,6
12	72	8,1	27	162	7,4
13	73	3,7	28	163	3,3
13	74	4,9	28	164	4,9
13	75	5,3	28	165	5,2
13	76	6,1	28	166	6,4
13	77	6,4	28	167	6,7
13	78	6,9	28	168	7,7
14	79	1,9	29	169	2,1
14	80	2,7	29	170	2,7
14	81	3,7	29	171	3,9
14	82	4,4	29	172	4,4

14	83	5,6	29	173	5,9
14	84	6,6	29	174	7,1
15	85	2,9	30	175	1,1
15	86	3,6	30	176	2,5
15	87	4,5	30	177	4,0
15	88	5,6	30	178	5,5
15	89	6,7	30	179	6,4
15	90	7,9	30	180	7,8

#### *Д. Оценка биогеохимических аномалий*

Длительный по времени выброс тяжелых металлов, осуществляемый при буровзрывных работах, приводит к насыщению почвенного покрова рядом токсичных элементов. Их вовлечение в трофические цепи различного уровня приводит к формированию биогеохимических аномалий. Интенсивность их проявления рассчитывается по комплексу показателей. Настоящая задача включает расчет коэффициента концентрации металлов в биоматериале, коэффициента биологического поглощения.

Коэффициент биологического поглощения в практике экологических исследований представляет собой отношение содержания химического элемента в золе растений к его содержанию в почве или горной породе.

$$K_b = C_b/C_n, \text{ где}$$

$C_b$  – концентрация ингредиента в золе растений, (мг/кг);

$C_n$  - концентрация ингредиента в почвенных отложениях, (мг/кг).

Данные для расчетов приведены в табл. 28.

Содержание отдельных элементов в живой клетке определяет ее метаболизм, функции жизнедеятельности. В.В. Ковальским определен факт возможности нормального функционирования живой клетки в определенной геохимической витальной зоне. При достижении положения предельно-допустимых

концентраций геохимическое равновесие нарушается. Микроэлементы имеют большое биологическое значение. Их превышение либо недостаток в экосистемах приводит к дисбалансу в обменных и физиологических процессах. Литофильность поступления микроэлементов в биоту определяется коэффициентом биологического поглощения, определенном А.И. Перельманом (табл. 28).

Специфика почвенного покрова определяет  $K_6$  и ряды биологического поглощения. Растительность является элементом-индикатором, характеризующим состояние экосистемы. Так значительные превышения концентраций относительно фоновых приводят к ярко выраженным физиологическим и морфологическим изменениям растительности.

Эколого-геологическое заключение, завершающее задачу, включает:

- § Анализ превышений элементов-загрязнителей растительности относительно фоновых значений;
- § Экологическую оценку ситуации по величине поэлементных коэффициентов концентраций элементов в растительности;
- § Определение роли загрязнения почв в преобразовании растительного покрова (по величине  $K_6$ );
- § Прогноз состояния экосистем в анализируемых условиях.

**Ряды биологического поглощения.**

Элементы	Коэффициент биологического поглощения ( $K_b$ )	Ряды биологического поглощения
P, S, Cl, J	$n*10 - n*100$	Энергично накапливаемые
K, Ca, Mg, Na, Sr, B, Zn, Ag	$n - n*10$	Сильно накапливаемые
Mn, Ba, Cu, Ni, Co, Mo, As, Cd, Be, Hg, Se, Ra	0, n	Группа слабого накопления и сильного захвата
Fe, Si, F, Rb, V, Li, Y, Cs	0,0 n	Слабого захвата
Ti, Cr, Pb, Al, U, Zr	0, 0.0n	Слабого и очень слабого захвата

*Е. Методика построения карты эколого-геохимического районирования и эколого-геологическое заключение*

Данная карта является синтетической эколого-геохимической картой. Для ее построения необходимо провести послойное построение тематических карт с выделением районов, характеризующихся различным состоянием эколого-геологической обстановки. Выделяют четыре класса состояния ЭГС. Причем, при наличии максимальных уровней загрязнения даже по одному из тематических слоев (экологический кризис, экологическое бедствие), изучаемая территория оценивается в целом по данному показателю экологических свойств. При построении карты используется тоновая раскраска и семантические знаки.

Карта эколого-геохимического районирования сопровождается экспликацией, в которой дается характеристика каждого выделенного таксона. *Эколого-геологическое заключение* по состоянию рассматриваемой территории включает следующие разделы:

1) Общая характеристика рассматриваемого участка. Указывается его географическое и административное положение. Приводится краткий геолого-гидрогеологический очерк, описываются особенности техноструктуры.

2) Методика построения тематических карт включает описание собственно методических подходов, а также все необходимые расчеты, приводимые в табличной форме.

3) Эколого-геохимическая оценка состояния территории по каждому тематическому слою, выявление источников загрязнения. По литературным данным и табл. 17 определяют степень токсического влияния отдельных компонентов на состояние экосистем. Прогнозируется их перемещение по трофическим цепям и возможные экологические последствия.

4) Комплексный эколого-геохимический анализ. Геологическое обоснование условий жизни и деятельности экосистем. Предложение мероприятий по ликвидации источников загрязнения и последствий их деятельности. Разработка рекомендации по системе эколого-геологического мониторинга территории.

5) Юридическое обоснование экологических оценок проводится с учетом части III настоящего учебного пособия и базируется на следующих определяющих признаках: санитарно-гигиеническом, экологическом, природноресурсном. Первый признак определяет уровень загрязнения компонентов природной среды и степень ее опасности для здоровья человека. Количественно он выражается в значениях предельно-допустимых концентраций токсических элементов (ПДК). Экологический признак определяет состояние экосистем в целом и человека в частности. Он демонстрирует их оптимальную способность к обмену веществом и энергией. Природноресурсный признак определяет объем ресурсного потенциала, обеспечивающего жизнедеятельность биоты и человека в частности.

#### **Задача 2. Методика построения синтетической карты оценки плотности техногенной нагрузки**

Согласно современным нормативным документам, при эколого-геологических исследованиях анализ техногенной нагрузки дается на основе карты техногенных объектов. Она отражает пространственную характеристику их размещения, выделяет потенциальные и реальные источники загрязнения. Однако для оценки экологической ситуации такая характеристика техносферы

недостаточна. Необходимо введение количественных критериев оценки. Среди них:

- коэффициент дорожной нагрузки Кд. Весьма информативен при анализе городских агломераций, селитебных территорий. Большая доля загрязнений в их пределах поступает от автомобильного транспорта. В этой связи Кд является одним из ведущих факторов формирования эколого-геологической ситуации.

$$K_d = (S_{\text{дор}} / S_{\text{уч}}) * 100\%, \text{ где}$$

$S_{\text{дор}}$  - площадь дорожного полотна, м<sup>2</sup>;

$S_{\text{уч}}$  - общая площадь участка исследований, м<sup>2</sup>.

При выполнении данной работы площадь изучаемого участка разбивается на сеть квадратов, площадь которых определяется масштабом исследований. При крупномасштабных ЭГИ размер ячейки сетки 1\*1 км, при М 1:200000 - 4\*4 км. В каждом квадрате определяется площадь дорожного полотна, которая равна произведению общей длины дорог на их ширину.  $S_{\text{дор}}$  соотносится с площадью квадрата, коэффициент дорожной нагрузки выражается в %. В дальнейшем производится систематизация методом линейной интерполяции относительно центров квадратов (рис. 23).

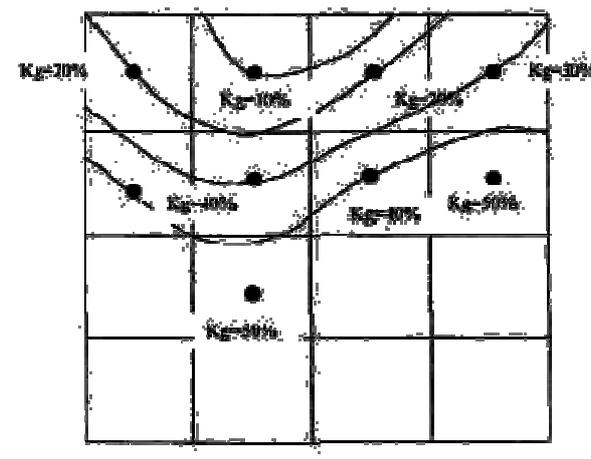


Рис. 23. Интерполяция данных по Кд.

Зонирование по степени благоприятности территории относительно жизни и деятельности человека проводится по следующим критериям:

$K_d < 10\%$  - благоприятная;

$10\% < K_d < 20\%$  - условно благоприятная;

$K_d > 20\%$  - неблагоприятная.

В пределах территорий, где широко представлена промышленная деятельность, в качестве количественного показателя плотности техногенной нагрузки эффективно использование коэффициента плотности промышленной застройки ( $K_z$ ). Он рассчитывается по формуле:

$$K_z = (S_{\text{застр.}} / S_{\text{участка}}) * 100\%, \text{ где}$$

$S_{\text{застр.}}$  - площадь, занятая промышленными зданиями и сооружениями,  $\text{м}^2$ ,

$S_{\text{участка}}$  - общая площадь исследуемого участка,  $\text{м}^2$ .

По данному коэффициенту территории подразделяются:

$K_z < 20\%$  - благоприятная,

$20\% < K_z < 40\%$  - условно благоприятная;

$K_z > 40\%$  - неблагоприятная.

Методика расчетов и картографических построений аналогична  $K_d$ .

Предполагается 20 вариантов работ по оценке плотности техногенной нагрузки по показателям  $K_d$  и  $K_z$  (рис. 24-43). Условные обозначения к ним представлены в таблице 30. Данные варианты составлены по территории агломерации Большого Воронежа.

На занятиях данный практикум выполняется либо методом компьютерного моделирования, либо на бумажных носителях. В основе построений лежит метод просвечивания тематических карт.

Первый этап работы предполагает наличие нескольких из них: например, карт дорожной нагрузки и плотности промышленной застройки. Далее эти карты совмещаются. Производится выделение зон состояния эколого-геологических систем. При совмещении неблагоприятных зон их суммарный эффект усиливается. После выделения суммарных и отдельных неблагоприятных зон отрисовываются участки, где плотность техногенной

нагрузки минимальна. Остальная площадь имеет условно благоприятную оценку. Карта строится в семафорном варианте:

*§ неблагоприятная оценка показывается красным цветом и обозначается цифрой I*

Для нее характерно многократное загрязнение ЭГС, истощение природных ресурсов, начало разрушения экологических систем, высокий уровень заболеваемости, в кризисных ситуациях - смертность. Такая плотность техногенной нагрузки формирует состояние экогеосистем, соответствующее экологическому кризису либо бедствию.

*§ условно благоприятная – желтым цветом и обозначается цифрой II,*

В пределах данной зоны формируется состояние экологического риска. Оно предполагает хроническое загрязнение компонентов природной среды, повышенный средний уровень заболеваемости и смертности.

*§ благоприятная оценка показывается зеленым цветом и цифрой III*

Такая оценка фиксирует фоновое, максимально приближенное к естественному, состояние эколого-геологической системы.

В пределах выделенных зон количество ведущих факторов оценки показывается тоновыми оттенками. Темно-красный цвет определяет сумму максимальных проявлений  $K_g$  и  $K_z$ , красный демонстрирует I зону по одному из критериев оценки. Аналогично фоновые оттенки дифференцируют обстановку по II зоне. Благоприятная зона однотонна и одноцветна, т. к. предполагает минимальный уровень техногенной нагрузки по всем анализируемым параметрам.

К комплексной карте плотности техногенной нагрузки прилагается экспертное заключение по перспективам освоения данного участка. Оно составляется по следующей схеме:

1. Анализ плотности техногенной нагрузки на основе ее комплексной оценки;
2. Прогноз дальнейшего развития территории, планирование возможных вариантов ее техногенного освоения;
3. Качественная оценка экологического коэффициента стоимости земель для гражданского и культурного освоения в зависимости от прогноза эколого-геологической обстановки.



































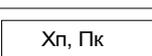
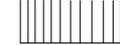
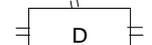






### Условные обозначения к карте техногенной нагрузки территории Большого Воронежа.

Тип техногенной системы	Подтип		Вид	Изображение на карте
1	2		3	4
Горнодобывающие	Карьеры		Карьеры	
Промышленность	Тяжелая промышленность	Машиностроение и металлообработка	Тяжелое машиностроение и производство технологического оборудования	
			Металлообработка	
			Производство строительных металлоконструкций	
			Транспортно-ремонтное и машиноремонтное производство	
			Производство строительных конструкций и изделий из алюминия	
		Радиотехническая и электронная	Радиоэлектронная	
			Электротехническая	
			Приборостроение	
		Химическая	Производство синтетической химии (синтетический каучук, шины, лакокрасочные материалы)	
			Производство бытовой химии и химико-фармацевтика	
			Нефтебазы	
			Автозаправочные станции	
		Промстройматериалов	Производство строительного кирпича и строительной керамики	
			Производство строительных железобетонных конструкций и изделий	
	Производство асфальтобетона (и т.п.)			
	Легкая промышленность	Швейные фабрики и комбинаты		
		Текстильные и трикотажные предприятия		

1	2	3	4
Промышленный	Легкая промышленность	Производство обуви и кожгалантерея	
		Мебельная, деревообрабатывающая промышленность	
		Полиграфическое производство	
	Пищевая промышленность	Мясомолочное, маслодельное, сыродельное производство	
		Рыбокомбинаты	
		Хладокомбинаты	
		Хлебопекарное, мукомольное, дрожжевое (1) и кондитерское (2) производство	
		Ликероводочное, винодельческое, пивоварочное производство	
	Промышленные зоны (базы и склады предприятия, вспомогательные производства)	Промышленные зоны	
		Производственные базы	
	Переработка, хранение и захоронение отходов	Полигоны промышленных отходов: 1 - закрытые 2 - несанкционированные, существующие Очистные сооружения: ПОС - правобережные ЛОС - левобережные Поля фильтрации (иловые карты) (ПОС)	
			
			
			
Сельскохозяйственный	Земледельческий	Садоводческие товарищества	
		Земледельные угодья сельхозпредприятий	
	Животноводческий	Животноводческие фермы Молочно-товарная Птице-товарная Звероферма	
Энергетический	Теплоэнергетический	Теплоэлектростанции (ТЭЦ)	
		Ядерно-энергетический (законсервированная ВАСТ)	
Транспортный	Железнодорожный	Локомотивное депо	
	Автодорожный	Главные автострады и магистральные улицы города	
		Автовокзалы	
		Автотранспортные предприятия (автоколонны, автобазы и т.п.)	
Водохозяйственный	Водоснабженческий	Водозаборы	
		Кладбища	

### Литература

1. Богословский В.А., Жигалин А. Д., Хмелевской В.К. *Экологическая геофизика: Учеб. пособие.*- М., 2000
2. Ковальский В.В. *Геохимическая экология.* -М.: Наука, 1994. –280с.
3. Косинова И. И. *Теоретические основы крупномасштабных экогеологических исследований.* – Воронеж, 1998. - С. 25-46.
4. Косинова И.И., Курилович А.Э. *Методика обработки информации при эколого-геологическом картировании.* - Воронеж. : Изд-во ВГУ, 2000. –62 с.
5. *Методические рекомендации по эколого-геологическим исследованиям масштаба 1:200000 для территории Московской и Воронежской серии листов. Легенда эколого-геологической карты.* / В.А. Гайнцев, Н.С. Логинова. М. ДПР по Центральному региону, 1998, 72с.
6. Перельман А.И. *Геохимия ландшафтов.* -М.: Недра, 1978. –342с.
7. Питьева К.Е. *Гидрогеоэкологические исследования в районах нефтяных и газовых месторождений.* - М.: Недра, 1999. –199 с.