

Гаев А.Я., Альбакасов Д.А., Гацков В.Г.* , Блинов С.М.,**

Михайлов Ю.В.*, Алферова Н.С., Белан Л.Н.******

Оренбургский государственный университет

* ООО «КНИ и ВЦ «Геоэкология»

**Пермский государственный университет

*** Нижнетагильский филиал Уральского технического университета

**** Башкирский государственный университет

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ В ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ РАЙОНАХ (НА ПРИМЕРЕ ОРЕНБУРЖЬЯ)

В горнодобывающих районах Оренбуржья техногенная нагрузка на окружающую среду (ОС) постоянно возрастает в связи с деятельностью предприятий горно-металлургического и топливно-энергетического комплексов. Выполнена оценка геоэкологической ситуации, по балльным показателям построены схемы типизации территории, отражающие ее уязвимость к загрязнению. Выделены типы районов, отличающиеся по уязвимости к загрязнению. Рекомендуется размещать экологически опасные объекты на слабо уязвимых к загрязнению площадях. Даются рекомендации по совершенствованию водопользования.

Горнодобывающие и нефтегазовые районы Оренбуржья отличаются постоянно возрастающей техногенной нагрузкой на окружающую среду (ОС). Увеличиваются риски и опасность жизнедеятельности в связи с работой предприятий горнometаллургического и топливно-энергетического комплексов, а также нефтегазохимии, рудников, промыслов, стройиндустрии и сельского хозяйства. Главными источниками водоснабжения служат реки и воды аллювиальных горизонтов, не защищенные от загрязнения, а в городах, за исключением Орска, Сорочинска и Оренбурга, нет территориальных очистных сооружений. Мероприятия по защите поверхностных и подземных вод на указанных объектах не дали ожидаемых результатов. Поэтому исключительно важным является гидро-геоэкологическое обоснование мероприятий по минимизации воздействия техногенной нагрузки на водохозяйственные объекты.

Нами решаются следующие задачи: оценивается гидро-геоэкологическая ситуация; изучается характер техногенной трансформации поверхностных и подземных вод; исследуются факторы и разрабатываются рекомендации, позволяющие минимизировать техногенное воздействие на природные воды, водохозяйственные объекты и геологическую среду (ГС) региона.

Кроме того, исследуются водохозяйственные сооружения и коммуникации с их гидро-геоэкологической ситуацией, формирующейся под влиянием природных и техногенных факторов. Предметом исследований

служат природные и техногенные процессы трансформации водохозяйственных объектов. Геоэкологическое ранжирование показателей на исследуемой территории выполняется так же, как на нефтегазопромыслах (табл. 1 – 5) [6].

При оценке гидро-геоэкологической ситуации учитываются и другие компоненты ОС. Оцениваются текущая и накопленная техногенная нагрузка. Для оценки первой используются показатели за конкретный год: добыча полезных ископаемых, площади застройки и техногенной нарушенности, загрязнения почв и водоемов в результате аварий и т. д.

Учитывается в условных баллах объем воды, закачиваемой в системы заводнения на каждую тонну нефти или выкачиваемой при осушении месторождений твердых полезных ископаемых, а также фонд эксплуатационных и нагнетательных скважин, степень обводненности залежей (табл. 4, 5).

Гидро-геоэкологическая ситуация каждого района и разрабатываемого месторождения оценивается средним баллом. При оценке, например, тяжелой нефти, аномалий радиоактивных и тяжелых металлов к техногенной нагрузке добавляется 0,5 балла. По воздействию источники загрязнения и месторождения делятся на четыре группы: слабое – 1 и менее баллов, среднее – 1-2, высокое – 2-3 и очень высокое – более 3-х баллов.

Гидро-геоэкологическая ситуация территории в целом ранжируется на весьма опасную, опасную, умеренно опасную и допусти-

мую. Требуется гигиеническая и гидрогеоэкологическая оценка загрязненных районов, поскольку трансформация состава природных вод ведет к снижению качества жизни населения, к росту заболеваемости и смертности людей.

Для оценки влияния техногенной нагрузки на экологическую ситуацию использованы понятия уязвимости и защищенности ОС к загрязнению. Построены карты защищенности подземных вод и ГС по методике ВСЕГИНГЕО [7, 8]. Рассматривается защищенность первого от поверхности горизонта подземных вод и скорость проникновения загрязняющих веществ с земной поверхности. Учитываются мощность, литологический состав, фильтрационные свойства водовмещающих и покровных отложений. Используются также понятия уязвимости и устойчивости ГС к загрязнению.

Под устойчивостью ГС к загрязнению понимается не только ее защищенность, но и физико-химическая способность пород зоны аэрации и водовмещающих отложений локализовать загрязняющие вещества за счет реакций, получивших название эффекта геохимического барьера [2, 10].

Для зоны активного водообмена характерна литологическая пестрота. Линзы глинистых водоупоров препятствуют фильтрации и инфильтрации подземных вод, образуя подпоры подземных потоков и изменяя их направление. Долины рек выполнены аллювием, содержащим отложения русловой фации (галечники и пески). По притокам формируется неоднородный ложковый аллювий. Техногенная трансформация превращает подземные воды в непригодные для водоснабжения за счет увеличения концентраций хлоридов, сульфатов, железа, кальция, магния, фтора. Кроме того, появляются пестициды, нефтепродукты, радионуклиды. Загрязнение ОС интенсивно протекает в горнодобывающих районах.

Понятие «уязвимость подземных вод по отношению к загрязнению» предложено Ж. Марга (1968). Первая карта уязвимости подземных вод к загрязнению в масштабе 1:1 000 000 составлена во Франции (Albinet, 1970) [9]. «Под уязвимостью подземных вод подразумеваются природные свойства системы подземных вод, которые зависят от способнос-

Таблица 1. Оценка уровней концентраций загрязняющих веществ в баллах

Ранжирование нормируемых концентраций загрязнителей	Компоненты ГС				
	Почвы	Породы зоны аэрации	подземные воды	донные осадки	водоемов
безнапорные	субнапорные или напорные				
Допустимые	1	1	1	1	1
Умеренно опасные	4	3	4	4	2
Опасные	7	5	7	7	3
Весьма опасные	10	7	10	10	4

Таблица 2. Защищенность подземных вод от загрязнения

Степень защищенности	Типы вод	
	безнапорные	субнапорные или напорные
Незащищенные	1	1
Условно-защищенные	3	3
Защищенные	5	5
Хорошо защищенные	7	7

Таблица 3. Обеспеченность территории ресурсами подземных вод

Степень обеспеченности	Оценочный балл
Обеспеченная	1
Ограниченно обеспеченная	3
Слабо обеспеченная	5
Необеспеченная	7

Таблица 4. Оценка текущей техногенной нагрузки

Баллы	Добыча нефти, тыс. т	Площадь загрязнения в результате аварий, м ²	Обводненность в %	Количество закачанной воды на 1 т нефти, м ³ /т	Фонд добывающих и нагнетательных скважин
1	0-100	0-50	< 20	< 2,5	1-30
2	100-240	100-300	20-50	2,5-3,5	50-90
3	240-1000	900-4000	50-80		100-200
5	> 4000	> 10000	80	> 3,5	> 300

Таблица 5. Интегральная оценка экологического состояния гидросферы

Экологическое состояние	Интегральная оценка (Бср)
Благоприятное	1-2,0
Условно благоприятное	2,1-4,4
Неблагоприятное	4,5-6,8
Весьма неблагоприятное	>6,9

ти или чувствительности этой системы справляться с природными и антропогенными воздействиями» (Vrba, Zaporozec, 1994). В США различают: 1) специфическую уязвимость к конкретным загрязняющим веществам; 2) присущую уязвимость, которая не зависит от свойств и поведения специфических загрязняющих веществ.

Понятие уязвимости фокусирует внимание на самых неустойчивых участках природного комплекса по отношению к техногенному воздействию. Термин устойчивость противоположен понятию уязвимости ГС. Чем меньше устойчивость среды, тем выше ее уязвимость к загрязнению. Без оценки уязвимости ОС к загрязнению невозможно обосновать мероприятия по ее защите в конкретных условиях. На первом этапе необходимо дать качественную оценку ее защищенности и способности природного комплекса сохранять на определенный период свои качества, отвечающие требованиям практического использования. На втором этапе необходимо дать количественную оценку скорости проникновения конкретного загрязняющего вещества в водоносный горизонт с учетом его миграционных свойств в условиях конкретной ГС.

Существуют разнообразные подходы к оценке и картированию уязвимости подземных вод и ГС [9]. Мы считаем, что количественный подход к оценке уязвимости может быть осуществлен уже на первом этапе по самым общим геохимическим параметрам, например по минерализации вод. Возможно также использовать схему К.Е. Питьевой

[11], учитывающую способность пород удалять физико-химически загрязняющие вещества из подземных вод при адсорбции, ионном обмене, осаждении и разложении органического вещества кислородом и микроорганизмами. По показателям состава, мощности пород зоны аэрации и их водопроницаемости К.Е. Питьева выделяет восемь категорий защищенности подземных вод.

В отечественной и мировой практике построено достаточно много карт по уязвимости или защищенности подземных вод и ГС к загрязнению. Вопросы защищенности верхнего напорного водоносного горизонта разработали Гольдберг и Газда [7, 8]. Выделены три класса вод: защищенные, условно защищенные и незащищенные. В.М. Гольдберг является автором методики балльной оценки защищенности подземных вод. Каждому фактору присваивается определенный балл, а сумма баллов характеризует определенную категорию защищенности подземных вод. Чем она больше, тем лучше защищенность подземных вод. Американские ученые Л. Аллен, Т. Беннетт, Дж. Лен и К. Нейкетт в 1987 г. разработали аналогичную балльную систему оценки уязвимости подземных вод к загрязнению, получившую название Drastic [9]. Ими учитывается мощность зоны аэрации, состав пород водоносного горизонта, питание вод. Для конкретных условий устанавливается рейтинг каждого фактора. Умножая «вес» на «рейтинг», авторы получают «показатель» (Number). Сумма показателей («драстик-индекс») отображается на карте. На качественном уровне построена и карта уязвимости подземных вод Западной Бельгии [9]. На карте показано 16 участков с комбинацией и анализом данных о мощности, литологии пород зоны аэрации и составе водоносных пород. Наиболее уязвимыми считаются участки водоносного горизонта, сложенные высоко проницаемыми сильно трещиноватыми породами, перекрытыми маломощным (до 5 м) слоем хорошо проницаемых пород. И. Зекцер, Л. Эверетт и С. Кален в 1991 г. построили карту по уязвимости подземных вод масштаба 1:2 000 000 по штату Калифорния. Экспертным путем определяли различные «показатели» (Numbers). Суммой Numbers на карте охарактеризовали защищенность под-

Таблица 6. Балльная оценка накопленной техногенной нагрузки

Баллы	Площадь, км ²	Накопленная добыча нефти на 1 км ² , тыс.т / км ²	Плотность пробуренных скважин, скв / км ²	Количество закачанной воды на 1 т нефти, м³/т	Срок разработки, лет
1	1-10	0-100	< 1	< 2,5	1-10
2	10-30	100-300	1-3	2,5-3,5	10-20
3	> 30	> 300	3-6		20-30
4			> 6	> 3,5	> 30

земных вод. Был сделан вывод, что чем больше мощность зоны аэрации и время водообмена, тем меньше уязвимость вод к загрязнению.

Фильтрационные и физико-химические свойства пород являются наиболее важными для оценки уязвимости ГС, но для региональных оценок чаще учитывается литологический состав пород зоны аэрации. Важнейшими показателями уязвимости ГС к загрязнению служат модульные параметры инфильтрационного питания грунтовых вод в л/с•км². Они помогают перейти к количественной оценке уязвимости ГС к загрязнению.

Такого рода построения следует рассматривать как исходную позицию для количественной оценки уязвимости ГС к загрязнению. Интенсивность техногенного воздействия и рост концентрации загрязняющих веществ можно выразить через модуль техногенной нагрузки в тоннах в год на км², представляющий собой отношение количества выбрасываемых ежегодно загрязняющих веществ к площади района. В.М. Гольдберг в 1987 г. предложил ввести индекс чувствительности подземных вод к загрязнению Р, определяемый как отношение модуля техногенной нагрузки t к показателю защищенности подземных вод S , т.е.

$$P=mt/S, \quad (1)$$

где t – время накопления определенного количества загрязняющих веществ на оцениваемой территории, в годах. S определяется из суммы баллов. Чувствительность подземных вод к загрязнению прямо пропорциональна техногенному воздействию на ГС и обратно пропорциональна природной защищенности. Индекс Р показывает взаимосвязь между загрязнением ГС и возможностью загрязнения подземных вод. Этот индекс может быть также отражен на карте защищенности подземных вод в различных градациях.

При интенсивном развитии процессов загрязнения в различных ландшафтно-климатических условиях количественную оценку процессов техногенной трансформации ГС можно получить, вычисляя массу компонентов, поступающих в ГС в модульном исчислении. Для оценки предельно допустимого загрязнения ОС нами используется так называемый модуль предельно допустимой

концентрации ($M_{пдк}$) [3, 5]. Например, норма минерализации для вод хозяйственно-питьевого назначения равна 1 г/л. Произведение этого норматива на модуль подземного стока дает величину $M_{пдк}$. Вычитая из $M_{пдк}$ величину модуля химического стока ($M_{пхс}$), получаем величину модуля предельно допустимого загрязнения ($M_{пдв}$).

$$M_{пдк} - M_{пхс} = M_{пдв} \quad (2)$$

Эти расчеты, выполненные до начала освоения территории, характеризуют естественный запас ее экологической устойчивости. Горнодобывающие районы под техногенным прессингом утрачивают часть естественной устойчивости. Возникает задача непрерывно осуществлять прогнозную оценку остаточной естественной устойчивости ОС при разработке соответствующих вариантов природопользования. Речь идет об экологической оценке техногенной нагрузки намечаемых мероприятий и их экспертизе, предшествующей проектированию. При этом естественная и остаточная экологическая устойчивость ОС становится предметом анализа ретроспективных карт уязвимости территории к загрязнению. На участках, где техногенная нагрузка максимальна, может произойти полное истощение естественной устойчивости, и речь должна идти об экологическом кризисе.

Карта уязвимости территории Предуралья к загрязнению (рис. 1) фиксирует зональные изменения $M_{пдв}$ региона. Модуль закономерно уменьшается с севера на юг: от 20-40 т/км² в год в таежной зоне до 5-20 в степных районах и менее 5 т/км² в год в сухостепных районах левобережья Урала и Волго-Уральского междуречья. Загипсованные породы приподнятой части Предуралья отличаются азональным ростом уязвимости к загрязнению.

Высотная поясность осложняет широтную зональность. На возвышенностях $M_{пдв}$ возрастает до 100 т/км² в год и более и до 20-40 т/км² на юге региона. В целом уязвимость ОС к загрязнению возрастает с севера на юг и от приподнятых районов к понижениям рельефа [3, 5]. Карта характеризует уязвимость ГС региона и дает возможность сравнить различные варианты размещения ответственных объектов при их проектировании. Кроме того,

она позволяет оценить эффективность природоохранных мероприятий при их планировании и предотвратить загрязнение ОС. Авто-ры разделяют мнение, что стоимость восстановления загрязненной территории намного выше затрат на мероприятия по ее защите. В основу геоэкологического зонирования следует положить такие аспекты, как:

1) уязвимость территории по отношению к техногенной нагрузке;

2) народнохозяйственная ценность земель, водных, лесных и минеральных ресурсов и характер их площадного размещения;

3) исторически сложившаяся инженерная инфраструктура ОС;

4) геоэкологически обоснованные схемы типизации территории с количественной и качественной оценкой указанных аспектов.

В качестве примера приведем схему перспективного размещения производительных сил для Оренбургской газопромышленной зоны (рис 2). Такие схемы должны строиться в период изысканий при разработке технических проектов предприятий. Управление качеством ОС предполагает обоснованное размещение новых, опасных в санитарном отношении сооружений, умеренное использование удобрений и ядохимикатов, а также исключение из практики стихийности в формировании геотехнических систем.

Кроме того, они позволяют обосновать использование более устойчивых к загрязнению блоков земной коры и организацию санитарно-защитных зон. На схеме выделено четыре типа районов. Слабая уязвимость к загрязнению первого типа районов и относительно невысокая ценность земель и природных ресурсов позволяют рекомендовать его к широкому хозяйственному использованию с минимальными природоохранными мероприятиями.

Оценка уязвимости дана в $M_{\text{пдв}}$ в т/км² в год: 1 – < 5; 2 – 5-20; 3 – 20-40; 4 – 30-50; 5 – 50-100; 6 – > 100; 7 – границы районов затратами. Четвертый тип районов характеризуется исключительной уязвимостью к загрязнению и рекомендуется к ограниченному использованию. Это поймы рек с зонами со средоточениями поверхностных и подземных вод. Такие схемы позволят уже на стадии планирования избежать дальнейшего загрязнения ОС. Внедрение их в системы монито-

ринга поможет стабилизировать ситуацию и одновременно учитывать степень ее уязвимости к загрязнению. При ретроспективных построениях схемы отражают уровень экологического благополучия территории и могут служить хорошим инструментом для перспективного планирования и размещения производительных сил.

В системах мониторинга отслеживаются изменения всех компонентов ОС: атмосферного воздуха, поверхностных вод, почвенно-растительного покрова, литосферы. Наряду с собственной наблюдательной сетью используется и ведомственная информация. Для атмосферного воздуха и поверхностных вод периодичность наблюдений составляет несколько раз в сутки на передвижных лабораториях и стационарных автоматических постах. Для их оборудования фирма SYRUS SYSTEMS поставляет микропроцессорные системы определения уровней загрязнения. Приборы управления оснащены стандартным интерфейсом RS-232 для связи с персональным компьютером при помощи систем SAM 32 и SAM 32H. На стационарных постах осуществляется непрерывный анализ качества воды. Кабины с приборами устанавливаются на водохозяйственных объектах. Большой объем и рассредоточенность информационных ресурсов, используемых для создания моделей, требуют автоматизации управления ими, оперативного доступа и надежного ее хранения. Относительно информации следует отметить [1, 6]: 1) она рассредоточена по организациям; 2) хранится на устаревших носителях; 3) решает частные задачи; 4) доступ к информационным системам строго ограничен; 5) компьютерные базы данных построены с использованием различных справочников и классификаторов; 6) нет информационных технологий одновременно для оценки различных объектов. Поэтому для систем мониторинга необходимо создание единого информационного пространства, детальных геолого-геофизической и комплексной геоэкологической моделей территории с оценкой состояния ОС. Модели уточняются и детализируются по мере освоения объекта, позволяя на каждом этапе принимать оптимальные решения.

Нами создаются банки данных на основе ГИС ARC/INFO и настольной ГИС Arc

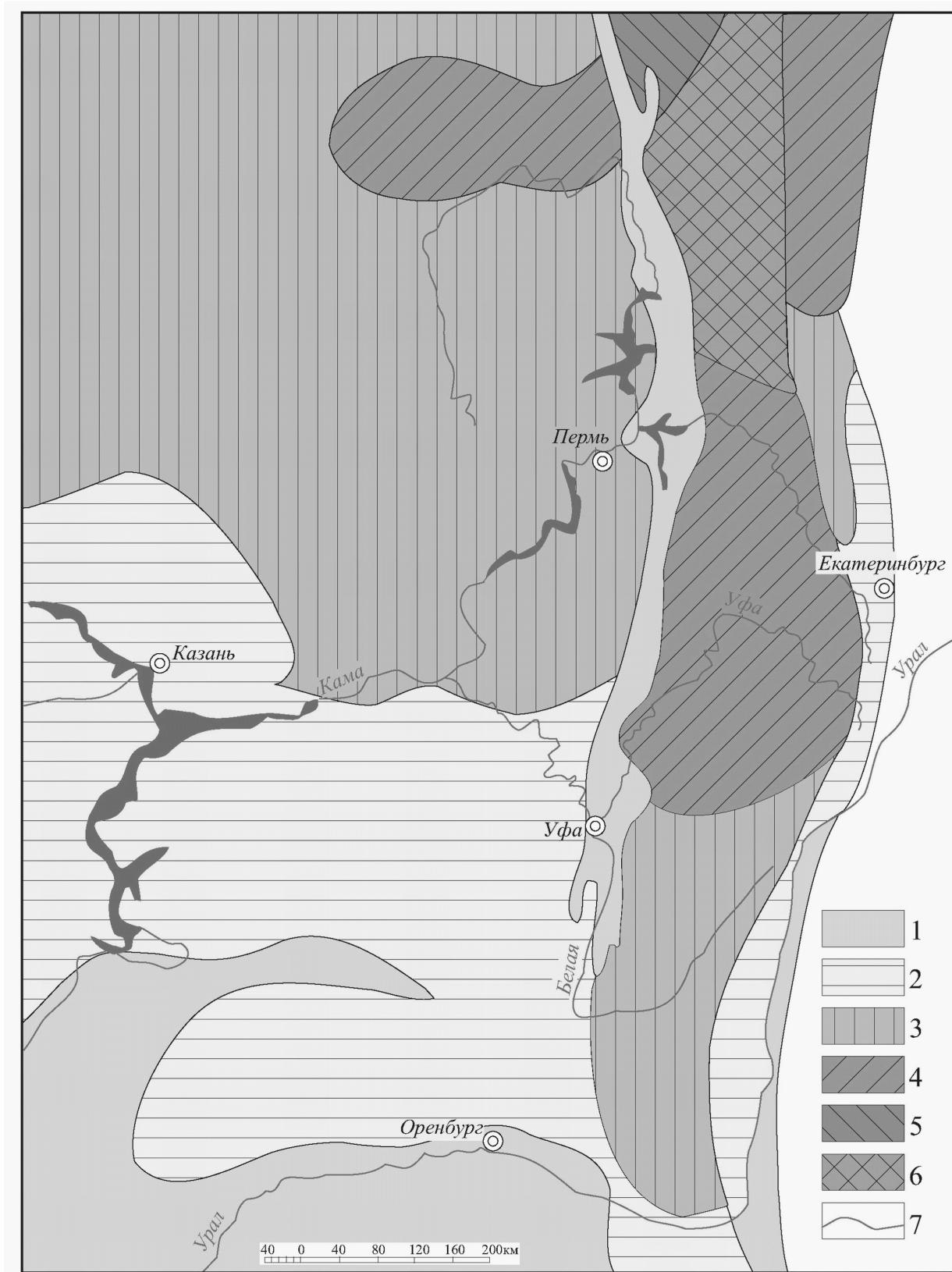


Рисунок 1. Схематическая карта уязвимости территории Оренбуржья и сопредельных регионов к загрязнению.

View. Они разделены на блоки: литосфера, атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, почвенно-растительный покров. Банки состоят из подсистем первичных и вторичных (обработанных) данных. В первую подсистему поступают сведения о наблюдениях, съемках и тематическом дешифрировании аэрокосмоснимков.

Подсистема вторичных экспертных данных состоит из справочных баз данных, в которых хранятся характеристики ОС, неизменяемые во времени: координаты постов контроля, информация о загрязняющих веществах (ПДК, класс опасности и т.д.) и алгоритмы подсистем, описывающие масса- и теплоперенос в окружающей среде. Они позволяют интерполировать первичные данные с целью построения изолиний концентраций и зон влияния.

Отдельный блок отражает место в системе мониторинга дистанционных методов. Они используются для геологического моделирования и оценки состояния ОС. Эти методы (ДЗЗ) позволяют получать достоверную и представительную информацию об экологическом состоянии рассматриваемой терри-

тории. Съемочная аппаратура ДЗЗ, устанавливаемая на спутниках, работает в ультрафиолетовом, видимом, инфракрасном и микроволновом диапазонах. Из систем ДЗЗ наиболее полно отвечают требованиям мониторинга отечественные космические аппараты серии «Ресурс-Ф», американские LANDSAT и французская SPOT. Спутники серии «Ресурс-Ф» выполняются на базе платформы аппарата «Метеор-3». Их бортовой информационный комплекс предназначен для получения и передачи на землю информации в видимом и инфракрасном диапазонах спектра. Для приема этой информации используется персональная станция «СканЭР». Для многократного использования данных ДЗЗ целесообразно создание каталога ДЗЗ на магнитных носителях.

Таким образом, выполняется оценка геоэкологической ситуации объектов на территории Оренбуржья и сопредельных районов, предложена методика геоэкологической оценки горнодобывающих районов с качественными и количественными методами, позволяющими осуществить комплексный геоэкологический анализ территории с це-

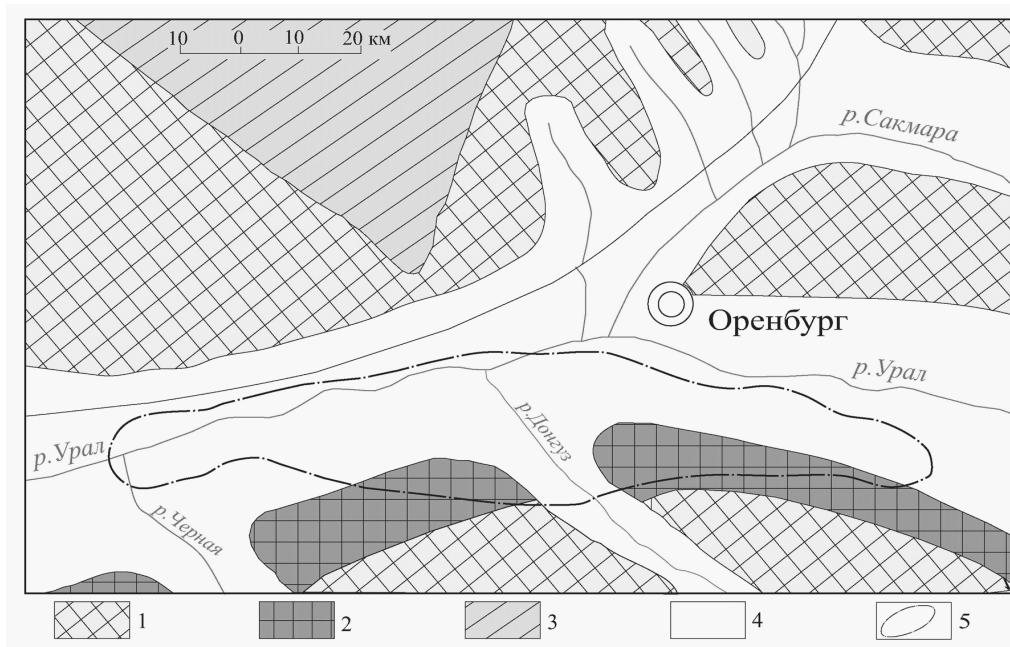


Рисунок 2. Схема геоэкологического обоснования перспективного размещения производительных сил.
1 – районы практически неограниченного использования, где охрана ОС сводится к планировке (срезке) и локализации поверхностного стока; 2 – районы широкого хозяйственного использования с минимальными затратами на охрану ОС; 3 – районы ограниченного использования со значительными затратами и с очень большими затратами на охрану ОС от загрязнения; 4 – районы, рекомендемые к исключительно ограниченному использованию; 5 – контур Оренбургского газоконденсатного месторождения

лью разработки мероприятий по минимизации техногенной нагрузки и стабилизации экологической ситуации.

Заключение. Истоки геоэкологических исследований связаны с поисками полезных ископаемых и научно-методическими разработками ведущих отечественных институтов. Выделено два периода исследований: до 80-х гг., когда накапливался материал о строении и составе ОС, и с 80-х гг. до настоящего времени, когда начаты эколого-геохимические исследования.

В настоящее время охрана ОС и концепция ее уязвимости к загрязнению становятся самыми актуальными задачами. Наша методика типизации территории опирается на качественные и количественные признаки при выделении районов по уязвимости к загрязнению. $M_{\text{пдв}}$ варьирует в пределах от 100 и более до 5 т/км² в год и менее. По балльным показателям построены схемы типизации территории, отражающие ее уязвимость к загрязнению. Они используются для обоснования и перспективного планирования развития производительных сил в горнодобывающих районах.

Оренбуржье относится к районам с резко континентальным, жарким климатом и значительным испарением. Дефицит водных ресурсов определяет условия жизнедеятельности. Водоснабжение осуществляется за счет аллювиального горизонта в пределах пойменной части долин рек. Аллювиальные воды не защищены от загрязнения.

На месторождениях полезных ископаемых техногенная трансформация вод имеет

свою специфику. Потери в ОС только от добычи и переработки нефти составляют по этапам от 0,002 до 3,28%. По неисправным скважинам и трубопроводам нефть и рассолы вытекают на поверхность земли. Возникают обширные очаги загрязнения и засоления природных вод, ухудшается их качество и экологическая обстановка.

Комплексная оценка экологической ситуации территории в баллах выявила загрязнение ОС: весьма опасное (10), опасное (7), умеренно опасное (4) и допустимое (1). Трансформация ОС ведет к снижению качества жизни населения. Изучение уязвимости к загрязнению ОС на основе количественных показателей $M_{\text{пдв}}$ позволило разработать систему мониторинга и выдать рекомендации по совершенствованию водопользования.

Рекомендуется размещать экологически опасные объекты на слабо уязвимых к загрязнению площадях. Выделены типы районов, отличающиеся по уязвимости к загрязнению. Каждый тип характеризуется своими ландшафтами и инженерно-геологическими разрезами. Стабилизация геоэкологической ситуации требует соответствия техногенного воздействия способности ОС к самоочищению.

Для оздоровления горнодобывающих районов рекомендуется поэтапное увеличение их лесистости до 20%. Посадки леса и кустарников рекомендуется осуществлять в супераквальных ландшафтах, а в элювиальных ландшафтах засаживать неудобья и нарушенные земли (балки, ложбины, конусы выноса и пр.).

Список использованной литературы:

- Аксенов А.А., Гацков В.Г., Стасенков В.В. Опыт комплексирования аэрокосмических и геолого-геофизических исследований при нефтегазопоисковых работах на примере Пермского Прикамья. Обзор, серия Нефтегазовая геология и геофизика. М., ВНИИОЭНГ, 1984. - 54 с.
- Алексеенко В.А. Экологическая геохимия: Учебник. М.: Логос, 2000. - 627 с.
- Бабушкин В.Д., Гаев А.Я., Гацков В.Г. и др. Научно-методические основы защиты от загрязнения водозаборов хозяйствственно-питьевого назначения / Пермь. ун-т. - Пермь, 2003. - 264 с.
- Берлант А.М. Использование ГИС-технологий в мониторинге водных объектов и водосборных территорий. М., ГЦВМ, 1998. - С. 180-208.
- Гаев А.Я. Гидрохимия Урала и вопросы охраны подземных вод. Свердловск: Изд-во Урал ун-та, 1989. - 368 с.
- Гацков В.Г. Техногенное изменение геологической среды в районах поисков, разведки и эксплуатации месторождений углеводородов (на примере Предуралья и сопредельных территорий) / Автореф. дисс. доктора геол.-мин. наук. Москва, 2004. 47 с.
- Гольдберг В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. - 247 с.
- Гольдберг В.М. и др. Техногенное загрязнение природных вод углеводородами и его экологические последствия. - М.: Наука, 2001. - 124 с.
- Зекцер И.С. Подземные воды как компонент окружающей среды. М.: Научный мир, 2001. - 328 с.
- Перельман А.И. Геохимия. М.: Высшая школа, 1989. - 528 с.
- Пильева К.Е. Гидрохимические исследования в районах нефтяных и газовых месторождений. М.: Недра, 1999. 199 с.