

О ЗОНИРОВАНИИ ТЕРРИТОРИИ ПО СТЕПЕНИ УЯЗВИМОСТИ К ЗАГРЯЗНЕНИЮ

Построена схема типизации территории Оренбургского газо-промышленного комплекса. Выделено 5 типов районов по различной степени уязвимости к загрязнению. Каждый из них характеризуется своими значениями модуля предельно допустимого загрязнения от 70 т/км² и выше до 5 т/км² и ниже. Строительство экологически опасных объектов рекомендуется проводить на площадях, характеризующихся весьма слабой уязвимостью к загрязнению.

Постановка проблемы

На урбанизированных территориях в эпоху НТР стихийно сформировались такие техногенные нагрузки, которые превратили окружающую среду в непригодную для использования. С целью снижения негативного воздействия на окружающую среду и стабилизации геоэкологической ситуации разрабатываются и внедряются наряду с технологическими, санитарно-техническими и организационными архитектурно-планировочные мероприятия. Они наименее разработаны и практически основываются пока на самых общих представлениях. Лучшие образцы такого рода мероприятий сводятся к выносу предприятий и промышленных объектов за пределы селитебных и рекреационных зон. В последней четверти XX в. за рубежом и в России все шире внедряются в строительную практику принципы зонирования промышленных, селитебных и рекреационных зон.

При планировании, проектировании и застройке территории пока, к сожалению, почти не учитываются ее геоэкологические особенности и хозяйственная ценность созданной на ней инженерной инфраструктуры. Чтобы перейти на модель устойчивого развития, необходимо в основу управленческих решений положить комплекс геоэкологических и экономических карт и схем. Они позволят оптимизировать управленческие решения и осуществить переход к ноосфере.

Ноосфера, по В.И. Вернадскому [3], – это сфера разума. Человек в своей деятельности достигает высочайшего уровня развития. Вся его хозяйственная и иная деятельность отражается в техногенных геохимических циклах миграции элементов в биосфере [5, 11]. Геосистемы, наносящие сегодня ущерб биосфере, должны быть реорганизованы в ноосистемы, в которых идеи В.И. Вернадского о сбалансированности техногенных и природных процессов полностью реализованы [2, 7, 8, 9]. В качестве одного из инструментов геоэкологического управления приро-

допользованием разработаны и используются модели схем типизации окружающей среды по уязвимости, устойчивости и защищенности к загрязнению [1]. В качестве примера приведем такую схему по территории Оренбургского газо-промышленного района.

Схемы типизации территории по уязвимости к загрязнению

Наиболее уязвимыми для загрязнения компонентами окружающей среды являются атмосферный воздух и природные воды. Геоэкологические аспекты процессов загрязнения лучше всего разработаны в отношении подземных вод. В отечественной практике геологами выполнена огромная работа по типизации геологической среды. Закартирована территория бывшего СССР в масштабе 1:500 000 и 1:1 500 000. Выделены районы и площади с различной степенью защищенности подземных вод верхнего водоносного горизонта от загрязнения.

Для оценки защищенности водоносных горизонтов по методике ВСЕГИНГЕО [6] учитываются мощность, литологический состав, фильтрационные свойства перекрывающих водоносный горизонт отложений. А.Я. Гаев, В.С. Самарина и Г.Д. Мусихин предлагают принимать во внимание также возможность поступления загрязнителей сбоку и снизу [12]. Это зависит от наличия, мощности и физико-химической активности водоупорных пород, подстилающих водоносный горизонт, и от соотношения пьезометров нижних водоносных горизонтов и верхнего – эксплуатируемого. Изучение защищенности окружающей среды и водоносных горизонтов сверху, сбоку и снизу требует проведения эколого-геологических работ. В качестве основы для постановки исследований используется геологическая карта района. Важно точнее определить соотношение водопроницаемых и водоупорных пород в приповерхностных четвертичных, склоновых, речных, озерных и ложковых отложениях и в элювии коренных пород.

Поэтому при составлении геологической основы геоэкологических карт используются материалы по бурению изыскательских и водозаборных скважин. Эти данные хотя и относятся к геологической документации с невысоким качеством, но при сопоставлении их с достоверной геологической информацией по ним можно установить мощности, литологию и физико-химическую активность (карбонатную емкость) интересующих нас отложений. Наиболее ценные геологические сведения получают в ходе проведения специализированных полевых исследований при документации естественных (обрывы, стенки оврагов и др.) и искусственных (канавы, траншеи, шурфы, карьеры, скважины) разрезов [12].

Основной водоносный горизонт, обеспечивающий питьевой водой город Оренбург и население района, – это горизонт аллювия в поймах рек Урала, Сакмары и Самары. Он относится к первой категории защищенности по В.М. Гольдбергу. Мощность легких суглинков, реже – супесей, перекрывающих в пойме водоносные пески и галечники, колеблется от 1-2 до 5 м. Коэффициенты фильтрации этих суглинков и супесей изменяются от 0.05 до 1-2 м/сут, составляя в среднем около 0.1 м/сут. Мощность защитной глинистой покрывки на надпойменных террасах Урала и Сакмары местами достигает 18-20 м, а в г. Оренбурге – 7 м (вторая категория защищенности). Трещинные, порово-трещинные и карстовые воды в палеозойских породах на участках с молодым расчлененным рельефом обычно не защищены хорошо с поверхности. Мощность покровных суглинков на таких участках не превышает 5 м, а чаще всего составляет 1-2 м. Глинистый аллювий на коренных породах отсутствует (защищенность за счет покровных отложений не выше первой категории). На более древних выровненных участках рельефа мощность перекрывающих коренные породы суглинков и глин обычно превышает 5 м, достигая иногда 20 м и более. Верхняя часть разреза коренных пород за счет выветривания часто глинизируется. Все это позволяет отнести защищенность геологической среды и подземных вод коренных пород таких участков ко второй категории.

Напорные воды характеризуются обычно как условно защищенные. Значительные напоры на больших участках отмечены в водоносном горизонте татарского яруса верхней перми в районе г. Оренбурга [4, 12]. Большие запасы

пресных вод и их относительно хорошая защищенность позволяют рассматривать этот горизонт в качестве надежного резерва питьевой воды для г. Оренбурга и газо-промышленного района в целом.

Защищенность территории существенно нарушается разнообразными техногенными процессами. Участки, где суглинистая защитная покрывка нарушена в силу существования брошенных, но не затампонированных скважин, траншей, котлованов, карьеров и других выработок, необходимо показывать на картах особым знаком. Миграция загрязнителей в водоносном горизонте происходит не только путем инфильтрации сверху, но и по направлению водных потоков. Нами выявлены участки с естественной литологической защитой от такого загрязнения сбоку. Так, в пос. Берды (г. Оренбург) на поверхности второй террасы мощность защитного слоя суглинков достигает 18 м, но вода в отложениях русловой фации террасы не пригодна для питья. Ее минерализация после ввода в эксплуатацию нефтемазозавода на окраине этого поселка повысилась до 3 г/л. Поступление загрязнителей в воды второй террасы происходит сбоку, со стороны нефтемазозавода. Водоносный горизонт от загрязнения «сбоку» не защищен. Такая же ситуация зафиксирована на первой террасе р. Сакмары на широте фермы совхоза «Сакмарский» и птицефабрики «Россия», где выше по потоку от птицефабрики животноводческий комплекс совхоза сбрасывает жидкий навоз прямо в поверхностный водоток.

Под пойменным аллювием Урала и Сакмары в палеозойских породах выявлены соленые подземные воды и рассолы хлоридного состава. Эти воды «подтягиваются» в эксплуатируемый аллювиальный горизонт, особенно при интенсивном водоотборе и его истощении. От такого загрязнения «снизу» водоносный горизонт на значительных участках защищен линзами красноцветных аргиллитоподобных глин татарского яруса и, реже, акчагыльских глин. Красноцветные татарские глины в качестве защиты более благоприятны, так как не содержат двухвалентного железа.

Наряду с понятием защищенности, нами разрабатываются понятия уязвимости и устойчивости экотопа окружающей среды к загрязнению как активной его реакции на негативные процессы, связанные со способностью к самоочищению и созданию эффекта геохимичес-

кого барьера [2, 11]. Для количественной оценки устойчивости территории относительно загрязнения используется параметр модуля предельно допустимого загрязнения ($M_{\text{ПДВ}}$) [2, 4]. Величина $M_{\text{ПДВ}}$ (измеряется в т/км^2 в год) изменяется весьма значительно в пределах даже речного бассейна при переходе от одного элементарного геохимического ландшафта к другому. Это обусловлено неоднородностью структуры геохимического стока, различной проницаемостью и геохимической активностью покровных и водовмещающих пород, неодинаковой степенью расчленения рельефа и различием значений геологических и физико-географических параметров, что видно на карте уязвимости окружающей среды Оренбургского газо-промышленного района (рис. 1). На схеме выделено пять типов районов, отличающихся по совокупности параметров, характеризующих уязвимость или устойчивость соответствующей территории к загрязнению. Исследуемая территория приурочена к платформенной части региона и характеризуется типичными степными ландшафтно-климатическими условиями. Для типизации территории по уязвимости к загрязнению нами использован комплекс карт и схем: геоморфологическая, типов местности, кайнозойских осадков, неотектоническая. В этот комплекс вошли также геологическая и гидрогеологическая карты, схема инженерно-геологического районирования и карта инженерно-геологических процессов.

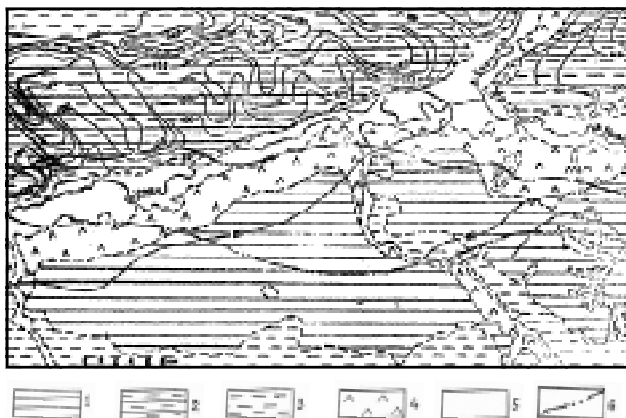


Рисунок 1. Схема типизации территории по уязвимости к загрязнению. Оренбургский газо-промышленный район.

Типы районов по уязвимости к загрязнению и устойчивости с учетом МПДВ, т/км^2 в год:

- 1 – весьма слабо уязвимые (70),
- 2 – слабо уязвимые (50-70), 3 – уязвимые (20-70),
- 4 – значительно уязвимые (5-20),
- 5 – весьма уязвимые (< 5), 6 – контур месторождения.

Каждый район имеет свой сводный инженерно-геологический разрез, на котором выделены инженерно-геологические комплексы пород (рис. 2). Охарактеризованы водно-физические и механические свойства грунтов. На карте инженерно-геологических процессов отражены глинистые грунты, подверженные набуханию, усадке, пучению [4]. Эти процессы широко распространены на левобережье Урала, в пределах месторождения. Над разрабатываемыми газовыми залежами проявляются процессы оседания земной поверхности. В случае дальнейшего развития их наиболее «чувствительными» к изменению параметров геохимической миграции и аккумуляции химических элементов оказываются пойменные террасы, где при этом повышается уровень подземных вод, ухудшается их качество и усиливается эрозионно-аккумулятивная деятельность. В направлении от поймы к водоразделам роль подземной составляющей геохимического стока уменьшается. На основе упомянутых картографических построений и параметров составлена схема типизации по уязвимости окружающей среды к загрязнению (рис. 1, 2, табл. 1). В основу схемы типизации положены результаты анализа структуры геохимического стока. Выделено пять типов районов, отличающихся по уязвимости к загрязнению. Первый и второй типы районов – весьма слабо и слабо уязвимых к загрязнению – приурочены к склонам возвышенностей и сопряженным с ними склонам речных долин. С поверхности они сложены шлейфами делювиальных суглинков, соответствуя главным образом трансэлювиальным геохимическим ландшафтам. Первый тип районов, весьма слабо уязвимых к загрязнению, приподнят и слабо расчленен. Уклоны поверхности относительно небольшие, но достаточные, чтобы поверхностный геохимический сток резко преобладал над подземным благодаря развитию мощных (до 20 м и более) слабо проницаемых покровных отложений. Второй тип, слабо уязвимых к загрязнению районов, по сравнению с первым несколько более приподнят геоморфологически. Рельеф здесь более расчленен, в составе делювиальных шлейфов нередко содержатся прослойки щебнисто-дресвянистого материала, по которым разгружаются воды верховодки в виде мощных сезонных источников. Поверхностный сток значительно преобладает над подземным.

Третий тип районов, уязвимых к загрязнению, геоморфологически наиболее приподнят.

Типы районов по устойчивости к загрязнению, с $M_{ПДВ}$ в t/km^2 в год	Возраст	Геологический разрез	Мощность, м	Характеристика пород	Коэффициент фильтрации м/сут	Степень влажности	Пористость в %	Густота эрозионного расчленения, km^2/km^2	Глубина расчленения, м	Уклон поверхности м/км
Исключительно устойчивые >70	d-el-Q		2-16	суглинки пылеватые макропористые	$\frac{0,00004}{0,086}$	$\frac{0,37}{0,78}$	$\frac{34}{47}$	1	40-50	3-5
	N ₂ ap		40-50	переслаивание песков (преобладают), галечников, глин						
	N ₂ ak		30-150	глины с прослоями алевролитов, песчаников, гравия						
	P ₂ -T ₁		>100	алевролиты, аргиллиты, песчаники, конгломераты						
Устойчивые 50-70	d-el-Q el-d-Q		2-20	суглинки плотные, иногда макропористые реже глины, пески, супеси	0,5	$\frac{0,52}{0,68}$	$\frac{41,72}{43,23}$	1-2	100	8-20
	P ₂ t		100	аргиллиты, алевролиты, песчаники	прослойками 10-5	$\frac{0,37}{0,95}$	$\frac{32,10}{55,36}$	1-2		
С пониженной устойчивостью, 20-50	d-el-Q el-d-Q		0-10	суглинки, реже глины, пески, супеси	0,05-0,5	$\frac{0,19}{0,96}$	$\frac{34,56}{44,55}$	1-3	150-170	10-40
	T ₁		100	аргиллиты, алевролиты, конгломераты	участками от 1-5 до 0,05 и меньше	$\frac{0,34}{0,89}$	$\frac{41,62}{51,82}$			
Неустойчивые, 5-20	alQ ¹⁻² _{III}		6-15	суглинок, иногда с прослоями песка, глин, супеси	$\frac{0,64}{0,1440}$	$\frac{0,22}{0,90}$	$\frac{35,4}{46,7}$		до 90	20-30
			5-6	песок разнотернистый, насыщенный водой	0,0195-0,0322	0,45-0,55	39-41			
	N ₂ ak		8-15	гравийно-галечниковые отложения	$\frac{80}{420}$					
	P ₂ t		>100	глины, аргиллиты, песчаники						
Весьма неустойчивые, < 5	alQ ¹⁻² _{IV}		4-6	суглинки, иногда с прослоями песка, глин, супеси		$\frac{0,31}{0,81}$	$\frac{41,91}{51,16}$		6-12	2-3
			2-4	песок разнотернистый, глина иловатая						
			1-4	песок разнотернистый, насыщенный водой	$\frac{1,7}{2,8}$		2,2			
	N ₂ ak		2-5	гравийно-галечниковые отложения						
			30-40	глины						
	P ₂ t		>100	аргиллиты, алевролиты, песчаники	участками >50					

Рисунок 2. Схема типизации геологической среды по уязвимости к загрязнению. Оренбургский газо-промышленный район.

На поверхность земли выходят коренные породы, всегда более устойчивые к выветриванию, чем в других районах. Состав и возраст пород изменяются в зависимости от принадлежности к инженерно-геологической области. Эти районы представлены элювиальными геохимическими ландшафтами, в пределах которых развиты микробассейны стока. Модуль поверхностного геохимического стока в связи со значительными уклонами местности и степенью расчлененности рельефа выше модуля подземного стока.

Четвертый тип районов, значительно уязвимых к загрязнению, приурочен к понижениям рельефа и чаще соответствует супераквальным или неэлювиальным элементарным геохимическим ландшафтам и высоким террасам речных долин. Корнеобитаемый слой (биогеохимическая подзона зоны аэрации) здесь нередко взаимодействует с горизонтом подземных вод. Повышенное содержание глинистой фракции в рыхлых покровных отложениях и близость подземных вод способствуют тому, что подзона капиллярных вод внедряется в биогидрогеохимическую подзону. Это благоприятствует вторичному засолению почв и грунтов. Незначительные уклоны рельефа местности, наличие в геологическом разрезе проницаемых отложений, гидрогеологических окон обусловили увеличение роли подземной составляющей в общем геохимическом стоке по сравнению с ее ролью в трех первых типах районов.

Пятый тип районов, весьма уязвимых к загрязнению, приурочен к пониженной (поймен-

Таблица 1. Геоэкологические параметры типов районов по уязвимости к загрязнению (к рис. 1. 2)

Типы районов	Модуль подземного стока ¹ , МПС, л/сек .км ²	Минерализация подземных вод, мг/л	Модуль подземного хим. стока, т/км ² в год	Модуль подземного хим. стока ² при ПДК (М _{пдк}), т/км ² в год	Модуль предельно допустимого загрязнения ³ (М _{пдв}), т/км ² в год
Весьма слабо уязвимые	0,04-0,06	3100-3430	5-6	75-78	>70
Слабо уязвимые	0,3-0,6	614-850	9,7-25	75-78	50-70
Уязвимые	0,5-0,7	580-593	9,1-13,1	75-78	20-50
Значительно уязвимые	1,5-2,5	900-1260	60-73	75-78	5-20
Весьма уязвимые	2,5	720-1230	71-80	75-78	<5

Примечания:

¹ модуль общего стока – 2,5 л/с км²;

² $M_{пдк} = 78$ т/км² в год при минерализации вод 1 г/л;

³ $M_{пдв}$ вычислен исходя из общей минерализации вод (ПДК 1 г/л) относительно уровня регионального подземного стока аллювиальных отложений реки Урал

ной) части речных долин. Водовмещающие породы представлены русловым и пойменным, обычно хорошо проницаемым аллювием. Покровные суглинки развиты локально и практически не экранируют горизонт пресных подземных вод аллювиальных отложений. Подземная составляющая приближается к величине общего геохимического стока с территории.

Итак, установлена тесная связь между степенью уязвимости территории к загрязнению и структурой геохимического стока. Чем лучше связь между поверхностным и подземным стоком, выше проницаемость покровных и водобильность вмещающих пород, тем (при прочих равных условиях) территория геоэкологически более уязвима к загрязнению.

Список использованной литературы:

- Адигамова З.С. Геоэкологические аспекты зонирования. Материалы XXV научно-практической конференции. Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2003. С. 195-160.
- Бабушкин В.Д., Гаев А.Я., Гацков В.Г. и др. Научно-методические основы защиты от загрязнения водозаборов хозяйственно-питьевого назначения / Перм. ун-т. – Пермь, 2003. – 264 с.
- Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. М.: Наука, 1988. 519 с.
- Гаев А.Я. Гидрогеохимия Урала и вопросы охраны подземных вод. Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1989. 368 с.
- Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР: Учеб. пособие. М.: Высш. шк., 1988. 327 с.
- Гольдберг В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. Л.: Гидрометеоздат, 1987. 247 с.
- Зекцер И.С. Подземные воды как компонент окружающей среды. М.: Научный мир, 2001. 328 с.
- Кирюхин В.А., Коротков А.И., Шварцев С.Л. Гидрогеохимия: Учебник для вузов. М.: Недра, 1993. 384 с.
- Крайнов С.Р., Швец В.М. Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. М.: Недра, 1987. 237 с.
- Краткий словарь по экологии и геоэкологии: Метод. пособие // Сост. А.Я. Гаев, А. Зубрицкий, И.И. Минькевич. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2001. 114 с.
- Перельман А.И. Геохимия. М.: Высшая школа, 1989. 528 с.
- Пиннекер Е.В. Экологические проблемы гидрогеологии. Новосибирск: Наука, 1999. 128 с.
- Самарина В.С., Гаев А.Я., Нестеренко Ю.М. и др. Техногенная метаморфизация химического состава природных вод (на примере эколого-гидрогеохимического картирования бассейна р. Урал, Оренбургская область). Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1999. 444 с.