

О МОДЕЛЯХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ РАЙОНОВ НА ПРИМЕРЕ ПРИУРАЛЬЯ

А.Я. Гаев¹, Л.А. Абукова², Ю.М. Нестеренко¹, Ю.М. Балабанова¹, А.И. Рахимов¹

1 – Оренбургский НЦ УрО РАН, 2 – Институт проблем нефти и газа РАН

Нефтегазоносные и горнодобывающие районы страны, включая Приуралье, характеризуются высокой техногенной нагрузкой на геологическую среду [2, 7, 10]. Крупнейшими загрязнителями в этих регионах являются предприятия по добыче и переработке нефти, газа и иного минерального сырья, объекты энергетического комплекса, стройиндустрии, машиностроения и сельское хозяйство. Вокруг городов и населенных пунктов сформировались свалки бытовых и промышленных отходов. Загрязняются воздух, вода, почвы, грунты и биоценозы. Особенно страдают районы нефтегазопромыслов, что можно проиллюстрировать на примере Приуралья. Так, районы разработки месторождений нефти и газа Южного Приуралья, вследствие значительной техногенной нагрузки на окружающую среду и гидросферу, относятся к вододефицитным территориям с напряженными экологическими условиями.

В целом, в Приуралье освоено более 400 месторождений, а в Кугарчинском районе Башкортостана намечается эксплуатация новых газоконденсатных месторождений Саратовско-Беркутовской группы. Нефтегазовыми комплексами региона накоплены сотни миллионов тонн жидких и твердых отходов при почти повсеместном отсутствии очистных сооружений. Речные и подрусловые воды служат основными источниками водоснабжения, но они испытывают предельную техногенную нагрузку. Мероприятия по защите окружающей среды в регионе, к сожалению, не дали пока ожидаемых результатов. При дальнейшем освоении месторождений нефти и газа необходимо совершенствовать системы защиты окружающей среды и водохозяйственных объектов на основе ранее полученного опыта.

Экологическая устойчивость стала важным фактором устойчивого развития общества. Исследования геологической среды и оценка ее экологической емкости приобретают сегодня большую актуальность. **Под экологической емкостью** геологической среды мы понимаем ее способность локализовывать загрязняющие вещества, предотвращая их опасное воздействие на здоровье человека и биосферу [10]. Нами выделены два вида экологической емкости: экологическая емкость поглощения и емкость коллектора. Емкость коллектора хорошо изучена нефтяниками и специалистами в

области подземного захоронения трудно очищаемых сточных вод. Понятие экологической емкости поглощения аналогично понятию емкости поглощения, введенному А.Н. Бунеевым [1]. Разработка схем типизации территории, отражающих динамику изменения экологической емкости геологической среды, позволяет обосновывать мероприятия по защите биосферы.

Издrevле при освоении новых территорий люди селились по долинам рек и у водоемов. По мере развития хозяйства они переселялись в районы с развитой промышленностью, сельским хозяйством, вдоль транспортных магистралей. Этот процесс продолжался до второй половины XX в. В результате в горнодобывающих районах сложилась неблагоприятная экологическая ситуация, вырос уровень общей заболеваемости и смертности населения. До последнего времени отсутствовали какие-либо экологически обоснованные принципы зонирования урбанизированных территорий и горнодобывающих регионов по их характеру и экологической емкости. Вокруг предприятий отмечаются нарушения санитарно-защитных зон, вследствие чего санитарные нормы по воздуху и воде в жилых массивах, в детских и лечебных учреждениях часто не выдерживаются.

Некоторые элементы экологического зонирования территорий уже начали разрабатываться и осуществляться, как за рубежом, так и в России [2, 4, 5, 8, 10]. От зон промышленной застройки экологически отделяются рекреационные и селитебные зоны, а транспортные коммуникации обеспечивают связь между ними [9]. Для целей зонирования все чаще применяются дистанционные методы с дешифрированием аэрокосмофотоматериалов, в том числе и многозональных сканерных снимков. Снимки позволяют выделить новейшие поднятия, определяющие интенсивность экзогенных процессов, русла рек, ручьев, увлажненные участки и другие элементы рельефа. Достаточно надежно дешифрируются линейные, дугообразные и кольцевые линеаменты, согласующиеся с ландшафтными аномалиями разных порядков, от 15÷20 (первый порядок) до 10 км и менее (третий порядок) [6]. Локальные ландшафтные аномалии в виде цепочек субмеридионального и северо-западного направлений осложняют изометричные морфоструктурные зоны, согласующиеся с элементами тектонического строения, депрессиями, грабенообразными прогибами и тектоническими ступенями. Примером может служить схема дешифрирования Оренбургского нефтегазового комплекса с аномальными, кольцевыми и линейными зонами (рис. 1).

Аэрокосмофотоматериалы сгруппированы по периодам времени: 1949÷1969; 1970÷1979; 1980÷2000; 2000÷2009, – и по каждому из них выполнен ретроспективный анализ изменения качества окружающей среды и ландшафтов:

1) по коэффициенту распаханности территории:

$$K_p = \frac{S_p}{S_q}, \quad (1)$$

где S_p – площадь пахоты, S_q – общая площадь;

2) коэффициенту эродированности:

$$K_{er} = \frac{S_{ов}}{S_q}, \quad (2)$$

где $S_{ов}$ – площадь оврагов;

3) коэффициенту техногенного преобразования территории:

$$K_t = \frac{S_t}{S_q}, \quad (3)$$

где S_t – площадь, занятая дорогами, населенными пунктами, карьерами, промышленными сооружениями, коммуникациями;

4) коэффициенту обводненности территории:

$$K_w = \frac{S_w}{S_q}, \quad (4)$$

где S_w – площадь водоемов, рек, водотоков.

5) коэффициенту нарушенности территории ($K_{нт}$):

$$K_{нт} = \frac{S_p + S_{ов} + S_t + S_w}{4 \cdot S_{общ}}, \quad (5)$$

где S_p – площадь пахотных земель; $S_{ов}$ – площадь оврагов и балок; S_t – площадь, занятая дорогами, населенными пунктами, карьерами, промышленными сооружениями, коммуникациями; S_w – площадь водоемов, рек, водотоков; $S_{общ}$ – общая площадь.

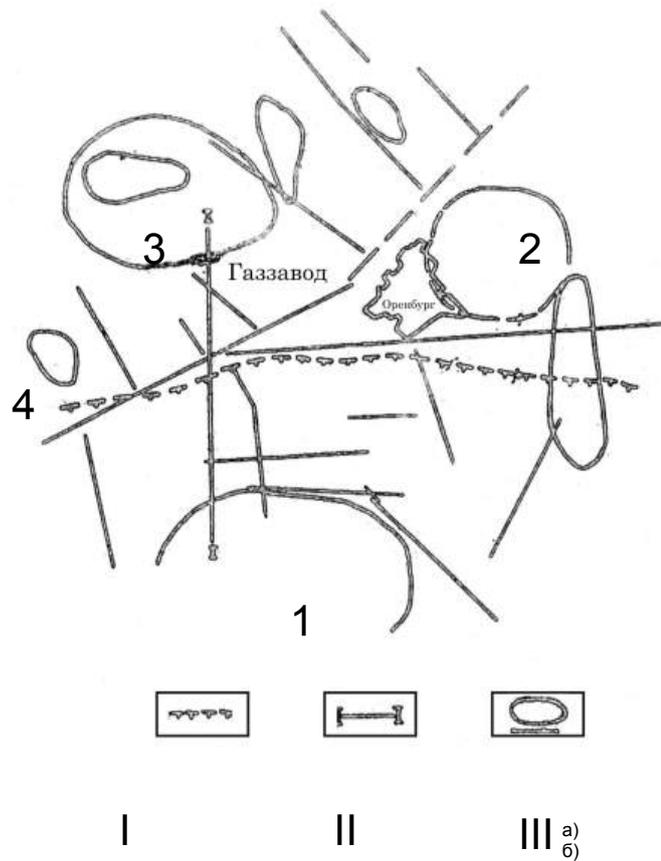


Рис. 1. Результаты дешифрирования космофотоматериалов по Оренбургскому нефтегазовому комплексу [10]
 I – контур Оренбургского газоконденсатного месторождения с севера; II – профиль полевых исследований;
 III – аномальная зона: а – кольцевая, б – линейная; 1, 2, 3, 4 – эталонные участки

6) коэффициенту лесистости:

$$K_l = \frac{S_l}{S_q} \quad (6)$$

где S_l – площадь, покрытая лесной и кустарниковой растительностью;

7) коэффициенту общей озелененности ($K_{общ}$):

$$K_{общ} = \frac{S_l + S_{озел}}{S_{общ}}, \quad (7)$$

где S_l – площадь, покрытая лесной и кустарниковой растительностью; $S_{озел}$ – площадь насаждений; $S_{общ}$ – общая площадь.

8) коэффициенту деградации территории (K_{dg}):

$$K_{dg} = \frac{S_{dg}}{S_{\text{общ}}}, \quad (8)$$

где S_{dg} – площадь деградации; $S_{\text{общ}}$ – общая площадь.

Например, характер взаимодействия трубы магистральных газопроводов с массивом горных пород можно раскрыть при помощи тепловизорной ИК-съемки. Расширение теплового поля вокруг трубы свидетельствует о диффузии газовых флюидов на участках нарушения или о недостаточной герметичности металла труб. Для включения соответствующих методов в систему мониторинга необходимо проведение опытно-методических работ с моделированием и зонированием территории с учетом следующих аспектов:

- 1) уязвимости территории по отношению к техногенной нагрузке;
- 2) народнохозяйственной ценности земель, водных, лесных и минеральных ресурсов и характера их площадного размещения;
- 3) исторически сложившейся инженерной инфраструктуры территории, представляющей в настоящее время важнейший элемент дальнейшего благополучного экономического развития общества;
- 4) экологически обоснованных схем типизации осваиваемой территории с оценкой вышеуказанных аспектов;
- 5) локализации трудно очищаемых сточных вод в глубоких поглощающих горизонтах.

Такие модели и схемы типизации позволят экологически обоснованно осуществлять дальнейшее размещение производительных сил с целью оптимизации и регламентации техногенной нагрузки на геологическую среду с учетом экологической емкости территории, включая емкость коллекторов глубоких поглощающих горизонтов. Это позволит региону перейти на модель устойчивого развития и в текущем столетии достигнуть полноценной устойчивости в системе общество — окружающая среда.

Особую сложность представляет локализация трудно очищаемых флюидов, доля которых в общем объеме сточных вод урбанизированных территорий и горнодобывающих районов не превышает 2–3%. В связи с отсутствием эффективных средств очистки этой категории сточных вод и высокой токсичностью их доля в загрязнении гидросферы достигает 50–60%. Для данных сточных вод разработаны особые способы и методы

локализации и обезвреживания. Широкое распространение в последние десятилетия получил метод складирования особо токсичных отходов производства в глубокие поглощающие горизонты земной коры. С этой целью нами разрабатывается программа проектно-изыскательских работ с моделями глубоких поглощающих горизонтов, выполняется типизация территории по их экологической емкости и предлагается комплекс мероприятий по локализации загрязнения.

Первоочередными являются поисково-разведочные работы на поглощающие горизонты, призванные выявить их наличие, установить литолого-стратиграфические, петрофизические и гидрогеологические особенности, степень надежности их перекрытия слабопроницаемыми породами, емкостные и гидрогеодинамические свойства коллекторов.

Для внедрения соответствующих проектов выполняется следующий комплекс исследований: 1). Дается характеристика трудно очищаемых сточных вод и систем их водоотведения. 2). Анализируется опыт складирования трудно очищаемых сточных вод применительно к конкретным условиям. 3). Характеризуются геолого-геофизические и инженерно-гидрогеологические условия строительства полигона. 4) Выполняется комплекс физико-химических исследований по взаимодействию сточных вод с пластовой средой. 5) Разрабатывается технология подготовки и закачки промышленных стоков в глубокие поглощающие горизонты. 6). Обосновываются мероприятия по обеспечению санитарной безопасности данного проекта. 7). Выполняются технико-экономические расчеты с целью обоснования оптимального варианта строительства и эксплуатации полигона подземного складирования трудно очищаемых сточных вод.

Для выбора конкретных объектов предварительно собираются и обобщаются геолого-геофизические и гидрогеологические материалы по глубоким горизонтам земной коры соответствующего региона. Выделяются водоносные комплексы, в пределах которых развиты поглощающие горизонты и водоупорные слои, способные экранировать флюиды в этих горизонтах. Строятся соответствующие профили и разрезы, раскрывающие особенности строения поглощающих горизонтов и экранирующих их водоупоров. При картографировании поглощающих горизонтов по нашей методике особое значение придается неотектонической карте региона, которая помогает прогнозировать наличие площадей развития глубоких поглощающих горизонтов с эвазией газов из пластовой среды и, наоборот, выявлять зоны с повышенным пластовым

давлением, неблагоприятным для размещения объектов подземного захоронения отходов производства [3].

Проиллюстрируем это на примере модели схематической карты Волго-Уральской нефтегазоносной провинции (рис. 2). Для построения этой модели использованы материалы глубокого бурения на нефть и газ. Учтена геолого-геофизическая информация, полученная при бурении как поисково-разведочных, так и эксплуатационных скважин, зафиксированы сведения по интервалам ухода промывочной жидкости. На карте выделены структурно-тектонические и неотектонические поднятия и установлена четкая приуроченность к ним площадей с поглощающими горизонтами, что позволяет приоткрыть механизм формирования поглощающих горизонтов [2, 3, 10]. Исходя из указанной зависимости предложена методика картографирования глубоких поглощающих горизонтов по комплексу геолого-геоморфологических карт, что необходимо для обоснования системы промышленного водоотведения трудно очищаемых сточных вод в глубокие поглощающие горизонты [2, 3].

По данным Всемирной организации здравоохранения высокий процент (60–80%) заболеваемости населения планеты обусловлен низким качеством питьевой воды. Удручающая экологическая ситуация на водохозяйственных объектах и водоемах большинства крупных промышленных узлов России и стран СНГ связана, как правило, не с отсутствием очистных сооружений, а с наличием в сточных водах небольшого количества (всего 2–3% от общего их объема) токсичных стоков, которые не поддаются современным методам очистки, но определяют основной объем загрязняющих веществ. Эти вещества не задерживаются очистными сооружениями и попадают не только в водоемы, но и в водохозяйственные объекты, включая водозаборы хозяйственно-питьевого назначения. Учитывая их небольшой объем, необходимо разработать программу создания систем малой промышленной канализации по локализации трудно очищаемых сточных вод для каждого промышленного узла. Это позволит существенно улучшить гидрогеоэкологическую и санитарно-гигиеническую ситуацию на урбанизированных территориях и в горнодобывающих районах, повысить качество воды в водоемах и на водохозяйственных объектах.

Целью наших разработок являются изучение геоэкологических аспектов и разработка методов исследований, оценки и прогноза состояния природного комплекса в нефтегазоносных районах для обоснования мероприятий по минимизации техногенной

нагрузки на окружающую среду за счет инновационной безопасной технологии закачки токсичных сточных вод в глубокие поглощающие горизонты. При этом мы базируемся на материалах исследований месторождений региона, изложенных в многотомном издании «Гидрогеология СССР» (тт. 15 и 43), в работах Р.Ф. Абдрахманова (1986–2008), А.Я. Гаева (1978–2008), В.С. Самариной, А.Я. Гаева и др. (1999), В.Д. Бабушкина, А.Я. Гаева и др. (2003), В.Г. Гацкова (2004), О.М. Севастьянова (1965–1990), А.П. Бутолина (1987) и др. [2, 3, 10].

Однако в опубликованной литературе содержится недостаточно данных о гидрогеоэкологической ситуации на нефтегазопромислах рассматриваемого региона. По защите водохозяйственных объектов в мировой практике выполнен ряд разработок, но на нефтепромыслах комплексные технологии очистки загрязненных вод и экономически рентабельные методы их защиты пока не реализованы.

Природные воды начали изучаться в Волго-Уральском регионе с XVIII в. В процессе геолого-разведочных и поисково-съёмочных работ в 50-е гг. XX в. были разработаны методики (ВСЕГИНГЕО, ВСЕГЕИ, ИГИРГИ и др.) и сделаны десятки тысяч анализов проб воды и грунтов. В Южном Приуралье открыты новые месторождения углеводородов, по которым накоплен большой фактический гидрогеоэкологический материал, требующий пересмотра ранее выявленных закономерностей. С 80-х гг. в регионе выполняются разнообразные опытно-методические работы, строятся гидрогеоэкологические карты по техногенно напряженным районам, где необходимо создавать системы мониторинга. На многих нефтепромыслах установлена недостаточная природная защищенность горизонтов пресных подземных вод, а в целом территория Южного Приуралья оценивается как «ограниченно благоприятная» для хозяйственной деятельности. Исключения составляют долины рек, характеризующиеся активными геодинамическими процессами: оврагообразованием, разрушением берегов, заболачиванием и развитием карстовых форм (поверхностных и подземных). Основные экологические трудности на нефтегазопромислах связаны с необходимостью удаления больших объемов трудно очищаемых сточных вод и с ликвидацией последствий аварийных ситуаций.

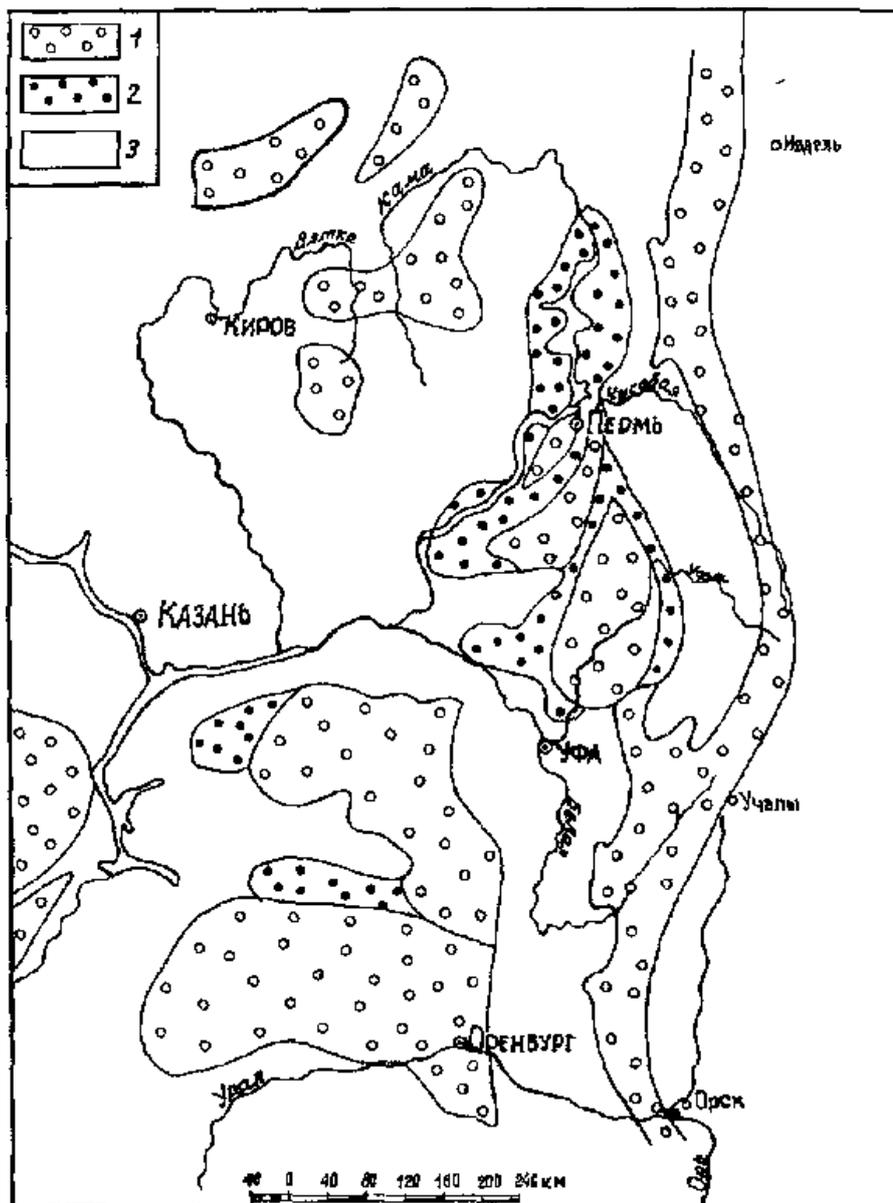


Рис. 2. Модель формирования глубоких поглощающих горизонтов. Волго-Уральская нефтегазоносная провинция [2]

1 – территории, где в результате положительных неотектонических движений формируются глубокие поглощающие горизонты, что сопровождается эвазией газов; 2 – территории с унаследованными от прошлых геологических эпох поглощающими горизонтами, когда проявлялись положительные неотектонические поднятия, сопровождавшиеся эвазией газов из глубоко залегающей пластовой среды; 3 – территории, где поглощающие горизонты пока не установлены

При характеристике источников загрязнения на нефтепромыслах отмечают сооружения и коммуникации, строительство и эксплуатация которых вызывает разрушение почвенно-растительного покрова и загрязнение природных вод. Лесонасаждения подвергаются техногенному воздействию, деградации и

уничтожению. Для защиты природного комплекса от загрязнения не очищаемые рентабельно сточные воды закачиваются в глубокие поглощающие и продуктивные горизонты.

В полевых условиях нами были отобраны пробы природных и сточных вод, почв, грунтов и илов, составлены каталоги источников загрязнения, оценена степень загрязнения основных компонентов окружающей среды и состояние водохозяйственных объектов и участков рекреации, а также уровень загрязнения вод и метаморфизации их химического состава. Водоснабжение большинства нефтепромыслов осуществляется за счет вод аллювиальных горизонтов, весьма уязвимых к загрязнению.

Термин «уязвимость подземных вод» предложен французским ученым Ж. Марга (1968), а первую карту по уязвимости подземных вод в масштабе 1:1000000 опубликовал Albinet (1970). В.М. Гольдберг (1984–1993) использовал балльную оценку защищенности подземных вод, а К.Е. Питьева [8, 10] выделила 8 категорий защищенности. А.Я. Гаев охарактеризовал уязвимость геологической среды как «неспособность сопротивляться загрязнению». Она зависит от глубины залегания вод, проницаемости, мощности и физико-химической активности пород зоны аэрации, скорости фильтрации и водообмена. Оценка загрязнения осуществляется через модуль предельно допустимого загрязнения ($M_{ПДВ}$) и модуль предельно допустимой концентрации ($M_{ПДК}$). Так, норма для вод питьевого назначения по минерализации равна 1 г/дм³. Из произведения этой нормы и модуля водного стока вычислен $M_{ПДК}$, а $M_{ПДВ}$ — из разности $M_{ПДК}$ и фактического модуля химического стока $M_{ПХС}$.

$$M_{ПДВ} = M_{ПДК} - M_{ПХС}. \quad (9)$$

$M_{ПДВ}$ отражает экологическую устойчивость территории. При высокой техногенной нагрузке часть ее утрачивается. Прогноз осуществляется путем экспертной оценки проектируемых мероприятий. По усредненным баллам и в порядке уменьшения экологических эффектов выделено 5 ситуаций: 1) опасные для людей; 2) угрожающие жизни; 3) истощающие водные ресурсы; 4) деформирующие здания и сооружения; 5) негативно изменяющие ландшафт. На качество жизни влияют: истощение водных ресурсов, карст, суффозия, просадки, подтопление, эрозия, дефляция, засоление почв. Текущая техногенная нагрузка на природные воды увеличивается с ростом масштабности и продолжительности разработки месторождений и объемов откачиваемых флюидов. Построены гидрогеоэкологические карты и схемы типизации по уязвимости территории

нефтегазовых комплексов к загрязнению с использованием показателей техногенной нагрузки в баллах (рис. 3). Загрязняющие вещества из отстойников сточных вод в ряде мест проникли в водоемы. Для защиты последних от загрязнения рекомендуется создавать комплексные геохимические и гидродинамические барьеры (некоторые из них запатентованы [10]).

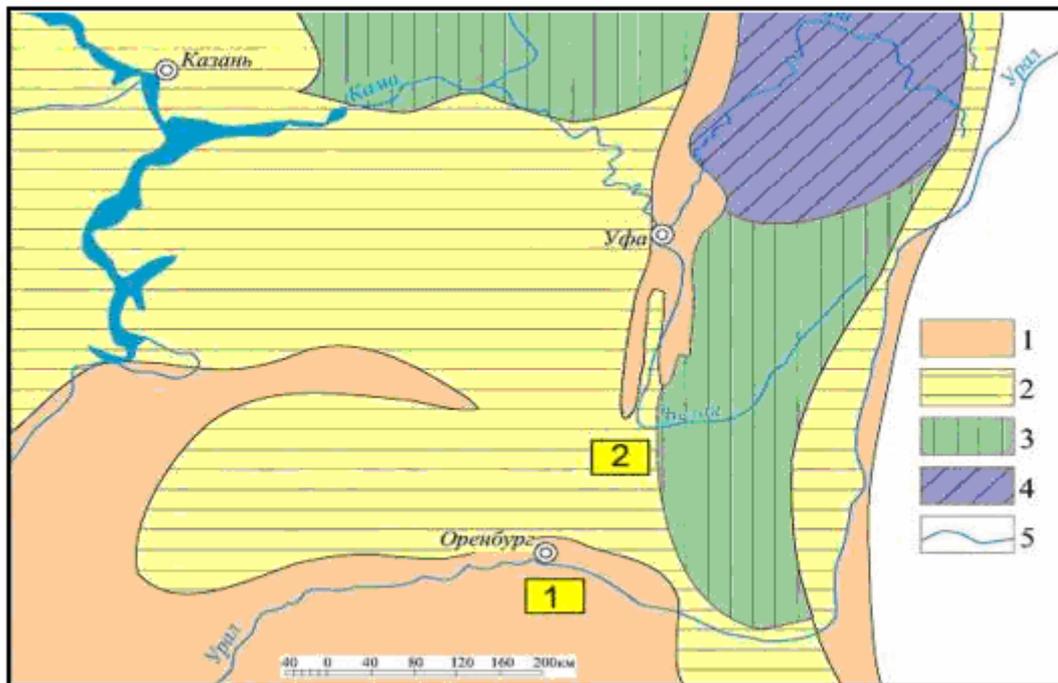


Рис. 3. Схематическая карта уязвимости к загрязнению. Южное Приуралье (составили А.Я. Гаев, В.Г. Гацков и др. с уточнением Н.Г. Беликовой)

1 – ОНГКМ; 2 – Саратовско-Беркутовская группа ГКМ. Типы районов по степени уязвимости к загрязнению с учетом $M_{\text{ПДВ}}$, т/км² в год: 1 – весьма уязвимые (< 5); 2 – значительно уязвимые (5÷20); 3 – уязвимые (20÷40); 4 – слабо уязвимые (30÷50); 5 – весьма слабо уязвимые (50÷100); 6 – практически неуязвимые (> 100); 7 – границы районов

Построенная схема типизации по степени уязвимости к загрязнению позволяет обоснованно планировать размещение проектируемых объектов. Для локализации трудно очищаемых сточных вод разработана методика их закачки в глубокие поглощающие горизонты. Это осуществляется достаточно рентабельно в связи с наличием фонда скважин, которые можно переоборудовать в поглощающие. Для выбора глубоких проницаемых горизонтов, приемлемых для складирования сточных вод, использованы материалы глубокого бурения и данные по откачкам и нагнетательным скважинам. По петрофизическим и гидродинамическим показателям обосновывается вариант размещения полигона с примерной его технико-экономической оценкой опытной установкой. По

данным промыслово-геофизических и гидрогеологических исследований определяются приемистость скважин, статический и динамический уровни, зависимость приемистости от давления, эффективная пористость и мощность поглощающих горизонтов, коэффициенты проницаемости, пьезопроводности и водопроводимости, а также скорость и дальность продвижения сточных вод по пласту.

Благодаря перерывам в осадконакоплении, палеокарсту и положительным неотектоническим движениям в башкирском, намюрском ярусах, окском и серпуховском надгоризонтах, артинском, ассельском, сакмарском и московском ярусах и верхнекаменноугольном отделе земной коры сформировались поглощающие горизонты. Сульфатно-галогенная толща ирени и гидрхимической свиты экранирует поглощающие горизонты.

Нами построены модели глубоких поглощающих горизонтов региона. По уровню их надежности выделено 5 типов районов: исключительно надежные, надежные, с пониженной надежностью, ненадежные районы, рекомендуемые к ограниченному использованию, а также исключительно ненадежные и недостаточно изученные (рис. 4).

Установлено, что поглощающие горизонты развиты там, где приведенные напоры с глубиной не возрастают (рис. 5), в то время как во внутренних частях артезианских бассейнов приведенные напоры обычно увеличиваются с глубиной. Это следует учитывать, иначе возникают аварии, наносящие ущерб геологической среде. Для обеспечения экологической безопасности работы нефтегазовых комплексов вокруг скважин необходимо создавать санитарно-защитные и буферные зоны. В пласте вблизи скважин под влиянием системы стоки – пластовые воды – вмещающие породы формируется новая физико-химическая обстановка, образуются новые жидкости и из растворов выпадают соли; взвешенные частицы и пузырьки газа способствуют коагуляции частиц и кальматации призабойной зоны скважин, что ведет к снижению их приемистости. Для регулирования этими процессами выполнены исследования совместимости сточных вод с пластовыми водами и вмещающими породами. Стоки и пластовые воды смешивались в отношениях от 1:10 до 10:1 и во времени от 1 ч до 1÷2 месяцев.

Выполнены рентгенографические анализы осадков и химические анализы фильтрата. Установлено, что приемистость скважин почти не снижается, если размеры взвешенных частиц меньше диаметра пор коллектора. В промысловых условиях получены эффекты

относительной стабильности приемистости скважин. Однако при повышенных содержаниях в сточных водах механических примесей, соединений железа и серы приемистость скважин снижается. Это происходит и при набухании глинистых частиц в породах терригенного коллектора, когда закачиваются неминерализованные воды.

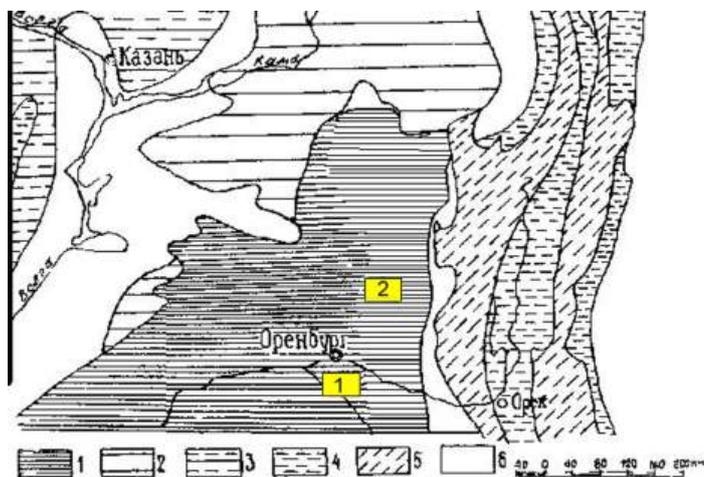


Рис. 4. Модель надежности складирования отходов производства в глубокие горизонты Южного Приуралья и сопредельных районов (составили А.Я. Гаев и др.)

Территории с различной надежностью складирования токсичных отходов в глубокие горизонты земной коры: 1 – исключительно надежные; 2 – надежные; 3 – недостаточно надежные; 4 – ненадежные, рекомендуемые к ограниченному использованию для локализации неконсервативных загрязняющих веществ на участках геохимических барьеров; 5 – исключительно ненадежные; 6 – недостаточно изученные

Проницаемость пласта при этом снижается. Приемистость скважин восстанавливается путем повышения давления на устье скважины. Например, в закачиваемых в пласт стоках Оренбургских газзаводов содержание сульфатов достигало 17 г/л. При взаимодействии с кальцием карбонатного коллектора выпадал гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), так как концентрация ионов кальция в пластовых рассолах достигала 7 г/л. Для предотвращения выпадения карбонатов при щелочной среде воды подкисляли, а для замедления процесса осветления раствора в него добавляли триэтанолламин, полиэтиленгликоль и эмульгаторы, которые сорбируются твердыми частицами осадка. Максимум осадка приурочен к смеси, содержащей его в стоке в объеме 60%. За двое суток выпало 90% осадка, но полное равновесие не наступило и за 10 суток отстаивания, вследствие наличия в растворах ПАВ.

В концентрированных растворах осадок формируется, если произведение активностей компонентов соли выше произведения их растворимостей. Произведение активностей компонентов соли вычислено нами (совместно с М.В. Зильберманом) с

учетом ионной силы раствора и сопоставлено с экспериментальными значениями произведения концентраций в системе $\text{CaSO}_4 - \text{NaCl} - \text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}$. Отклонение вычисленных значений от экспериментальных не превысило 5%. Это означает, что в системе стоки – пластовая вода осадок не будет выпадать при концентрациях сульфат-ионов не выше расчетных.

Поставлены эксперименты по моделированию процессов взаимодействия пористо-трещинно-карстовых коллекторов поглощающих горизонтов со смесью стоки – пластовая вода. При моделировании использованы образцы светло-серых известняков башкирского яруса с пористостью 12÷14 % и проницаемостью до 32 мд. Эксперименты и опытно-промысловые исследования показали, что приемистость скважины увеличивается при создании вокруг поглощающих скважин буферной зоны, формируемой путем

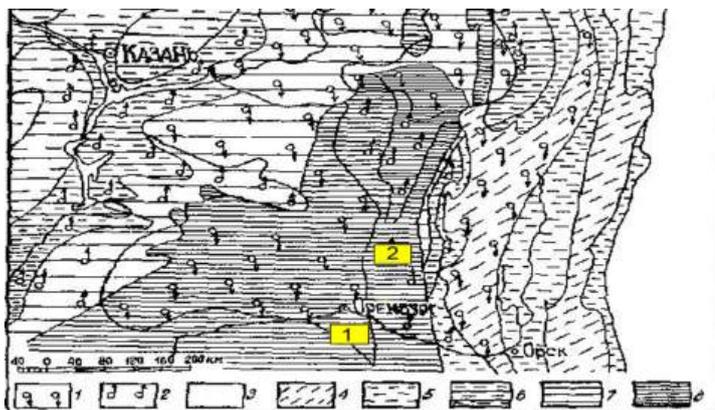


Рис. 5. Региональная гидрогеоэкологическая модель глубоких горизонтов земной коры Южного Приуралья и сопредельных районов с оценкой надежности складирования токсичных отходов производства (по Гаеву, Гацкову и др., 2007)

1 – территории относительно надежные, приуроченные к областям питания водонапорной системы с развитием поглощающих горизонтов; 2 – территории недостаточно надежные, приуроченные к областям разгрузки водонапорной системы; поглощающие горизонты здесь обычно отсутствуют; 3 – районы недостаточно изученные. Степень закрытости водонапорной системы: 4 – открытая; 5 – полуоткрытая; 6 – полужакрытая; 7 – закрытая; 8 – хорошо закрытая

предварительной закачки в скважину в течение 3÷5 суток жидкости, одновременно совместимой и со стоками, и с пластовой средой. При ухудшении качества подготовки трудно очищаемых сточных вод перед закачкой в поглощающую скважину ускоряется загрязнение и кольматация ее призабойной зоны, что ведет к росту частоты профилактических ремонтов скважин и к ухудшению технико-экономических показателей технологии. Подготовка сточных вод перед закачкой в пласт включает использование таких методов, как механическая, биологическая и безреагентная очистка сточных вод.

Используются также методы воздействия на призабойную зону скважин и реагенты, восстанавливающие их приемистость. Скважины оборудуются в антикоррозионном исполнении; предусматриваются мероприятия по борьбе с коррозией металла. Приемистость скважин изменяется в широких пределах, а скорость движения сточных вод по пласту, определенная при помощи метода индикаторов, по данным В.Н. Быкова, достигает 100 м/сут [2].

При опытно-промышленном сбросе в карбонатный палеокарстовый коллектор скв. Г-3 400 м³ неочищенных стоков Оренбургского газоперерабатывающего завода ее приемистость снизилась более чем в 3 раза, а после закачки буферной жидкости практически восстановилась. При воздействии давлением гидроразрыва пласта при 160÷250 кгс/см² трещиноватость пород углубляется и приемистость скважин увеличивается в 2÷3 раза. Хороший эффект дают также солянокислотные обработки призабойной зоны, прямые и обратные промывки скважин, методы кислотных ванн, термокислотной, термохимической и пенокислотной обработки, метод разрыва пласта давлением пороховых газов, торпедирование и метод высоких мгновенных депрессий [10].

В сточных водах определяются такие компоненты, как УВ, взвешенные вещества, вызывающие коррозию. Расход сточных вод определяется расходомерами и дифманометрами. Контролируется состояние колонн в скважине при помощи промыслово-геофизических исследований.

Выводы

1. Впервые на примере Приуралья охарактеризованы гидрогеоэкологические условия и выявлены закономерности техногенной трансформации подземной гидросферы, позволяющие зафиксировать гидрогеоэкологическую ситуацию в регионе. Разработаны принципы и построены модели и схемы типизации территории по уязвимости к загрязнению, обеспечивающие прогноз ее техногенной трансформации на перспективу под воздействием НГК и позволяющие обоснованно формировать ее будущую инженерную инфраструктуру.

2. Разработаны методы и мероприятия по защите гидросферы и способы локализации трудно очищаемых сточных вод в глубоких поглощающих горизонтах, обеспечивающие минимизацию техногенных преобразований подземной гидросферы и окружающей среды на нефтегазопромислах региона. Построены модели поглощающих горизонтов,

позволившие, в частности, впервые выявить в северной части Бельской впадины территории с высокой надежностью строительства подземных хранилищ.

3. Разработана геодинамическая модель строения и формирования глубоких поглощающих горизонтов, позволяющая обосновать и внедрить на нефтегазопромислах систему оборотного водоснабжения: недра – УППГ – недра с устойчивой приемистостью скважин за счет высокого уровня подготовки сточных вод перед закачкой в пласт и мероприятий по восстановлению приемистости.

4. Системы мониторинга в комплексе с мероприятиями по управлению экологической ситуацией обеспечивают безопасность жизнедеятельности человека и природы в регионе.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бунеев А.Н.* Основы гидрогеохимии минеральных вод осадочных отложений. М.: Медгиз, 1956. 228 с.
2. *Гаев А.Я.* Гидрогеохимия Урала и вопросы охраны подземных вод. Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1989. 368 с.
3. *Гаев А.Я., Щугорев В.Д., Бутолин А.П.* Подземные резервуары: Условия строительства, освоения и технология эксплуатации. Л.: Недра, 1986. 223 с.
4. *Гольдберг В.М.* Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 247 с.
5. *Гольдберг Б.М., Газда С.* Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения. М.: Недра, 1984. 262 с.
6. *Гридин В.И., Дмитриевский А.Н.* Системно-аэрокосмическое изучение нефтегазоносных территорий. М.: Наука, 1994. 276 с.
7. *Дмитриевский А.Н.* Мировые ресурсы углеводородов и экологические проблемы их использования // Глобальные экологические проблемы на пороге. М., 1998. С. 262–272.
8. *Зекцер И.С.* Подземные воды как компонент окружающей среды. М.: Науч. мир, 2001. 328 с.
9. *Колясников В.А.* Градостроительная экология Урала: в 3 ч. Екатеринбург: Архитектон, 1999. 532 с.
10. Экологические основы водохозяйственной деятельности (на примере Оренбургской области и сопредельных районов) / А.Я. Гаев, И.Н. Алферов, В.Г. Гацков и др.; под общ. ред. А.Я. Гаева; Перм. ун-т и др. Пермь; Оренбург, 2007. 327 с.