

# НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АСТРАХАНСКОГО ГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ И ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОСФЕРЫ

Ю.С. Аронова  
Инженерно-технический центр «ООО «Газпром добыча Астрахань»»  
Астрахань, e-mail: [aronovi@yandex.ru](mailto:aronovi@yandex.ru)

Эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, а также разработка новых сероводородсодержащих месторождений Прикаспия и других регионов неизбежно приведут к необходимости решения проблем, связанных с совершенствованием знаний в области экологической безопасности.

С эксплуатацией объектов добычи, переработки и транспортировки углеводородного сырья связаны техногенные риски, отличающиеся высокими значениями экономического и экологического ущерба. Это определяет повышенные требования к эффективности профилактических и защитных мероприятий, а также к обоснованности их выбора. Выбор мероприятий, в свою очередь, определяется специфическими особенностями объекта, включающими технологические параметры, свойства обращающихся опасных веществ, климато-географическое расположение, срок эксплуатации и др. [1].

Многолетняя эксплуатация Астраханского газоконденсатного месторождения (АГКМ) сформировала огромную инженерно-экологическую систему, в рамках которой функционируют основные и вспомогательные объекты Астраханского газового комплекса (АГК). Действие системы распространяется далеко за пределы обозначенного контура месторождения благодаря линейным объектам, транспортирующим вырабатываемую продукцию, и достигает глубин более 7 тыс. м в связи с бурением сверхглубоких поисково-разведочных скважин на нефть [2].

В пределах инженерно-экологической системы АГК протекают сложнейшие механические, геодинамические, гидрогеохимические и другие процессы, обусловленные совместным действием природных и техногенных факторов. К техногенным факторам относятся: бурение скважин с применением химических реагентов, извлечение углеводородного сырья и обводнение продуктивной залежи, захоронение сточных вод в глубокие водоносные горизонты, а также целый комплекс различных процессов, связанных со строительством, эксплуатацией и реконструкцией заглубленных линейных и наземных сооружений, включая их основания и фундаменты.

Наиболее мощными источниками воздействия на литогидросферу месторождения являются разведочные и эксплуатационные скважины. В процессе их строительства возникают природно-техногенные осложнения, обусловленные геологическим строением. В зависимости от структурного комплекса отложений (надсолевой, солевой и подсолевой) они характеризуются следующими особенностями.

В надсолевом комплексе отложений отмечаются газоводопроявления из четвертичных отложений, связанные с локальными газовыми залежами апшеронских песчаников; интенсивное кавернообразование и осыпание стенок скважин в интервалах залегания палеогеновых и триасовых глин; поглощения бурового раствора в песчаниках мела, юры, триаса и верхней перми; нефтегазопроявления из отложений триаса и верхней перми.

Солевой комплекс является основным препятствием на пути к подсолевым отложениям, заключающим углеводородную залежь. Неоднородность внутреннего строения соленосной толщи (наличие в ней пластов высокорастворимых калийно-магниевых солей, рапонасыщенных пластов с АВПД, текучих вязких пропластков глин) и нарушение гидродинамического равновесия между массивом горных пород и выработкой инициируют упруго-пластичное течение солей и глинистых прослоев, приводящее к сужению ствола, деформациям и смятию обсадных колонн; интенсивное кавернообразование; поглощения бурового раствора и др. В подсолевом комплексе происходят поглощения (иногда катастрофические) бурового раствора в продуктивном башкирском горизонте и девонском комплексе отложений, а также газопроявления в обоих объектах. Механическое разрушение горных пород и воздействие буровых растворов приводят к геохимическому и гидрогеохимическому преобразованию литогидросферы.

Процесс извлечения сырья приводит к глубинному перераспределению (снижению) энергии и динамического давления, а также к геохимическому преобразованию геологической среды и подземных вод различных типов. Как правило, на данном этапе вступает в действие мощнейшая водонапорная система, находившаяся в природном равновесии с продуктивной залежью. При этом главной проблемой становится появление воды в добываемом сырье.

На начальной стадии эксплуатации скважин в составе пластовой смеси АГКМ выносились конденсационные воды, находящиеся в пластовых условиях в парообразном состоянии. После первых лет эксплуатации в продукции некоторых скважин было

установлено наличие подошвенной воды. С 2002 г. на месторождении появилась устойчивая тенденция к усилению водогазового фактора, а к 2006 г. его величина значительно превышала проектное значение. В настоящее время обводнение скважин носит локальный и неравномерный характер по количеству воды в скважинах. Продвижение подошвенной воды предположительно происходит по естественным локальным трещиноватым высокопроницаемым зонам или по искусственно созданным трещинам. Техногенные трещины могут образовываться в процессе ведения буровых работ на повышенных плотностях бурового раствора, при проведении гидроразрыва пласта, при эксплуатации скважин с большими депрессиями на пласт и т.п. Длительная эксплуатация скважин на первой очереди промысла с целью обеспечения плановой добычи сырья привела к снижению пластового давления, старению эксплуатационного фонда скважин, возникновению депрессионных воронок и обводненности продукции.

Комплекс детальных сейсмических, промыслово-геофизических, литолого-петрографических, геодинамических, гидрогеологических и геохимических исследований разреза АГКМ позволяет значительно оптимизировать размещение новых эксплуатационных скважин, избегать уплотненных зон с низкой продуктивностью коллектора, прогнозировать аномально уплотненные и трещиноватые зоны в пределах неразбуренной части месторождения, детализировать горно-геологические условия разрезов скважин для корректировки технологии их вскрытия и освоения. Изучение истории проводки и эксплуатации скважин также позволяет определять участки и источники обводнения в пределах единой зоны аномальной трещиноватости либо по линии тектонического нарушения.

Кроме механических и гидрогеодинамических изменений в разрезе месторождения существуют источники глубинного гидрогеохимического преобразования подземных вод, такие как подземные емкости, созданные в соляных куполах для хранения углеводородного сырья, и нагнетательные скважины на полигоне по захоронению токсичных промышленных стоков в подземные водоносные пласты, созданном в одной из межкупольных структур. Создание подземных резервуаров в соляных массивах химически преобразует рапоносные линзы и прослойки, а сам процесс эксплуатации емкостей может привести к изменениям их форм и размеров. Следствием техногенной интрузии от захороняемых стоков является образование геохимических и гидрогеохимических комплексонов в водоносных горизонтах и прирост пластового давления от 0,3–0,7 до 1,11–1,19 МПа.

Верхняя гидродинамическая зона геологического разреза АГКМ развита в толще четвертичных отложений мощностью свыше 300 м. От ниже залегающих пород надсолевых, соленосных и подсолевых отложений она отделена региональным водоупором акчагыльских глин неогена мощностью около 200 м и не имеет с ними гидравлической связи. Самые верхние (грунтовые) воды этой зоны гидравлически связаны с поверхностными водотоками, окаймляющими южную и юго-западную площади месторождения. Подземные воды четвертичного комплекса широко используются для технических нужд комплекса, в первую очередь как источник водоснабжения строящихся буровых скважин, а также для размыва подземных емкостей в соляных куполах. Извлечение подземных вод приводит к преобразованию упругих свойств водоносных горизонтов. Изменения в химическом и газовом составе вод в этом случае незначительны.

Иначе реагируют на происходящие изменения в верхней части разреза грунтовые воды. Изменения возникают под воздействием мощных фундаментов дымовых труб производственных установок, в результате эксплуатации многочисленных трасс газоконденсатопроводов, проложенных по месторождению и за его пределами, а также в связи с использованием в производственных циклах больших объемов воды и утилизацией образующихся жидких отходов в зоне аэрации.

Рассмотрим в качестве примера следующий случай. На площадках завода произошел подъем уровня грунтовых вод на 5,0–6,0 м в связи с протеканием из водонесущих коммуникаций и просачиванием сквозь зону аэрации. Изменившийся гидродинамический режим грунтовых вод отразился на их качественном составе. Использование в технологических циклах пресных вод привело к опреснению природных минерализованных вод. Под заводом сформировался своего рода «купол» из природно-техногенных вод, вызвавший негативные последствия для инженерных сооружений. Анализ сложившейся ситуации, принятые меры по уменьшению объемов используемой воды и ремонт водонесущих систем снизили степень нагрузки на режим грунтовых вод.

Аналогичный пример с интенсивным воздействием на первый от поверхности земли водоносный горизонт можно привести в районе емкости сезонного накопления очищенных стоков. Фильтрация их сквозь борта емкости и утилизация на полях орошения в вегетационный период также преобразовали первоначальную обстановку на данной территории. Уровень грунтовых вод повысился более чем на 2,0 м, минерализация

снизилась на порядок, создав вокруг более динамичную опресненную зону. Укрепление бортов емкости и создание локальной дренажной системы улучшили экологическую обстановку в районе мощного накопителя очищенных стоков.

На экологическое состояние самой верхней зоны АГКМ особое влияние оказывают климатические особенности региона и широко развитые экзогенные геологические процессы, такие как выдувание и перевевание песчаного материала, резкие сезонные колебания уровня грунтовых вод, засоление грунтов и т.д. Слабая естественная дренированность площади месторождения, низкие фильтрационные свойства отложений в условиях функционирования объектов комплекса усилили развитие процессов вторичного засоления грунтов и грунтовых вод. Это способствовало возникновению так называемой подземной коррозии заглубленных линейных объектов, протекающей в почвах, грунтах и по своему механизму относящейся к электрохимической коррозии.

По результатам проводимых с 2004 г. эколого-геологических и инженерно-гидрогеологических исследований вдоль заглубленных трасс газоконденсатопроводов территории промысла были выявлены существующие и потенциальные источники подтопления и установлена гидрохимическая зональность территории. Несмотря на большое количество локальных участков с резко меняющимся солевым составом, на территории выделены три наиболее пространственные зоны со значениями минерализации 20, 100 и 160 г/дм<sup>3</sup>. Данные зоны характеризуются не только различиями в концентрациях химических элементов в подземных водах, но и различным площадным и пространственным расположением. Максимальную площадь занимают зоны с концентрацией солей 20 и 100 г/дм<sup>3</sup>. Участки с пониженной минерализацией от 0,4–1,2 до 2,7–14,1 г/дм<sup>3</sup> характерны для районов развития поверхностных техногенных водоемов за счет утечек из водонесущих коммуникаций и осуществления сбросов воды на поверхность земли. На остальной территории развиты воды с более высокой минерализацией (от 22,3–72,2 до 162,0 г/дм<sup>3</sup>) вследствие развития процессов вторичного засоления. Установленная изменчивость химических показателей, а также уровней грунтовых вод в совокупности с пестротой литологического состава грунтов на отдельных участках трасс газоконденсатопроводов способствует усилению коррозионного действия подземной среды на материалы заглубленных линейных объектов.

С учетом вышеизложенного можно сделать вывод о том, что для объектов разрабатываемых нефтяных и газовых месторождений необходимы выявление и контроль

техногенных рисков, к числу которых относятся:

- повышение уровня грунтовых вод на производственных площадках в результате интенсивного технологического водопотребления и водоотведения, вызывающее опасность разрушения подтопленных сооружений и оборудования;

- возможные катастрофические отказы оборудования и трубопроводов, а также аварийные выбросы на скважинах, при которых может наблюдаться загрязнение приземного слоя атмосферного воздуха, поверхности земли и зоны аэрации в населенных пунктах и других местах массового пребывания населения;

- повышение уровня загрязнения атмосферы вне санитарно-защитных зон производственных объектов сверх установленных предельно допустимых значений;

- повышение уровня загрязнения подземных вод и связанных с ними поверхностных водоемов промышленными стоками.

С этой целью рекомендуется значительно расширить структуру существующего на АГКМ гидрогеоэкологического мониторинга. Она должна охватывать контролем весь гидрогеологический разрез, включая водонапорную систему продуктивной залежи. Кроме того, в мониторинг необходимо включить контроль состояния почвогрунтов, техногенных ландшафтов, а также коррозионно-агрессивной микрофлоры, вызывающей биокоррозию и биоповреждения промышленного оборудования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Клейменов А.В.* Оптимизация технических решений в области промышленной безопасности // Промышленная безопасность и охрана окружающей среды: сб. науч. тр. ООО «ВОЛГОУРАЛНИПИГАЗ». Оренбург, 2002. С. 70–80.

2. *Кутлусурина Ю.С.* Классификация источников и видов загрязнения литогидросферы территории АГКМ // Разведка и освоение нефтяных и газоконденсатных месторождений: сб. науч. тр. АстраханьНИПИгаз. Астрахань, 2003. № 4. С. 308–310.