

МОНИТОРИНГ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

А.П. Белоусова
Институт водных проблем РАН,
Москва, e-mail: anabel@aqua.laser.ru

В настоящее время еще не сложилось единой точки зрения на определение целей мониторинга и его структуры. Будем пользоваться в своих исследованиях определением мониторинга, данным в Федеральном Законе РФ «Об охране окружающей среды» (от 10 января 2002 г., № 7-ФЗ): «Мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг) – комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов».

Основными системообразующими элементами государственного комплексного (геоэкологического) мониторинга (КГЭМ) являются создаваемые в субъектах Российской Федерации территориальные системы комплексного мониторинга, включающие базовые функциональные (ведомственные) и локальные (на уровне предприятий) системы мониторинга.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Добыча нефти и газа сопровождается извлечением пластовых вод, газоконденсата, попутного газа. В самих нефтедобывающих скважинах происходит кольматаж рабочей части скважины и продуктивного пласта вблизи скважины механическими частицами из бурового раствора, химическими соединениями и веществами, содержащимися в добываемых продуктах и используемых реагентах. В процессе добычи нефти происходят негативные изменения окружающей среды: атмосферы, поверхностных вод, почв и пород зоны аэрации, подземных вод. Ухудшение состояния атмосферы вызывается сжиганием попутного газа в факелах, находящихся на территории месторождений. Наибольшее загрязнение нефтью отмечается в пределах участков, на которых расположены продуктивные скважины, нефтесборные пункты и другие сооружения; при разрывах нефтепроводов на территории месторождения; при этом становятся отравленными почвы и породы, поверхностные и подземные воды. Попадание пластовых вод – высокоминерализованных рассолов в пресные подземные воды имеет место на участках

расположения скважин, а также при порывах водоводов, отводящих эти сточные воды в систему законтурного обводнения или на участки их захоронения. Следствием разливов высокоминерализованных рассолов являются загрязнение и засоление почв и пород зоны аэрации, поверхностных и подземных вод.

Специфика эксплуатации нефтяных и газовых месторождений диктует необходимость постановки и решения двух первоочередных задач:

- оптимизация процесса добычи полезных ископаемых с использованием современных технологий;
- обеспечение устойчивости экологического состояния окружающей среды в пределах нефтяного месторождения и в зоне его влияния.

Эти задачи взаимосвязаны, и решение одной из них не должно приводить к отрицательным последствиям при решении другой.

Последовательность этапов геолого-гидрогеологического изучения нефтяного (или газового) месторождения для решения указанных задач заключается в следующем (схема 1, см. приложение):

- выделяют все технологические объекты, вызывающие загрязнение окружающей среды и подлежащие исследованию, в том числе продуктивные скважины, – нефтегазосборные системы, нефтегазопроводы, водоводы, систему законтурного заводнения, систему захоронения сточных вод и др.;
- устанавливают перечень добываемых продуктов: нефть, газ, попутный газ, газоконденсат, пластовые воды, содержащие загрязняющие вещества (ЗВ); также техногенные ЗВ, используемые при добычи нефти и газа (буровые растворы, реагенты);
- определяют природно-техногенные объекты, а также границы зоны их воздействия, куда входят территория месторождения и прилегающая к ней область, на которую распространяется негативное влияние при эксплуатации месторождения, функционировании нефте- и газопроводов и других объектов с учетом данных об атмосферном переносе ЗВ и выпадении кислых атмосферных осадков за пределами месторождения;
- исследуют природно-техногенные объекты по следующим видам изученности: геологической, геофизической, тектонической, геоморфологической, гидрологической, гидрогеологической, климатической, гидрогеохимической, почвенной;
- выполняют работы в локальном и региональном масштабах.

Локальные исследования скважин включают в себя геохимические методы изучения, направленные на установление состава и типов загрязняющих и колюматрирующих веществ и опробование (опытное) рекомендованных химических веществ и соединений, используемых для увеличения нефтеотдачи скважин; моделирование геохимических процессов загрязнения и колюматажа скважин с целью выбора оптимальных методов очистки призабойной зоны продуктивных скважин; прогнозирование развития процессов загрязнения, колюматажа и очистки скважин с целью оптимизации технологических решений; оценку ущербов от этих процессов с целью экономической оптимизации технологического цикла; организацию и ведение мониторинга за техническим состоянием скважин и их влиянием на окружающую среду, на основе которого разрабатываются рекомендации по увеличению нефтеотдачи скважин и улучшению их эколого-технологического состояния. На основе вышеперечисленных исследований осуществляется управление негативными процессами и оптимизацией добычи нефти и газа путем разработки и применения современных технологий добычи.

Наблюдения за почвами и породами зоны аэрации, поверхностными и пресными подземными водами и за атмосферным воздухом на месторождении и прилегающих к нему территориях включают в себя: модельно-картографический метод исследований, позволяющий оценить степень естественной защищенности и уязвимости подземных вод и защитной зоны (почв и пород зоны аэрации) к загрязнению и истощению, а также оценить устойчивость окружающей среды к негативным антропогенным воздействиям с использованием индикаторов и индексов устойчивости отдельных ее компонентов; геохимические исследования процессов загрязнения всех компонентов природной среды, включая лабораторные и полевые методы; оценку опасности, рисков и ущербов компонентам окружающей среды от антропогенного воздействия; моделирование процессов загрязнения и истощения природных ресурсов; прогнозирование изменения состояния природной среды под действием негативных факторов и при проведении разрабатываемых мероприятий, улучшающих состояние окружающей среды. Все вышеперечисленные исследования являются элементами мониторинга окружающей среды на территории нефтяного или газового месторождения (включая мониторинг продуктивных скважин), для ведения которого на базе этих исследований проектируется и сооружается наблюдательная сеть и устанавливаются границы зон наблюдений. Выход из

системы мониторинга является входом в систему управления состоянием окружающей среды и включает в себя только мероприятия по ее улучшению и природосберегающие технологии по оптимизации и повышению нефтеотдачи продуктивных скважин и в целом добычи нефти и газа на месторождениях.

Рассмотренный методологический подход к изучению проблем, связанных с оптимизацией нефте-газоотбора из скважин и сохранением благоприятной экологической ситуации в районе добычи с целью достижения устойчивого состояния окружающей среды, является предварительным и может изменяться при конкретизации задач исследований на нефтяных и газовых месторождениях и других объектах нефтегазового комплекса. Современное состояние некоторых природных ресурсов, окружающей среды в целом, социо-экономическая и экологическая целесообразность добычи этих ресурсов требуют применения комплексного подхода к изучению возникших в связи с этим проблем, что и является задачей КГЭМ.

СТРУКТУРА РЕГИОНАЛЬНОГО (ОТРАСЛЕВОГО) КГЭМ НА ПРИМЕРЕ МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Специфика эксплуатации объектов нефтегазового комплекса состоит в том, что они оказывают влияние на окружающую среду в целом, поэтому мониторинг этих объектов по сути своей должен быть комплексным, включающим наблюдения за всеми компонентами окружающей среды (атмосфера, литосфера, гидросфера, биосфера, а также техносфера).

Основным объектом наблюдений гидрогеологов являются подземная гидросфера, или зона полного насыщения, а также зона неполного насыщения – защитная зона, отделяющая подземные воды от поверхностного загрязнения, с одной стороны, и представляющая собой источник загрязнения – с другой [1, 2]. Задачи мониторинга гидросферы: наблюдения за гидродинамической и гидрогеохимической обстановками в подземных водах; оценка изменения их состояния; прогноз их трансформации при техногенном воздействии; разработка мероприятий по ликвидации последствий такого воздействия (регулирование экологического состояния подземной гидросферы).

Мониторинг объектов нефтегазового комплекса состоит из мониторинга гидросферы, мониторинга литосферы, мониторинга атмосферы, мониторинга биосферы и мониторинга техносферы.

Система КГЭМ (и мониторинга гидросферы) включает в себя: вход в систему КГЭМ (и мониторинга гидросферы) – исходную информацию; систему КГЭМ (и мониторинга гидросферы), состоящую из трех подсистем: наблюдений, оценок и прогноза; выход из системы КГЭМ (и мониторинга гидросферы) – вход в систему управления, в части разработки мер по улучшению экологической обстановки на объектах.

Исходная информация (вход в систему КГЭМ и мониторинга гидросферы) должна обеспечить функционирование всех подсистем КГЭМ. Эффективная работа подсистемы наблюдений находится в прямой зависимости от научной обоснованности проектирования, оптимизации и строительства режимной сети. Подсистема оценок делает возможным функционирование подсистемы прогнозов, а подсистема прогнозов связана с построением математической модели, адекватной природно-техногенной обстановке.

Блок исходной информации должен содержать данные:

- об объектах мониторинга (нефтяные, газовые, газоконденсатные месторождения, подземные хранилища газа, системы подземного захоронения сточных вод, трубопроводный транспорт) и их состоянии (действующие, проектируемые);
- об изученности этих объектов: природные условия (геологические, тектонические, геофизические, сейсмические, геоморфологические, гидрогеологические, гидрологические, гидрогеохимические, почвенные, геотермические, гидродинамические, геодинамические, климатические, биологические, зоологические и др., с построением соответствующих карт и установлением фоновых характеристик) и антропогенные условия (технологические особенности объектов и их влияние на окружающую среду: механические и динамические изменения (источники возмущения геодинамической и гидродинамической обстановок, возникновение аномальных давлений в водоносных и продуктивных горизонтах, оседание поверхности земли, изменение направлений и интенсивности перетеканий из водоносных и продуктивных горизонтов, источники и интенсивность подтопления территорий и др.); загрязнение окружающей среды (атмосферы, почв и пород зоны аэрации, животного и растительного мира, поверхностной гидросферы, подземной гидросферы), с характеристикой объемов ЗВ, их химического состава и площади распространения);
- сведения об источниках загрязнения этих объектов и их характеристиках: газообразные ЗВ, жидкие ЗВ (нефтепродукты, сточные воды, загрязненные отходами

различных производств), твердые ЗВ. В результате обобщения этих данных устанавливаются основные ЗВ, по которым будет проводиться мониторинг, строятся соответствующие карты (защищенности и уязвимости подземных вод к загрязнению выявленными ЗВ), а также карты специального районирования, позволяющие проектировать режимную сеть и оценивать состояние окружающей среды;

– о границах зон мониторинга. Границы санитарно-защитной зоны устанавливаются по основным сооружениям на территории объекта; границы зоны наблюдений определяются по результатам метеорологических наблюдений за розой ветров, снеговой съемки и по данным о гидродинамических и гидрогеохимических особенностях потоков подземных вод;

– об изученности структуры КГЭМ (включающей все компоненты окружающей среды) с точки зрения развития физико-химических, физико-биологических и геотермических, инфильтрационных, фильтрационных и миграционных процессов в насыщенной и ненасыщенной зонах для получения данных о параметрах перечисленных процессов.

Для обеспечения блока исходной информации данными о параметрах указанных процессов, происходящих во всех компонентах окружающей среды и приводящих к загрязнению подземной гидросферы, необходимо проведение полевых исследований: съемок (снеговая, газовая, изотопная, вводно-гелиевая и др.), опытно-фильтрационных, геотермических и опытно-миграционных работ в зонах полного и неполного насыщения, - а также лабораторных гидрогеохимических исследований.

Завершающим этапом работ, предшествующим проектированию режимной сети, является предварительное математическое моделирование процессов загрязнения подземных вод всеми ЗВ с использованием ранее полученных параметров основных процессов, способствующих негативному изменению экологического состояния подземных вод.

Подсистема наблюдений включает в себя наблюдения за всеми компонентами окружающей среды. Для наблюдений оборудуется режимная наблюдательная сеть, являющаяся основным инструментом КГЭМ и мониторинга гидросферы. Проектирование режимной сети осуществляется с учетом технологического состояния объектов мониторинга (действующие или проектируемые). Подсистема наблюдений сети включает в себя несколько уровней: первый – специальная режимная сеть для наблюдений за

источниками загрязнения; второй – региональная режимная сеть для наблюдений за атмосферой; третий – региональная режимная сеть для наблюдений за поверхностными водами, почвами, породами зоны аэрации, растительным и животным миром; четвертый – региональная режимная сеть для наблюдений за подземными водами. Проектирование режимной сети осуществляется в два этапа: проектирование «идеальной» режимной сети на базе природно-техногенных факторов и оптимизация сети – создание реальной режимной сети с учетом экономических и технических ограничений. После этого следует сооружение режимной сети, ее апробация, определение периодичности и состава наблюдений, создание автоматизированной системы наблюдений.

Подсистема оценок является связующим звеном между подсистемами наблюдений и прогноза. Подсистема оценок включает в себя блоки исходной, динамической и оперативной информации, с помощью которых устанавливаются индикаторы и индексы устойчивости состояния компонентов окружающей среды, в том числе подземной гидросферы, проводится оценка опасности, рисков и ущербов в отношении компонентов окружающей среды.

Подсистема прогнозов представляет собой автоматизированную структуру, состоящую из информационной системы (банков данных и программного обеспечения для их обработки), постоянно действующей модели и блока прогнозов (включая сценарии аварий и чрезвычайных ситуаций различной степени сложности), способствующих корректировке режимной сети. Вся подсистема прогнозов должна базироваться на современных ГИС-технологиях. Эта подсистема должна обеспечить проектирование и проведение «кризисного» мониторинга в случае возникновения чрезвычайных природных и антропогенных ситуаций.

Выход из системы КГЭМ и мониторинга гидросферы представляет собой разработку мер (технологических, гидрологических, биохимических, гидрогеологических, гидрогеохимических), улучшающих экологическое состояние окружающей среды в целом и подземной гидросферы в частности на объектах мониторинга. Кроме этого, на данном этапе необходима разработка и усовершенствование нормативных документов и правовых основ экологического законодательства.

Выводы

Мониторинг гидросферы является необходимым инструментом охраны окружающей среды на объектах нефтегазового комплекса. В связи с этим изложенные методические положения мониторинга гидросферы в районах расположения предприятий и месторождений нефтегазового комплекса могут быть использованы при проектировании и организации его на конкретных объектах. Представленная концепция мониторинга является комплексной, так как включает наблюдения не только за экологическим состоянием во всех компонентах окружающей среды, но и за всеми ЗВ, обуславливающими загрязнение поровых, грунтовых и напорных вод в зонах контролируемых объектов.

Функционирование системы мониторинга гидросферы, включающей подсистему оценок (основу которой составляют индикаторы и индексы устойчивости качества подземных вод), является надежной базой для определения направления эколого-экономического развития изучаемых объектов и сохранения подземной гидросферы как компонента окружающей среды. Мониторинг гидросферы также является частью КГЭМ окружающей среды и важным элементом при формировании стратегии перехода контролируемых регионов к устойчивому развитию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусова А.П. Качество подземных вод. Современные подходы к оценке. М.: Наука, 2001. 340 с.
2. Белоусова А.П., Гавич И.К., Лисенков А.Б., Попов Е.В. Экологическая гидрогеология: Учебник для вузов. М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. 397 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

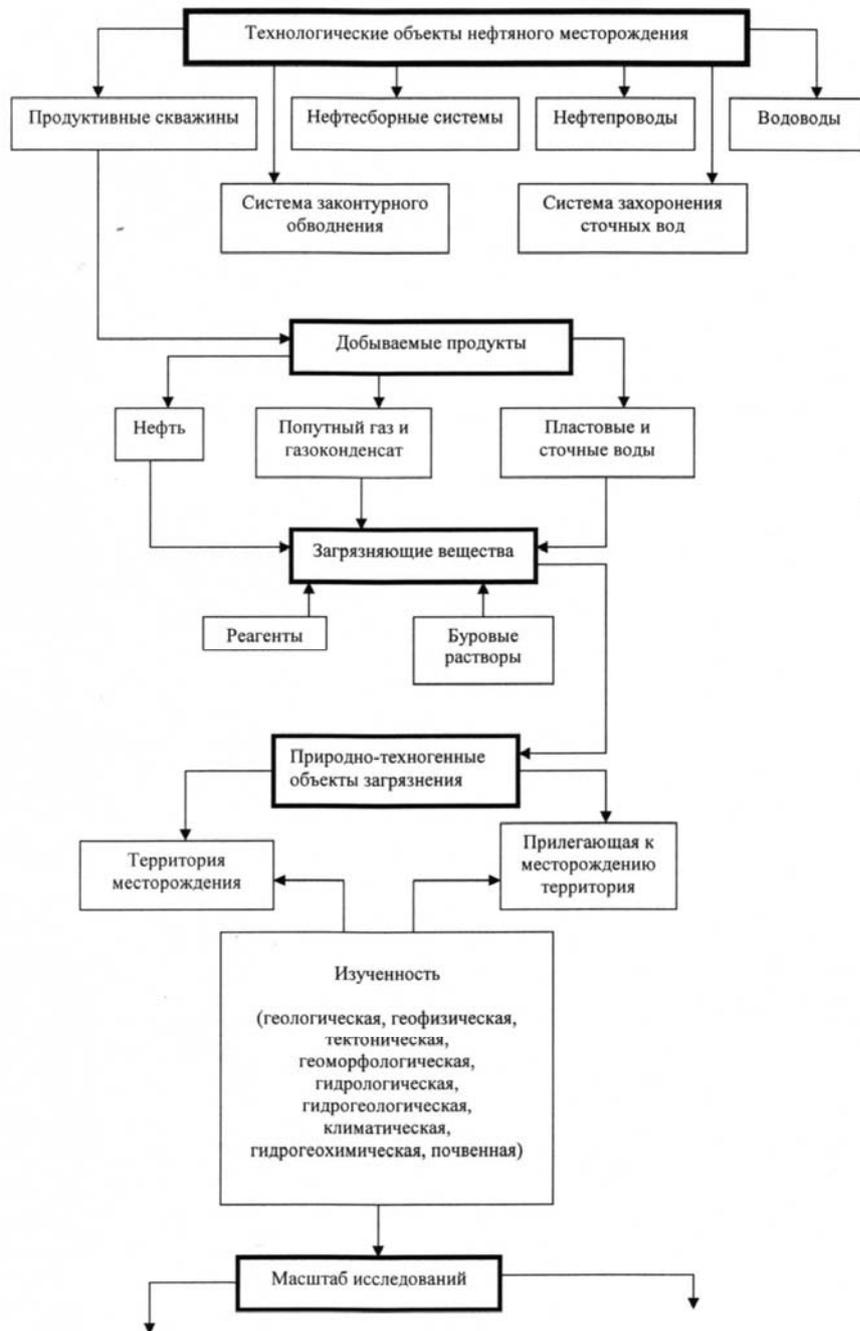


Схема 1. Система изучения экологической ситуации на нефтяном месторождении (продолжение см. на с. 10).

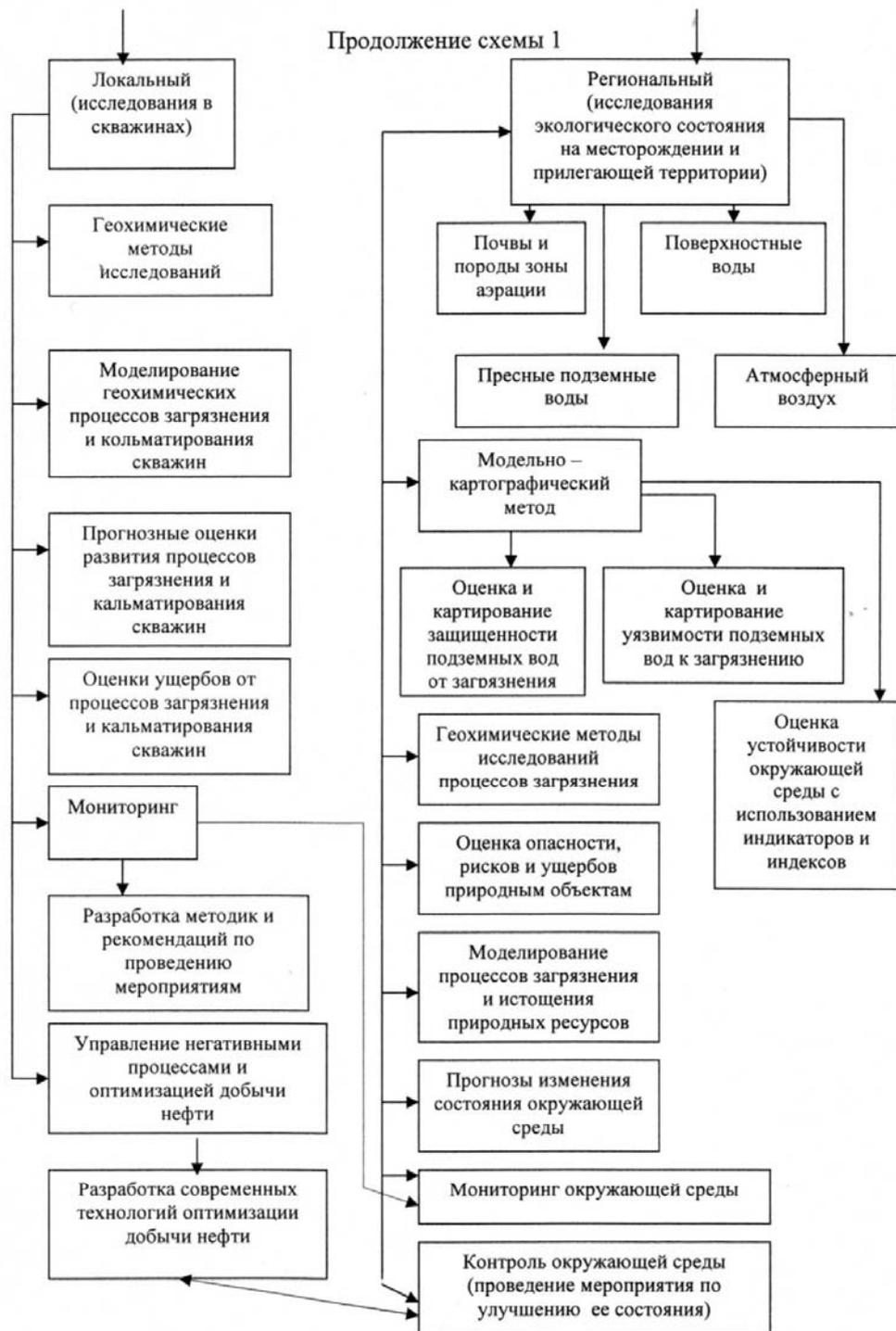


Схема 1. Система изучения экологической ситуации на нефтяном месторождении