

Г.В. Заборовская

## Организация мониторинга пресных подземных вод на территории нефтяных месторождений Беларуси

В Беларуси единственным нефтегазоносным регионом является Припятский прогиб. Здесь в девонских и верхнепротерозойских отложениях открыты 64 месторождения нефти, включающих 185 залежей, залегающих главным образом на глубине более 2000 м. Общая площадь нефтеносных площадей составляет около 372 км<sup>2</sup>. По состоянию на 2005 г. на территории разрабатываемых РУП «ПО «Белоруснефть» нефтяных месторождений было пробурено более 1500 глубоких скважин, проложены сотни километров трубопроводов и дорог, построены десятки газозамерных и нефтеперекачивающих установок и других сооружений.

На рассматриваемой территории пресные подземные воды имеют повсеместное распространение и приурочены к отложениям антропогена, палеоген-неогена, мела и юры. Вне зоны влияния техногенеза подземные воды по составу гидрокарбонатные кальциево-магниевого с минерализацией 0,1–0,5 г/л [1].

В настоящее время в РУП «ПО «Белоруснефть» в соответствии с программой Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь ведутся работы по развитию системы мониторинга окружающей среды территории работ, включающей в себя мониторинг подземных вод [2].

*Объектом мониторинга* являются верхние горизонты гидrolитосферы территории работ РУП «ПО «Белоруснефть».

*Цель мониторинга* – экологическая оценка и управление качественным состоянием подземных вод.

Основными *задачами мониторинга* подземных вод являются:

- проведение наблюдений за техногенными факторами, оказывающими влияние на качество и режим подземных вод как объектов нефтедобычи, так и сельского хозяйства, бытовой деятельности населения;
- проведение режимных наблюдений с целью получения информации о показателях, характеризующих подземные воды, как природные, так и техногенно измененные;
- оценка состояния водных ресурсов;
- получение долгосрочных прогнозов изменения гидрохимического режима подземных вод;
- создание инженерно-гидрогеологического обоснования проектов природоохранных мероприятий;
- создание экологической части регламента на строительство разведочных и эксплуатационных скважин.

Одним из главных *методологических принципов* организации мониторинга подземных вод является его модельная ориентированность [3]. Эффективную программу природоохранных мероприятий невозможно создать без модели воздействия на среду проектируемых источников загрязнения. При этом очевидно, что чем лучше модель будет отражать реальный механизм ожи-

даемого загрязнения, тем эффективней будет работать экологическая часть строительного регламента.

Создание постоянно действующих гидрогеологических моделей территорий, учитывающих направление, пути и скорость переноса загрязняющих веществ в подземных водах, позволяет решать следующие задачи:

- организовывать рациональную сеть режимных наблюдений за экологическим состоянием подземных и поверхностных вод;
- оценить и дать долгосрочный прогноз качественного состояния водной среды;
- создать экологическую часть регламента на строительство разведочных и эксплуатационных скважин.

*Режимные наблюдения.* Работы по изучению качественного состава подземных и поверхностных вод районов нефтяных месторождений республики ведутся Белорусским научно-исследовательским и проектным институтом нефти (БелНИПИнефть) с 1992 года. На начальном этапе для ведения наблюдений за изменением гидрохимического состава поверхностных, грунтовых и межпластовых вод рассматриваемых районов нами была создана режимная сеть, включающая 68 контрольных водопунктов. Режимные водопункты были приурочены к колодцам деревень и артезианским скважинам животноводческих комплексов, расположенных в пределах или непосредственной близости от эксплуатируемых месторождений нефти.

Анализ экологических последствий процессов бурения, обустройства и эксплуатации нефтяных месторождений позволяет считать, что основными индикаторами загрязнения водной среды при разработке нефтяных месторождений могут служить содержания нефтепродуктов и хлоридов в природных подземных водах контролируемых территорий. Попутнодобываемые воды Белорусских месторождений представляют собой высокоминерализованные растворы, общая минерализация которых достигает 350 г/л, а содержание хлор-иона составляет 100–200 г/л. Вследствие большой разницы в содержании хлоридов в пресных водах, с одной стороны, и попутных и сточных – с другой, даже незначительное попадание последних резко повышает концентрацию хлоридов в пресных водах.

Исследование гидрохимического состава грунтовых вод в сельских населенных пунктах, расположенных в пределах нефтеносных площадей, показали, что в 60% случаев грунтовые воды не удовлетворяют требованиям ГОСТа 2874-82 «Вода питьевая». Основными загрязняющими компонентами в них являются соединения азота, хлориды, сульфаты. Высокие концентрации нефтепродуктов встречаются в 17% колодцев. Наиболее часто превышение предельно-допустимых норм фиксируется по содержанию нитрат-иона (ПДК = 45 мг/л) и минерализации (ПДК = 1 г/л). При широком диапазоне содержания хлоридов, от единиц до 575 мг/л, превышение ПДК (350 мг/л) отмечалось только в 2% опробованных колодцев [2].

Следует отметить, что все водопункты режимной сети были приурочены к колодцам и скважинам водоснабжения, расположенным в сельских населенных пунктах, поэтому полученная гидрохимическая информация свидетельствует, прежде всего, о комплексной «антропогенной» нагрузке, приходящейся на подземные воды населенных пунктов. Это, прежде всего, бытовая деятельность населения: приусадебные участки с вносимыми на них минеральными и органическими удобрениями, скотные дворы и животноводческие фермы, и многие другие объекты хозяйственной деятельности человека. На этом фоне выделить возможную составляющую загрязнения подземных вод, связанную с разработкой и эксплуатацией нефтяных месторождений, не представляется возможным из-за трудности учета всех возможных факторов (источников), влияющих на состав подземных вод территорий населенных пунктов.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что структура существующей режимной сети имеет недостаточную целевую направленность и не в полной мере учитывает необходимость получения первичной информации для прогнозирования изменения качества подземных вод и планирования природоохранных мероприятий.

Нами предлагается следующая схема проведения режимных наблюдений, которая подразумевает создание двухуровневой сети контрольных водопунктов:

- на первом уровне режимной сети наблюдений изучается качество и режим подземных вод на значительных площадях (территориях водосборов), где их состояние в значительной степени определяется естественными гидрогеологическими условиями, качеством инфильтрующихся осадков, состоянием поверхностных вод и почв, а также комплексной техногенной нагрузкой (сельское хозяйство, бытовая деятельность населения, промышленные объекты), приходящейся на рассматриваемые территории. Точки наблюдений выбираются таким образом, чтобы охватить все водоносные горизонты, перспективные для хозяйственно-питьевого водоснабжения;
- второй уровень режимной сети – специализированная сеть, предназначенная для выявления локального загрязнения подземных вод непосредственно в местах расположения потенциальных источников загрязнения подземных вод.

Первым этапом при планировании и создании специализированной режимной сети должна стать типизация (районирование) изучаемой территории по геологическим и гидрогеологическим условиям. Это позволит выделить участки, характеризующиеся общими и существенными признаками гидрогеологических условий и близкой реакцией среды на техногенное воздействие. Проведение такой типизации (районирования) рассматриваемых территорий позволит:

- 1) целенаправленно и обоснованно проводить экстраполяцию полученных данных на однотипные территории;
- 2) наиболее целесообразно размещать сеть наблюдательных скважин;
- 3) разрабатывать мероприятия по снижению отрицательного воздействия техногенных процессов.

Основным признаком типизации районов нефтепромыслов (при однородном геолого-литологическом строении) может стать интенсивность водообмена в грунтовом водоносном горизонте, определяемая глубиной залегания уровней грунтовых вод, геоморфологическим положением участка, расчлененностью рельефа, проницаемостью пород зоны аэрации и водоносного горизонта, величиной инфильтрационного питания. Очевидно, что чем выше время водообмена, тем меньше подвижность загрязненных вод в пласте и, следовательно, тем меньше возможные масштабы загрязнения подземных вод.

В качестве примера на рис. 1 приведена схематическая карта времени водообмена в грунтовом водоносном горизонте бассейна реки Ведрич, расположенного в восточной части Припятского прогиба и в пределах которого находится наибольшая часть интенсивно эксплуатируемых месторождений нефти [4].

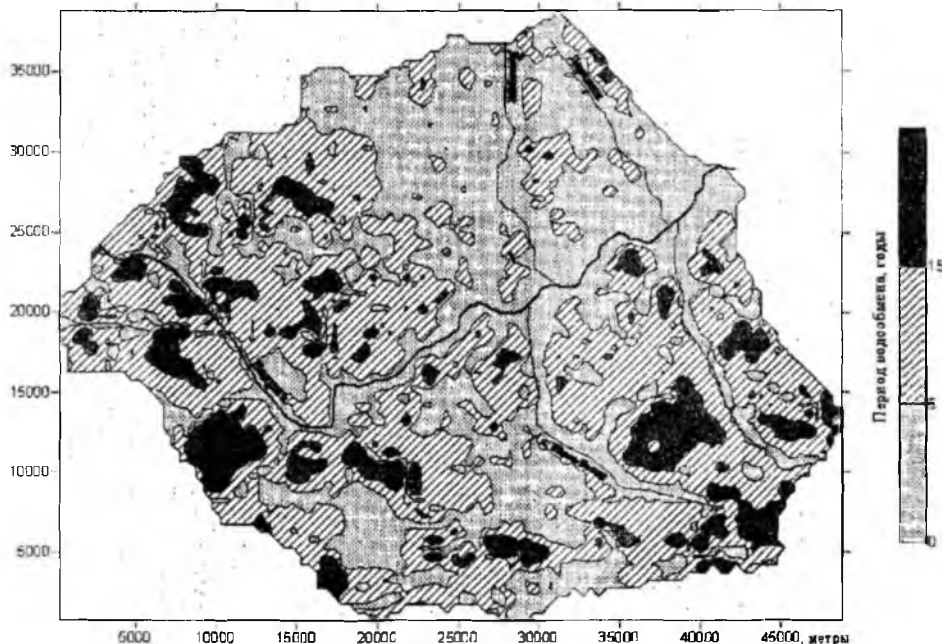
Как показатель интенсивности водообмена используется время водообмена  $t$ , представляющее собой отношение объема воды  $V$  в расчетном элементе к расходу потока подземных вод  $Q$  в этом элементе:

$$t = V/Q.$$

В качестве расчетного элемента нами рассматривался рабочий блок геофильтрационной модели бассейна р. Ведрич «WEDRICH».

В бассейне р. Ведрич рассчитанное время водообмена для грунтового водоносного горизонта характеризуется весьма низкими значениями. В первом приближении можно выделить три зоны: с периодом водообмена менее 5 лет, 5–15 лет и более 15 лет. Каждая из выделенных зон характеризуется

определенными гидрогеодинамическими условиями и степенью уязвимости грунтовых вод рассматриваемой территории. Очевидно, что чем выше время водообмена, тем меньше подвижность загрязненных вод в пласте и, следовательно, тем меньше возможные масштабы загрязнения подземных вод.



**Рис. 1. Схематическая карта времени водообмена в грунтовом водоносном горизонте водосбора р. Ведрич.**

При планировании специализированной сети наблюдений необходимо учитывать основные направления фильтрации подземных вод, что является определяющим фактором в переносе загрязняющих веществ. На этом уровне достаточно использовать карту гидроизогипс для самого верхнего водоносного горизонта. При создании геофильтрационной модели такая карта была построена для грунтового водоносного горизонта бассейна р. Ведрич (рис. 2), которая непосредственно может быть использована при организации полигона наблюдательных скважин.

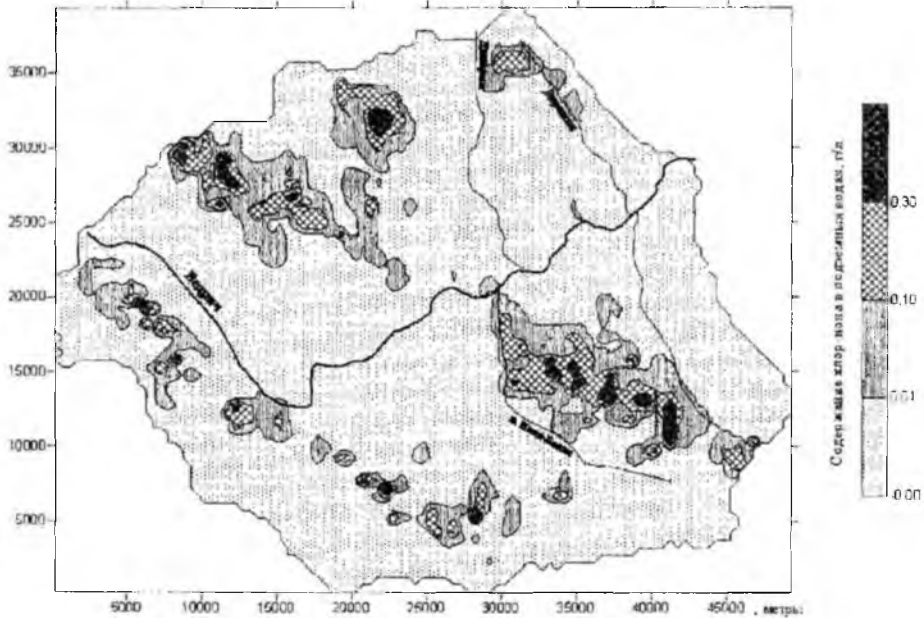
*Прогнозные оценки.* Геофильтрационная модель подземных вод бассейна реки Ведрич, где расположена значительная часть интенсивно эксплуатируемых нефтяных месторождений Припятского прогиба, была создана в 1998 г. в Гомельском государственном университете им. Ф. Скорины по договору с БелНИ-ПИНефть. В дальнейшем на базе созданной модели была выполнена оценка естественных ресурсов подземных вод и структуры водного баланса в бассейне р. Ведрич, составлена карта защищенности грунтовых вод от поверхностного загрязнения, проведены расчеты миграции соли от погребенных шламовых амбаров буровых площадок в зоне интенсивного водообмена [5].

По результатам моделирования нами впервые для данной территории были даны прогнозные оценки качественного состояния подземных вод для пяти водоносных горизонтов как на настоящее время, так и на перспективу (рис. 2).

Проведенные исследования позволили установить следующее.

1. Большое количество участков загрязнения грунтовых вод с концентрацией  $Cl^-$  1,0–5,0 г/л и более формируется в период массового строительства глубоких скважин на нефть. В это время происходит слияние локальных оча-

гов загрязнения в единые ореолы загрязненных грунтовых вод. В настоящее время идет процесс снижения масштабов загрязнения грунтового водоносного горизонта. В перспективе ожидается почти полное восстановление качества грунтовых вод. За счет выноса соли в нижележащие водоносные горизонты и ее рассеивания по площади в грунтовом водоносном горизонте должны остаться лишь локальные очаги загрязнения.



**Рис. 2. Прогнозная карта на 2050 год промышленного загрязнения грунтовых вод хлоридами в бассейне р. Ведрич.**

2. В результате нисходящей фильтрации подземных вод происходит загрязнение ниже-среднеплейстоценового водоносного горизонта. На отдельных участках шламовые амбары попали в зону высоких значений инфильтрационного питания грунтовых вод и нисходящей межпластовой фильтрации. Здесь концентрация  $Cl^-$  достигает 3,0 г/л и более. В последующем следует ожидать улучшения качества подземных вод ниже-среднеплейстоценового водоносного горизонта.

3. В настоящее время на отдельных участках фронт загрязнения (по результатам моделирования) достиг палеогенового водоносного горизонта.

4. Появление признаков загрязнения в турон-маастрихтском водоносном горизонте в течение расчетного периода не выявлено.

5. Юрско-нижнесеноманский водоносный горизонт, залегающий в основании зоны активного водообмена, хорошо защищен толщей мергельно-меловых пород. Поэтому в течение расчетного периода данный водоносный горизонт не загрязняется.

Сопоставляя концентрации хлоридов в подземных водах, полученные по результатам моделирования и по фактическим замерам в точках режимной сети территории водосбора р. Ведрич, следует сделать вывод о значительном превышении расчетных значений над фактическими данными, что предполагает определенный инженерный запас в расчетах. Из этого следует, что созданная геомиграционная модель требует своего дальнейшего совершенствования и развития, с целью наиболее максимального приближения к действительности прогнозных оценок. Для этого необходимо наполнение чис-

ленной модели натурными данными, уточнение численных значений основных расчетных параметров, усовершенствование расчетной схемы поступления загрязнителя из шламового амбара в грунтовый водоносный горизонт, а также уточнение исходных концентраций загрязняющего вещества.

С целью получения ответа на эти вопросы и должна создаваться специализированная режимная сеть наблюдений, охватывающая районы непосредственного влияния потенциальных источников загрязнения подземных вод.

*Управление качественным состоянием подземных вод.* В соответствии с современными взглядами на охрану окружающей среды, способность природной среды противостоять или переносить техногенные нагрузки рассматривается как ключевой природный ресурс, а показатели качества окружающей среды – как орудие экономического управления. Из этого следует, что мероприятия по охране окружающей среды не обязательно должны быть одинаковыми, поскольку всегда целесообразно принимать во внимание способность конкретной локальной природной среды к разбавлению или выведению загрязняющих веществ [6].

В проектах на строительство скважин заложены мероприятия по ликвидации последствий буровых работ. Планируемые мероприятия представляют собой набор последних достижений в области ликвидации последствий бурения и предполагают реальность их применения в условиях работ РУП «ПО «Белоруснефть». Однако, как показывает опыт, планируемый комплекс работ выполняется не всегда полностью, что обусловлено, с одной стороны, значительной стоимостью природоохранных мероприятий, с другой – недопониманием производителями опасных последствий влияния отходов бурения на окружающую среду и, прежде всего, на подземные воды.

Использование постоянно действующих гидрогеологических моделей изучаемых территорий и, следовательно, получение прогнозных оценок возможного влияния на подземные воды как проектируемых, так и уже действующих источников загрязнения дает возможность сконцентрировать меры и средства по борьбе с загрязнением там, где они крайне необходимы и могут дать высокий экологический и экономический эффект.

Выработка рационального комплекса по рекультивации буровых площадок и утилизации отходов бурения, по нашему мнению, должна выполняться непосредственно для каждой скважины еще на стадии проектирования и основываться на результатах моделирования различных вариантов инженерной защиты подземных вод от загрязнения и различных способов утилизации отходов бурения.

Для принятия управленческих решений по хранению отходов бурения на территории нефтяных месторождений необходимо сформулировать требования (правовые, экологические, экономические и т.д.) к условиям их хранения. После этого на базе созданных постоянно действующих гидрогеологических моделей территорий можно ответить на вопрос о возможности, целесообразности и последствиях хранения отходов бурения в любой точке рассматриваемой площади.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Геология Беларуси / А.С. Махнач, Р.Г. Гарецкий, А.В. Матвеев и др.* – Мн., 2001.
2. *Химуля Г.В.* Результаты многолетних наблюдений экологического состояния природных вод на территории работ ПО «Белоруснефть» // Стратегия-2015: Материалы научно-практической конференции. – Гомель, 1999. – С. 419–423.
3. *Шестаков В.М.* Принципы геофизико-экологического мониторинга // Геоэкология, 1999, № 4. – С. 25–29.

4. **Заборовская Г.В., Ковалева А.В.** Гидродинамические условия водосбора р. Ведрич как фактор, контролирующий уязвимость грунтовых и межпластовых вод // Проблемы водных ресурсов, геотермии и геоэкологии: Материалы Международ. науч. конф. – Мн., 2005. – С. 91–92.
5. **Жогло В.Г.** Система численных геофильтрационных моделей верхнего этажа гидролитосферы юго-востока Республики Беларусь. – Мн., 2001.
6. **Войтов И.В., Самусенко А.М., Высоченко А.В., Капилевич Ж.А.** Национальная система мониторинга окружающей среды как основа для принятия управленческих решений // Сборник пленарных докладов «Европа – наш общий дом: Экологические аспекты». – Мн., 2000. – С. 65–75.

#### S U M M A R Y

*The chief principles of organization and further developments of underground waters monitoring on the territory of RUE «PA "Belorusneft"» are formulated. An example of oil-field territory type-design based on hydrogeodynamyc conditions, as well as the results of prognostic monitoring the qualitative state of underground waters for five water-bearing horizons are presented.*