

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЯ

*Лекция***Специальные мероприятия по охране подземных  
вод от загрязнения**

Все водоохраные мероприятия можно разделить на две группы:

- 1) профилактические, направленные на предотвращение загрязнения;
- 2) активные, задача которых ограничение или ликвидация реально проявившегося загрязнения.

Повторить материалы лекции за 9 ноября «Профилактические мероприятия».

**Активные мероприятия**

Борьбу с реально проявившимся ЗПВ ведут по следующим основным направлениям: 1) ликвидация или изоляция источника загрязнения; 2) локализация или откачка загрязненных пластовых вод; 3) сброс и утилизация загрязненных подземных вод, откачиваемых дренажными системами; 4) восстановление качества подземных вод в пределах сформировавшегося ореола загрязнения.

Полная *ликвидация* источника загрязнения с последующими мероприятиями по восстановлению качества подземных вод в зоне его влияния является, конечно, наиболее радикальной мерой борьбы с проявившимся ЗПВ. Для начала иногда целесообразно просто прекратить эксплуатацию накопителя (с переводом сброса стоков в заранее подготовленную резервную емкость) и провести его рекультивацию или реконструкцию по специальному проекту.

Альтернативой этим радикальным мерам является сокращение утечек промышленных стоков путем дополнительного экранирования источника ЗПВ (например, подводным складированием тонкозернистых "хвостов" или его *изоляции* оконтуривающей противодиффузионной завесой (ПФЗ). Так, "грунтовая с т е н к а" (б а р р а ж) выполняется в виде траншеи, заполненной слабопроницаемым (обычно глинистым) материалом. Проницаемость таких перемычек может быть доведена до 0,0001 м/сут. Траншея прокладывается с помощью экскаваторов или специальных буровых агрегатов. Барражные завесы сооружаются обычно на всю мощность водоносного горизонта до относительно слабопроницаемых отложений в его основании. Освоенная

глубина сооружения грунтовых барражей достигает 20 м, специальные барражные машины позволяют возводить перемишки глубиной до 50 м и более.

*Локализация* загрязнения в водоносном пласте возможна посредством управления фильтрационным потоком через специальные водозаборные и водопоглощающие сооружения — дренажи, гидрозавесы и их сочетания, а также посредством глубоких ПФЗ, оконтуривающих источники загрязнения.

*Дренаж* обычно предполагает проходку рядов откачивающих скважин (реже траншей) в пределах ореола ЗПВ (как правило, нормально направлению миграции) для перехвата загрязненной воды. Понижения уровней на линии дренажа минимизируются по допустимому "проскоку" загрязнений, который в предельном случае принимается равным нулю. Однако вне связи с другими способами активной защиты дренаж приемлем только при ограниченных объемах откачиваемых загрязненных вод, допускающих их обратный сброс в накопители или использование для оборотного промышленного водоснабжения. Возможности дренажа расширяются при высокой степени разбавления загрязнений чистой водой в дренажных устройствах, когда оказывается допустимым сброс дренажных вод в гидросеть без их предварительной очистки или прямое использование этих вод для технических целей. Во всех остальных случаях дренажные мероприятия в районе источника загрязнения замыкаются на предварительную очистку или подземное захоронение откачиваемых загрязненных вод.

К положительным качествам дренажных систем нужно отнести их мобильность, сравнительно небольшие капитальные затраты на их сооружение и высокую техническую эффективность.

*Гидрозавесы* предполагают создание гидродинамического барьера на пути миграции загрязнений. Для этого предусматривается сооружение ряда нагнетательных скважин вниз по потоку загрязненных вод с последующей непрерывной закачкой в них чистой воды из независимого внешнего источника. Отметки пьезометрических уровней по контуру гидрозавесы должны обеспечивать создание искусственного водораздела подземных вод на пути миграции загрязнений, сдерживающего их дальнейшее продвижение по пласту.

Возможно сочетание нагнетательных скважин с откачивающими, расположенными ниже по потоку от ореола загрязнения. Откачиваемая вода при этом подается в скважины гидрозавесы. Благодаря образованию

искусственного водораздела в условиях существенно установившегося движения подземных вод между линиями откачивающих и нагнетательных скважин, ореол загрязнения удерживается в определенных границах, а незагрязненные подземные воды обтекают его. Конечно, такая схема приемлема лишь при потоках загрязненных вод ограниченной ширины и интенсивности. В противном случае откачивающие скважины будут давать загрязненную воду.

К недостаткам гидрозавес, помимо значительных эксплуатационных расходов, следует отнести постепенное снижение дебита нагнетательных скважин в результате кольтматации. Это требует их систематического ремонта и наличия практически стопроцентного резерва. Кроме того, подаваемая для нагнетания вода нуждается в тщательной очистке от механических примесей. В то же время эти недостатки во многом окупаются невысокими капитальными затратами на сооружение таких систем, их мобильностью и отсутствием проблемы утилизации или очистки загрязненных подземных вод. В целом все же следует признать что надежность гидрозавес как средства локализации загрязнений меньше, чем надежность дренажа. Ни гидрозавесы, ни комбинированные системы пока не нашли широкого применения на практике для решения проблемы локализации источников ЗПВ.

Гораздо более радикальным, но и дорогостоящим средством являются глубокие ПФЗ, оконтуривающие горные выработки и снимающие, таким образом, необходимость откачки больших объемов загрязненных вод, в частности естественных рассолов. Таковы *инъекционные завесы*, сооружаемые на глубинах в сотни метров путем закачки в пласты (в основном трещиноватых пород) тампонажных смесей под давлением. Закачка осуществляется, как правило, в изолированные интервалы скважин с применением тампонирующих устройств (пакеров). При затвердевании тампонажного раствора создаются весьма эффективные ПФЗ, хотя часто бывает трудно проконтролировать их сплошность. По типу используемых тампонажных смесей инъекционные ПФЗ можно разделить на две группы:

а) цементные и глиноцементные завесы, используемые для защиты пресных вод и слабоминерализованных и неагрессивных стоков;

б) завесы на грунтовой основе с преобладанием в составе закачиваемого раствора местных строительных материалов глинистого состава

с различными добавками, способствующими "схватыванию" раствора в

трещинах и повышению его устойчивости к агрессивному воздействию загрязненных подземных вод.

Использование инъекционных ПФЗ в водоохранных целях пока сдерживается очень высокой их стоимостью и неясностью представлений о критериях надежности, способах ее обеспечения и методах контроля сплошности завесы. Тем не менее инъекционные ПФЗ следует рассматривать как весьма перспективное средство защиты подземных вод от загрязнения и истощения.

В состав активных мероприятий все чаще включают *подземное захоронение* жидких стоков и некондиционных дренажных вод. В настоящее время эта мера целесообразна при относительно небольших объемах загрязненных вод: расход закачки (на глубину 1500—2000 м и более) обычно не должен превышать 5000 м<sup>3</sup>/сут, рядовые же расходы закачки составляют не более 1000 м<sup>3</sup>/сут в одну скважину.

При захоронении загрязненных вод в более глубокие структуры выбор и оценка этих структур должны осуществляться (согласно действующим инструктивным и методическим документам) геологоразведочными организациями на стадии разведки и оценки запасов месторождения; на деле, однако, это часто происходит уже после передачи его в эксплуатацию.

Использование способа подземного захоронения сдерживается очень высокой его стоимостью даже при относительно небольших дебитах закачки, имеющих к тому же тенденцию к снижению во времени из-за кольтматации скважин.

Наряду с подземным захоронением дренажных вод должны быть рассмотрены возможности их утилизации или предварительной очистки (в частности, с последующим сбросом в гидрографическую сеть).

*Утилизация* без очистки возможна в основном для слабоминерализованных или практически пресных дренажных вод. Такие воды могут быть использованы для технического водоснабжения, в системах охлаждения, пылеподавления и т.д. Использование дренажных вод для технологических нужд часто даже предпочтительнее, чем подача воды из поверхностных отстойников, в силу минимальной загрязненности механическими примесями. Чаще всего утилизация загрязненных дренажных вод (и технологических стоков) возможна только после их предварительной очистки.

Обычные способы очистки (коагуляция, отстаивание, умягчение, фильтрование, хлорирование и т.п.) неэффективны для сильно загрязненных растворов. Наиболее эффективные методы очистки - это аэрирование,

адсорбция активированным углем или с помощью синтетических смол; комбинация аэрирования и адсорбции; биофизическая очистка (от ионов металлов); обработка загрязнителя химическими реагентами (например, известью для нейтрализации кислых вод и осаждения солей тяжелых металлов); электронейтрализация переменным током промышленной частоты (очистка воды от нефтепродуктов).

*Восстановление качества загрязненных подземных вод* в пределах водоносного пласта после ликвидации или изоляции источников ЗПВ растягивается на многие годы и даже десятилетия. Соответственно, длительное время остается загрязненной и местная гидрографическая сеть, в которую разгружаются некондиционные подземные воды.

Ускорение этого процесса может быть достигнуто двумя путями:

- 1) искусственным увеличением фильтрационных и концентрационных градиентов, которое обеспечивается только интенсивным и длительным дренажем в пределах ореола загрязнения: обычно приходится откачивать объемы воды, в десятки раз превышающие объем загрязненных вод;
- 2) очисткой с закачкой в загрязненный водоносный горизонт растворов, содержащих нейтрализующие химические компоненты или микроорганизмы. На успех в его применении можно рассчитывать лишь в тех случаях, когда тщательно изучен состав загрязнителей и уровень ЗПВ.

В качестве фильтра могут использоваться естественные грунты с высокой сорбционной способностью по отношению к данному виду загрязнителя. При этом технологическая цепочка существенно усложняется и выглядит так: откачка загрязненных вод - закачка (инфильтрация) для очистки - откачка очищенных вод. Цикл "закачка-откачка" может повторяться многократно, этот вариант отличается высокой стоимостью.