Записки Ленингр ского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного институ а им. Г.В.Плеханова
т. LXXX, 1980 г.

УДК 551.493

# ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРОБЛЕМЕ ОХРАНЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ РАЙОНАХ

В.А.МИРОНЕНКО

Эксплуатация крупных горнодобывающих предприятий часто приводит к истощению ресурсов и ухудшению качества подземных вод на больших площадях, прилежащих к карьерам и шахтным полям. При дренаже месторождений откачиваются большие объемы воды (сотни и тысячи кубических метров в час), что вызывает формирование вокруг горных выработок депрессионных воронок радиусами в десятки километров при понижениях напоров, измеряемых подчас сотнями метров. Одновременно осушение водоносных горизонтов серьезно нарушает сложившееся в районе гидрохимическое равновесие. Кроме того, гидроотвалы, хвостохранилища и прочие технические водоемы, сопутствующие горным работам, могут стать источниками дополнительного питания и, в то же время, интенсивного загрязнения подземных вод.

Изменения гидродинамической обстановки чаще всего носят региональный характер: нарушается положение областей питания крупных водоносных структур, меняется интенсивность инфильтрационного питания, усиливается взаимосвязь между водоносными горизонтами и подземными бассейнами посредством перетекания, меняется весь водный баланс района. Наиболее значительны изменения такого рода в закрытых артезианских структурах, где под влиянием горного дренажа обычно необратимо сокращаются ресурсы подземных вод, что может быть связано с интенсивной сработкой упругих запасов водоносных пластов, а в районах аридной зоны – и с постепенным перемещением контуров обводненности пластов вдоль наклонно залегающих водоупоров. На фоне этих региональных процессов обычно фиксируется резкое перераспределение динамических запасов структуры между отдельными водоносными комплексами, зависящее от условий вскрытия их горными или дренажными выработками и проницаемости разделяющих пластов. Кардинальный характер такое перераспределение носит на участках подземной разработки системами с обрушением кровли, где за счет техногенной трещиноватости над выработками образуется зона резко нарушенной сплошности водоупоров.

Изменение гидродинамического баланса открытых водоносных структур локализуется обычно на меньших площадях. Основную роль в такой локализации

играют естественные водотоки и водоемы, претерпевшие инверсию (из областей стока они превращаются в области питания), инфильтрационное питание, интенсифицируемое за счет нарушений рельефа, частичной ликвидации покровных отложений и понижения уровней грунтовых вод, и крупные технические водоемы, благодаря которым в ряде районов со временем формируется устойчивый водобалансовый цикл, при котором количество воды, откачиваемой дренажными системами, компенсируется фильтрацией из гидроотвалов и хвостохранилищ. Но чаще всего в горнодобывающих районах создается напряженный водный баланс, поскольку отбор подземных вод дренажными системами не компенсируется питанием водоносных горизонтов.

В результате осушения горных выработок, отвода, очистки и накопления рудничных и технических вод неизбежно происходит изменение гидрохимической обстановки, нарушается исходное (динамическое) физико-химическое равновесие между отдельными элементами многокомпонентной системы подземные воды – горные породы, что нередко серьезно ухудшает санитарные показатели подземных вод. В ряде горнодобывающих районов снижение напоров при дренажных работах способствует интенсификации процессов перетекания из смежных горизонтов вод с пониженными качественными характеристиками, оттягиванию минерализованных поровых растворов из слабопроницаемых слоев и блоков.

В целом гидрохимическая обстановка в районе обычно резко меняется к худшему и обеспечение нормальных условий водоснабжения требует, как правило, проведения дополнительных, подчас дорогостоящих водоохранных мероприятий.

Глобальный характер проблемы подтверждается практикой горных разработок в подавляющем большинстве стран. Среди наиболее известных примеров такого рода можно упомянуть Курскую магнитную аномалию, Донбасс и Криворожский железорудный бассейн СССР, буроугольные бассейны ФРГ и ГДР, соленосные и железорудные бассейны ФРГ, США, Канады и Австралии, районы разработки медноникелевых и полиметаллических руд Канады, США и Австралии. Исключительная практическая значимость и крупные масштабы упомянутых здесь процессов наряду с высокой степенью их сложности способствовали интенсивному их изучению во многих странах.

Анализ многочисленных публикаций по проблеме свидетельствует, что практическое ее решение обеспечивается эффективным управлением ресурсами и качеством подземных вод горнодобывающего района. При этом главная задача сводится к установлению оптимальных для конкретной гидрогеологической обстановки соотношений между объемами подземных вод, отбираемых дренажными системами и возвращаемых в водоносные горизонты (естественным или искусственным путем). Понятие оптимальности предполагает здесь эффективность системы горного дренажа при одновременном широком использовании дренажных вод для практических целей (в том числе и для хозяйственно-питьевого снабжения) и сохранении качества подземных вод района в целом.

Проблему сохранения качества подземных вод нельзя сводить к максимально возможному ограничению загрязнения подземных вод при выбранной технологии горных работ и обогатительного цикла. Эта задача является

по своей сути оптимизационной, ибо уже выбор технологии должен учитывать требования охраны подземных вод.

Учитывая вышеизложенное, можно сформулировать основные цели гидрогеологических исследований в горнодобывающих районах:

1) оценка и прогноз гидродинамического режима подземных вод с учетом изменений в условиях питания и взаимодействия водоносных пластов и, прежде всего, восполнения их ресурсов за счет инфильтрации из технических водоемов и перетекания на участках техногенного изменения проницаемости пород;

2) оценка и прогноз гидрохимического режима подземных вод в условиях их возможного загрязнения водами технических водоемов, а также с учетом изменений взаимосвязи водоносных горизонтов между собой и с поверхностными водами;

3) обоснование системы мероприятий активного и контрольно-предупредительного характера, обеспечивающих охрану подземных вод от истощения и загрязнения, а также предусматривающих рациональное использование или безопасный сброс вод, откачиваемых дренажными системами шахт и карьеров.

По первому из упомянутых здесь направлений основное внимание должно уделяться изучению следующих аспектов:

1) граничных условий на контурах рек и естественных водоемов с помощью режимных наблюдений;

2) условий перетекания по данным опытно-фильтрационных работ и режимных наблюдений (в том числе гидрогеотермических)

3) техногенных изменений проницаемости, обусловленных деформациями толщ горных пород на участках, подработанных при подземной выемке полезного ископаемого;

4) гидродинамического режима вблизи технических водоемов, особенно на участках, экранированных слабопроницаемыми отложениями.

Последние две задачи наиболее сложны, ибо не решаются традиционными методами исследований. Так, методика изучения техногенных изменений проницаемости над подземными горными выработками сейчас освоена лишь узким кругом специализированных научных организаций. Методы изучения гидродинамического режима, основанные на использовании стандартных опытных наливов, мало эффективны для оценки проницаемости естественных экранов, в частности, они не учитывают бокового растекания воды в слоистых грунтах, изменений проницаемости при уплотнении под весом техногенных отложений и ряда других факторов. Поэтому на практике следует применять крупномасштабные наливы с наблюдениями за перемещением фронта увлажнения с помощью нейтронных индикаторов влажности, термометрии, запуска инертных индикаторов. Полученные данные позволят оценить граничные условия третьего рода на контуре водоема и затем моделировать гидродинамический режим в районе водоема.

По второму направлению наиболее важно изучение миграционных параметров водоносных горизонтов, определяющих интенсивность процессов массопереноса в подземных водах. С этой целью должны широко применяться опытно-миграционные работы в сочетании с лабораторными экспериментальными исследованиями.

Полевые опыты особенно важны в трещиноватых и трещинно-пористых породах, для которых характерны большие действительные скорости движения подземных вод, сочетающиеся в породах с двойной пористостью с диффузионными и сорбционными эффектами (для конкретных химических компонентов, связанных с выбранной горнотехнологической схемой).

Наиболее надежные значения миграционных параметров получают при запуске индикатора по схеме кустового налива. Однако для успеха опыта исключительно важно его всестороннее планирование с помощью разведочных расчетов. Полученная информация интерпретируется по расчетной схеме неограниченной емкости в трещинно-пористых породах или по схеме микродисперсии в трещиноватых. Для предварительного выявления фильтрационной неоднородности опробуемого разреза на опытном участке могут с успехом применяться резистивиметрия и расходометрия. Лабораторные опыты являются полезным дополнением к полевым работам особенно, в свете изучения сорбционных эффектов. Большое значение при этом имеет выявление условий миграции наиболее важных для практической оценки опасности загрязнения химических компонентов, связанных с конкретной горнотехнологической схемой.

Результаты проведенных исследований дают исходную основу для управления ресурсами и качеством подземных вод, для назначения эффективных инженерных мероприятий активного и контрольно-предупредительного характера. Так, регулирование ресурсов может быть обеспечено варьированием степени экранирования технических водоемов с помощью искусственных экранов, направленного намыва слабопроницаемых хвостов и др. Дополнительное искусственное восполнение ресурсов достигается переводом поверхностного паводкового стока в подземный или повторным сбросом откачиваемых шахтных вод через специальные инфильтрационные бассейны и скважины; в частности, посредством нагнетательных скважин может создаваться гидрозавеса, ограничивающая распространение пьезометрической воронки в районе карьерного (шахтного) поля.

Перечисленные мероприятия по управлению гидродинамическим режимом подземных вод оказывают серьезное регулирующее влияние и на их качество. Кроме того, управление процессами загрязнения предполагает всесторонний учет самоочищения воды при фильтрации ее через горные породы благодаря сорбционным эффектам, ионному обмену, разрушению неустойчивых соединений при длительном переносе и т.д.

Для регулирования процессов самоочищения можно использовать целенаправленную дифференциацию скоростей фильтрации (интенсивности водоотбора) и тем самым тесное перераспределение расхода потока по отдельным элементам водоносной систем что обеспечивается, например, специальным оборудованием фильтров дренажных устройств или созданием на них понижений, исключающих прямое поступление воды из комплексов пород со слабыми очищающими свойствами.

Наконец, управление качеством вод возможно с помощью регулирования состава промстоков в бассейнах их накопления путем осаждения солей, отстаивания взвесей, интенсификации сорбционных процессов на техногенных отложениях и т.п.

Эффективное управление ресурсами и качеством подземных вод в горнодобывающих районах требует тесной взаимосвязи горного дренажа со схемой во-

дообеспечения района для максимального использования дренажных вод для водоснабжения. Опыт показывает, что в ряде районов это позволяет организовать питьевое водоснабжение на основе дренажных вод. Наиболее серьезные ограничения в этой связи помимо состава откачиваемых вод налагают требования надежной санитарной охраны водозаборов-дренажей. Однако проведенный анализ показывает, что упомянутые требования часто могут быть соблюдены даже при наличии в пределах зоны санитарной охраны горных выработок и поверхностных сооружений, сопутствующих горному производству. Конечно, в этом случае должны быть внимательно проанализированы буферные свойства пород зоны аэрации, что требует предварительного изучения процессов массопереноса в ненасыщенных средах, методика которого пока разработана очень слабо.

Важнейшим звеном управления ресурсами и качеством подземных вод является режимная наблюдательная сеть гидрогеологических скважин непосредственно на карьерном (шахтном) поле и за его пределами. Требования к организации режимной сети на участках загрязнения подземных вод с позиций гидродинамики и гидрохимии существенно различаются.

Итак, дальнейшие исследования по проблеме охраны и рационального использования подземных вод в горнодобывающих районах должны включать в первую очередь разработку следующих проблем: методики определения фильтрационных потерь из бассейнов промстоков; методов оценки и прогноза изменений гидродинамических условий в районах подземного освоения месторождений системами с обрушением кровли; методики обоснования зон санитарной охраны водозаборов-дренажей; принципов постановки и проведения наблюдений на участках загрязнения подземных вод; методов прогноза на ЭВМ процессов загрязнения подземных вод; принципов и методов оптимизации гидрогеологических изысканий при разведке месторождений в свете новых требований к охране подземных вод.

В заключение подчеркнем, что главными условиями успешного развития дальнейших научных исследований по данной проблеме и эффективного применения рассматриваемых принципов управления ресурсами и качеством вод в горнодобывающих районах являются комплексный характер изысканий и проектирования, ориентированный на одновременное решение задач дренажа горных выработок и охраны подземных вод и требующий увязки направлений, традиционно разобщенных в гидрогеологии; широкое использование адаптационного подхода, основанного на постепенном уточнении расчетных моделей на базе поэтапного накопления информации по ходу разведки, строительства и эксплуатации горных предприятий; анализ и научное обобщение данных по представительным объектам, где получены надежные миграционные и фильтрационные параметры, проверенные в процессе эксплуатации решением соответствующих обратных задач.

Последние два аспекта представляются особенно важными и потому, что при изучении рассматриваемой проблемы приходится во многом опираться на идеи и методы, недостаточно апробированные практикой и существенно выходящие за рамки стандартных гидрогеологических работ. Вместе с тем накопленный к настоящему времени опыт исследований в ряде крупных горнодобывающих районов убедительно свидетельствует об экономической эффективности и перспективности рассмотренного комплексного подхода.