

ЛЕНИНГРАДСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ: ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Рассмотрены особенности гидродинамического и гидрохимического режимов подземных вод на Ленинградском месторождении горючих сланцев, экономические и экологические проблемы региона, связанные с возможной ликвидацией шахт на месторождении. Изложены возможные механизмы загрязнения шахтных вод летучими фенолами и тяжелыми металлами.

The hydrodynamical and hydrochemical peculiarities of underground waters of the Leningrad oil shale deposit, the environmental and economic problems of the region connected with possible liquidation of mines on the deposit are considered. Possible mechanisms of mine waters pollution by flying phenols and heavy metals are represented.

Ленинградское месторождение горючих сланцев занимает восточную часть Прибалтийского сланцевого бассейна. Горючие сланцы залегают на глубине от 50 до 110 м и приурочены к нижней части кукерского горизонта среднего ордовика. Общие запасы горючих сланцев на месторождении составляют более 1,2 млрд т. Первая шахта на месторождении – шахта им. С.М.Кирова была заложена в конце 1930 г. В дальнейшем было открыто еще четыре шахты, но к настоящему времени в эксплуатации частично находится лишь шахта «Ленинградская».

На момент полной эксплуатации месторождения в его обводнении принимали участие водоносные горизонты, сложенные преимущественно карбонатными породами ордовика. Водоприитоки в горные выработки шахт им. С.М.Кирова (1130 м³/ч) и «Ленинградской» (3250 м³/ч) формировались по площади депрессионной воронки за счет перетекания воды из водообильного везенбергского горизонта (сверху), подтока воды из таллинского горизонта (снизу) и по периметру горных выработок – из кукерского горизонта. Осушение месторождения осуществлялось с помощью шахтного водоотлива, а шахтные воды сбрасывались в р.Плюссу и ее притоки. Значительную сложность в эксплуатацию месторо-

ждения вносит карст, широко развитый по трещинам северо-восточного простирания, что и предопределяет гидрогеологические и инженерно-геологические сложности отработки месторождения.

По мере освоения месторождения произошла существенная трансформация естественного гидродинамического режима подземных вод. Дренажное влияние шахт распространилось на расстояние до 20 км от границ горных работ, уровень подземных вод снизился на 60-70 м. При сохранении общего направления регионального потока подземных вод в сторону Финского залива вокруг шахтных полей фиксируются локальные осесимметричные потоки, характеризующиеся существенными градиентами.

Для подземных вод месторождения характерны пресные, гидрокарбонатные магниево-кальциевые воды с весьма малым отличием их по содержанию макрокомпонентов. По мере эксплуатации месторождения произошло заметное загрязнение атмосферы дымами промышленных предприятий города, изменился химический состав выпадающих атмосферных осадков, обеспечивающих инфильтрационное питание подземных вод, и, соответственно, химический состав шахтных вод.

Изучение качества шахтных вод на месторождении проводилось в разные годы и заключалось в периодическом опробовании вод из водоотливов шахт, а также проведении специализированных гидрохимических съемок, выполняемых непосредственно в горных выработках. В составе шахтных вод периодически встречаются летучие фенолы, концентрация которых превышает предельно-допустимые значения в 5-10 раз (при ПДК = 0,001 мг/л). Источниками фенольного загрязнения шахтных вод являются промышленные отходы сланцеперерабатывающего комбината (СПК) и гидролиз горючих сланцев, протекающий непосредственно в самих горных выработках*.

Фенольное загрязнение подземных шахтных вод за счет промышленных отходов СПК осуществляется как на локальных участках, так и по всей территории месторождения, причем на локальных участках – путем утечек технических вод из хранилищ жидких отходов термической обработки горючего сланца и водоотводящих магистралей фенольных вод комбината. При этом имеет место загрязнение подземных вод венбергского горизонта и, соответственно, шахтных вод – как результат инфильтрации вод этого горизонта по стволам технических скважин, по карстовым нарушениям и тектоническим трещинам.

Фенольное загрязнение природных вод по всей территории месторождения происходит в результате ветрового переноса материала коксозольных отвалов и атмосферных выбросов СПК. Доказательством аэрогенного загрязнения ландшафта летучими фенолами территории месторождения служат результаты снежной съемки: фенольное загрязнение снежного покрова наблюдается в радиусе порядка 7 км от комбината (максимальная концентрация летучих фенолов в пробах снега достигала 0,007 мг/л). Последующая инфильтрация загрязненных атмосферных осадков способствует появлению

* Норватов Ю.А. Экологические проблемы ликвидации и эксплуатации шахт на Ленинградском месторождении горючих сланцев / Ю.А.Норватов, Н.С.Петров, И.Б.Петрова // Уголь. 2001. № 11. С.62-66.

фенолов в водах водоносных горизонтов, залегающих выше кровли промпласта, а также в самих шахтных водах. Интенсивность подобного загрязнения подземных вод была оценена с помощью водных вытяжек образцов пород, отобранных в процессе бурения гидрорежимных скважин. Степень современного загрязнения пород, залегающих выше шундуровского относительного водоупора, относительно велика; содержание фенолов в водных вытяжках пород достигает 0,019 мг/л, т.е. существенно превышает концентрацию фенолов в самих шахтных водах.

Второй возможной причиной появления фенолов в шахтных водах является гидролиз горючих сланцев, интенсивно протекающий в зонах контакта шахтных вод с промпластом. Проведенные эксперименты показали возможность образования фенолов подобным путем: концентрация фенолов в растворах, находящихся в длительном контакте со сланцем, оказалась выше ПДК.

Помимо летучих фенолов в составе шахтных вод фиксируется присутствие тяжелых металлов. При этом повсеместно в шахтных водах и вне зависимости от времени опробования концентрация бария более чем на порядок превышает предельно допустимую для питьевых вод. В отдельных точках и не всегда устойчиво превышают ПДК концентрации хрома, вольфрама, висмута, кадмия. Появление большинства тяжелых металлов в составе шахтных вод может быть связано как с окислением сульфидных минералов, так и с гидролизом горючих сланцев. Причины весьма высоких концентраций бария следует искать в минералогическом и кристаллохимическом составе известняков, и, скорее всего, аномальные концентрации бария носят природный, а не техногенный характер.

В конце 90-х годов XX в. возникли существенно экономические проблемы эксплуатации месторождения. Во-первых, в России появилась общая тенденция закрытия нерентабельных угольных и сланцевых шахт, во-вторых – на Ленинградском месторождении возникла проблема сбыта товарного сланца. Из двух работающих шахт на ме-

сторождении было принято решение о закрытии шахты им. С.М.Кирова; при этом возникли вопросы, связанные с изменением гидродинамического и гидрохимического режимов подземных вод, в частности шахтных вод при затоплении этой шахты.

Для выяснения изменения гидродинамической ситуации на месторождении была создана численная гидродинамическая модель месторождения, позволившая оценить скорость повышения уровней в горных выработках, характер изменения напоров в отдельных водоносных горизонтах и изменение водопритоков в соседнюю работающую шахту «Ленинградскую». Результаты моделирования сводятся к следующему:

1) скорость затопления горных выработок составит 1,5 м/мес.; их затопление будет продолжаться в течение двух лет;

2) стабилизация напоров в выработанном пространстве и водоносных горизонтах наступит через 800-1000 сут;

3) подтопление территории не произойдет, так как в верхнем везенбергском горизонте напоры практически не изменятся;

4) существенно – на 400 м³/ч возрастут водопритоки через целик в шахту «Ленинградская».

Комплекс проведенных гидрохимических опробований шахтных вод и лабораторных экспериментов показал, что затопление шахты им. С.М.Кирова может привести к заметному ухудшению качества подземных, в первую очередь шахтных вод*. Загрязнению шахтных вод способствуют следующие механизмы:

1. *Возрастание интенсивности гидролиза горючего сланца в затопленных горных выработках.* Лабораторные эксперименты по моделированию процесса гидролиза сланца с учетом ожидаемых при затоплении шахты кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных характеристик водной

* *Потапов А.А.* Полевые и лабораторные исследования по оценке фенольного загрязнения шахтных вод на Ленинградском месторождении горючих сланцев / А.А.Потапов, Н.С.Петров, М.Н.Кутяйкина // Современные проблемы гидрогеологии и гидрогеомеханики: Сб. докладов конференции. СПб: Изд-во СПбГУ, 2002. С.177-183.

среды показали возрастание концентраций летучих фенолов в воде. При этом последние могут более чем на порядок превышать ПДК для питьевых вод. Непосредственным доказательством повышения масштабов фенольного загрязнения шахтных вод при затоплении шахты им. С.М.Кирова являются результаты гидрохимического опробования шахтных вод подтопленного в настоящее время южного крыла шахты им. С.М.Кирова – концентрации летучих фенолов здесь достигли 0,01 мг/л, т.е. превысили ПДК в 10 раз.

2. *Активизация процессов окисления сульфидных минералов.* При ликвидации шахты в затопленных горных выработках ожидается существенное увеличение объема пород, в контакте с которыми будут протекать окислительные реакции. Увеличится при этом и время самого контакта, что немаловажно, учитывая кинетическую растянутость указанных реакций. В связи с этим усилятся процессы окисления сульфидов, что приведет к повышению в шахтных водах в несколько раз и без того недопустимо высоких концентраций металлов. Возможность концентрирования ряда металлов в шахтных водах вплоть до содержания их, превышающего ПДК, подтверждена лабораторными экспериментами*.

3. *Интенсификация процессов растворения сульфата кальция и, возможно, магния, содержащегося в горючем сланце.* Как доказано в ходе лабораторных экспериментов, концентрация сульфат-ионов может возрасти до 5 г/л, что более чем в 4 раза превосходит ПДК*.

В связи с этим было принято решение о ликвидации шахты им. С.М.Кирова с сопутной работой шахтного водоотлива и организацией на базе использования шахтных вод этой шахты для хозяйственно-питьевого водоснабжения г.Сланцы (при соответствующей их очистке). С 1982 г. водоснабжение г.Сланцы осуществляется преимущественно за счет вод р.Плюссы и, частично, подземных вод оболочного и везенбергского водоносных горизонтов с общим расходом порядка 24 000 м³/сут. Город испытывает проблему водоснабжения за счет речных вод в межлетний период года. Для ликвидации

этой проблемы и предлагается использовать шахтные воды ликвидированной шахты им. С.М.Кирова с попутной их очисткой.

Для обеспечения экологической безопасности водоснабжения г.Сланцы на месторождении создан постоянный комплексный экологический мониторинг на базе специализированного центра. Составлена постоянно действующая гидродинамическая и миграционная модели месторождения.

Проблема сбыта товарного сланца не исключает полной приостановки эксплуатации месторождения, т.е. ликвидации действующей шахты «Ленинградская». Это приведет к еще большему ухудшению экологической ситуации на месторождении. Площадь выработанного пространства этой

шахты, как и суммарный водоприток, значительно превышает таковые по сравнению с шахтой им. С.М.Кирова. Затопление шахты «Ленинградская» приведет также к подтоплению локальных участков территории месторождения, возрастут масштабы загрязнения подземных вод за счет интенсивного поступления шахтных вод в водоносные горизонты и площадь загрязнения гидросферы.

Отсюда ясно, что вопрос о ликвидации шахты «Ленинградская» и, соответственно, всего Ленинградского месторождения горючих сланцев не должен рассматриваться даже в дискуссионном порядке при обсуждении проблем сланцедобывающей промышленности.