

УДК 551.491.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ САМООЧИЩЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В СЛАНЦЕВСКОМ ГОРНОПРОМЫСЛЕННОМ РАЙОНЕ

А.И.КОРОТКОВ, Л.Н.ШЕМЯКИН,
М.В.ЦИВЬЯН

Многолетняя эксплуатация Ленинградского месторождения горючих сланцев привела к изменению гидродинамических условий и внесла существенные коррективы в гидрохимическую зональность^х. Общее северо-западное движение подземных вод сменилось движением к центру депрессионных воронок. Шахтный водоотлив и эксплуатация водоносных горизонтов привели к снижению пьезометрических уровней на 20-70 м и разобщению пьезометрических поверхностей отдельных горизонтов. Если в первые годы эксплуатации месторождения основная доля шахтного водопритока формировалась за счет водоносных горизонтов, залегающих ниже подошвы горных выработок, то в настоящее время основной водоприток обусловлен нисходящей фильтрацией подземных вод верхних водоносных горизонтов.

Изменение гидродинамического режима повлекло за собой возможность подпитывания водоносных горизонтов поверхностными водами. Возникла опасность загрязнения подземных вод водоносных комплексов карбонатной толщи ордовика и песчаной толщи ордовика и среднего кембрия, залегающих выше регионального водоупора - синих глин и нижнего кембрия.

Богатую информацию для оценки интенсивности загрязнения атмосферных осадков дал химический анализ снежных проб, отобранных в конце зимы 1977 г. по профилю г.Кингисепп - г.Сланцы - д.Переволок (25 км к западу от г.Сланцы), позволивший выявить возможные участки загрязнения, оценить роль промышленных объектов в загрязнении природной среды.

Роль промышленных предприятий в загрязнении снежного покрова оказалась неоднозначной (рис.1). В районе к-та "Фосфорит" в снежных пробах фиксируются повышенные концентрации цинка, свинца, мышьяка, связанные с работой сернокислотного цеха. На расстоянии 3-6 км от г.Кингисеппа эти

^х Коротков А.И. Режим карстовых вод на Ленинградском месторождении горючих сланцев. - В кн.: Горногеологическое значение карста на Ленинградском месторождении горючих сланцев. Л., изд. ЛГИ, 1973, с.95-115.

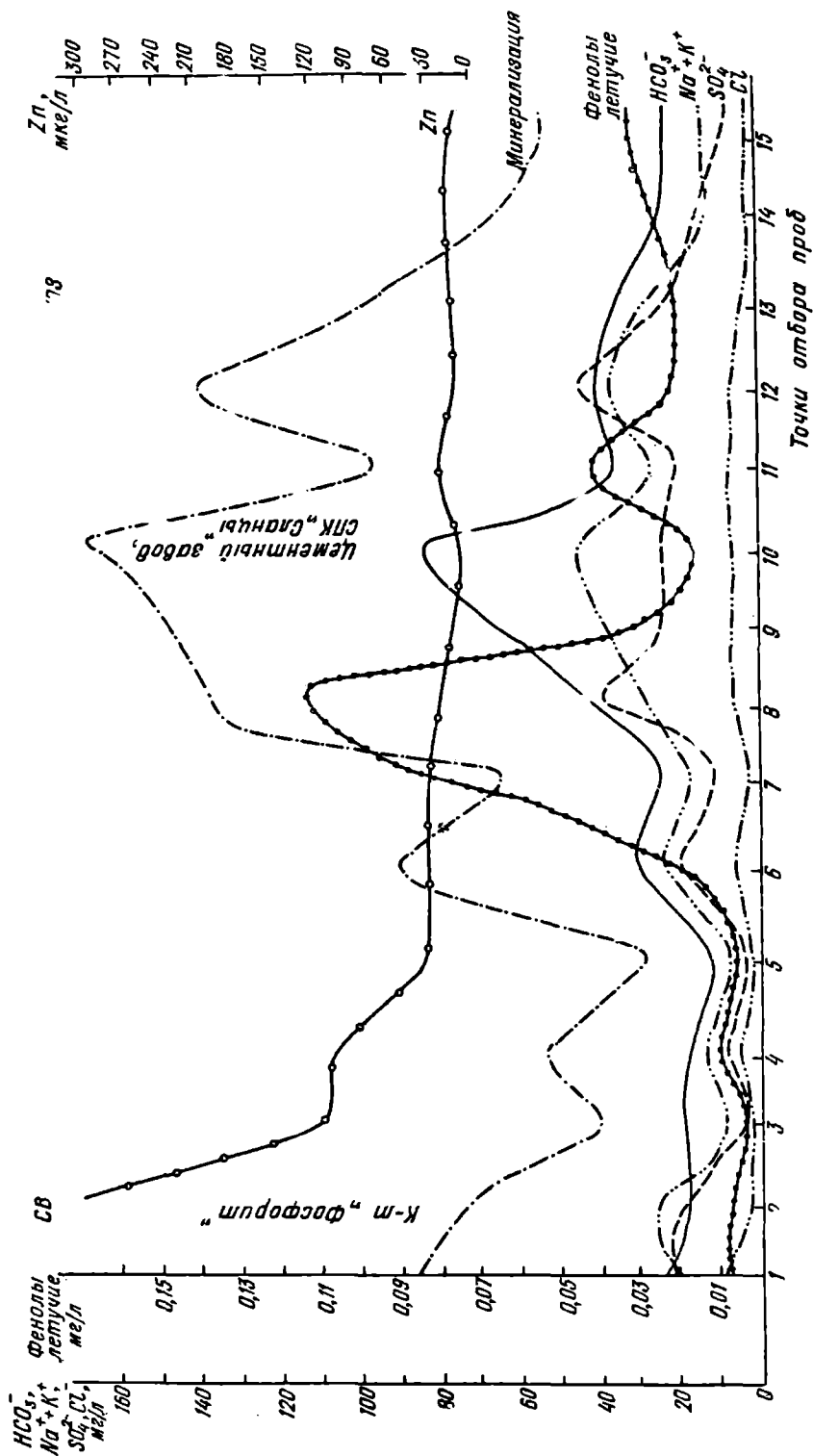


Рис.1. Изменение химического состава снежн., проб по профилю г.Кингисепп - г.Славы д.Переволок

концентрации снижаются до фоновых. По мере приближения к сланцеперерабатывающему комбинату (СПК «Сланцы») в снежных просях увеличивается концентрация летучих фенолов, вблизи цементного завода фиксируется отчетливый максимум по гидрокарбонатам.

Результаты детальной снежной гидрохимической съемки, проведенной вблизи г. Сланцы, свидетельствуют о загрязнении снежного покрова летучими фенолами, причем наибольшие их концентрации (0,03–0,04 мг/л) отмечены на участках, прилегающих к отводному каналу. Концентрация летучих фенолов в водах канала 0,6 мг/л. На участках, где ложе канала подстилается озерно-ледниковыми глинами и валунными суглинками, непосредственная фильтрация загрязненной воды в дно и берега канала затруднена. Данные регулярных наблюдений подтверждают, что четвертичные глинистые отложения служат надежным противофильтрационным экраном. Однако на некоторых участках русло канала прорезает толщу четвертичных отложений и входит в закарстованные известняки чезенбергского горизонта, что создает предпосылки для фильтрации вод канала в водоносные горизонты.

В горных выработках Ленинградского месторождения горючих сланцев была проведена подземная гидрохимическая съемка. Главной ее целью было изучение процессов самоочищения подземных вод при их фильтрации через толщу четвертичных песчано-глинистых отложений и девонских и ордовикских карбонатно-глинистых отложений.

Повышенные концентрации летучих фенолов (до 0,04 мг/л) отмечены на участках крупных карстовых нарушений, пересекающих всю толщу пород ордовика, и при прямом перетекании загрязненных вод по плохо затампированным стволам технических и разведочных скважин. В остальных случаях процессы самоочищения подземных вод протекают активно, летучие фенолы встречаются или встречаются в концентрациях не более 0,002–0,005 мг/л.

Для выяснения механизма переноса загрязнений в пределах зоны влияния подработки месторождения и вне ее были поставлены специальные миграционные опыты, которые показали, что механизмы передвижения загрязненных вод на этих участках принципиально различны. В пределах обрабатываемой территории загрязненные воды переносятся в виде отдельных струй по трещинам напластования со скоростями, существенно превышающими скорости протекания адсорбционных, диффузионных и других физико-химических процессов, способствующих самоочищению подземных вод (до 300 м/сут). Вне контура выработок действительная скорость движения подземных вод уменьшается на три-четыре порядка, что способствует интенсивному их самоочищению.

Одним из наиболее эффективных механизмов самоочищения подземных вод являются сорбционные процессы. Для выяснения роли этих процессов в самоочищении подземных вод на Ленинградском месторождении горючих сланцев была проведена серия лабораторных экспериментов по оценке сорбции фенолов озерно-ледниковыми глинами, глинистыми прослоями шундуровских слоев (O_2Sn) и наровского горизонта (D_2nr), т.е. комплекса пород четвертичного, девонского и ордовикского возрастов.

Эксперименты проведены в статических условиях^х, начальная концентрация летучих фенолов составляла 0,65, 0,225 и 0,07 мг/л. Эксперименты подтвердили возможность сорбции летучих фенолов рассматриваемыми разностями пород. Наибольшей сорбционной способностью обладают глины шундуровских слоев среднего ордовика и наровского горизонта среднего девона (коэффициент распределения β соответственно равен 0,003–0,008 и 0,024–0,039) наименьшей – озерно-ледниковые пески ($\beta = 0,080 \pm 0,11$).

Сорбционная способность озерно-ледниковых песков оценена также по натурным наблюдениям – водным вытяжкам из донных отложений поверхностных водотоков, загрязненных фенолами ($\beta = 0,01 \pm 0,08$)

Выше отмечалось, что на участках месторождения вне зоны влияния фенольного канала на фоне общего процесса самоочищения в единичных пробах воды кровли фиксируется присутствие небольших концентраций фенолов. Одной из возможных причин, приводящих к появлению фенолов в водах кровли, является гидролиз горючего сланца при взаимодействии его с шахтными водами.

В опытах по гидролизу сланца диапазон pH искусственно приготовленных растворов менялся от 2 до 12. При суточном контакте сланца с раствором наблюдалось изменение pH и появление в растворе фенолов. Наиболее интен-

сивно гидролиз протекал в щелочной среде, менее интенсивно – в кислой, в нейтральной среде появление фенолов в растворе не отмечено; при этом pH и кислых, и щелочных растворов изменялся в сторону нейтрализации (рис.2). При трехсуточном контакте кислых и щелочных растворов с образцами горючих сланцев концентрация фенолов в растворах соответственно достигала 0,05 и 0,007–0,01 мг/л. После установления pH, близкого к нейтральному, гидролиз прекращался, а с отделением твердой фазы фенолы в результате окисления кислородом воздуха исчезли из раствора.

Итак, появление фенолов в подземных водах обусловлено не только фильтрацией загрязненных

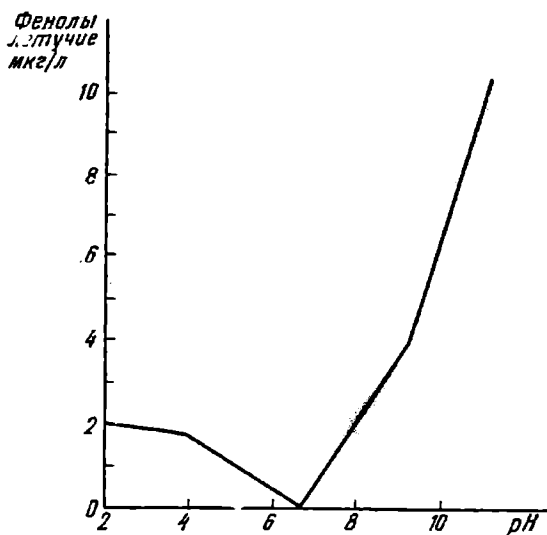


Рис.2. Интенсивность гидролиза сланцев в зависимости от pH растворов

поверхностных вод, но и гидролизом основных компонентов сланцев – керогена и гуминовых кислот, что объясняет и кратковременное появление небольших концентраций фенолов в подземных водах месторождения. Таким образом,

^х Боцевер Ф.М., Лапшин Н.Н., Орловская А.Е. Защита подземных вод от загрязнения. М., Недра, 1979. 254 с.

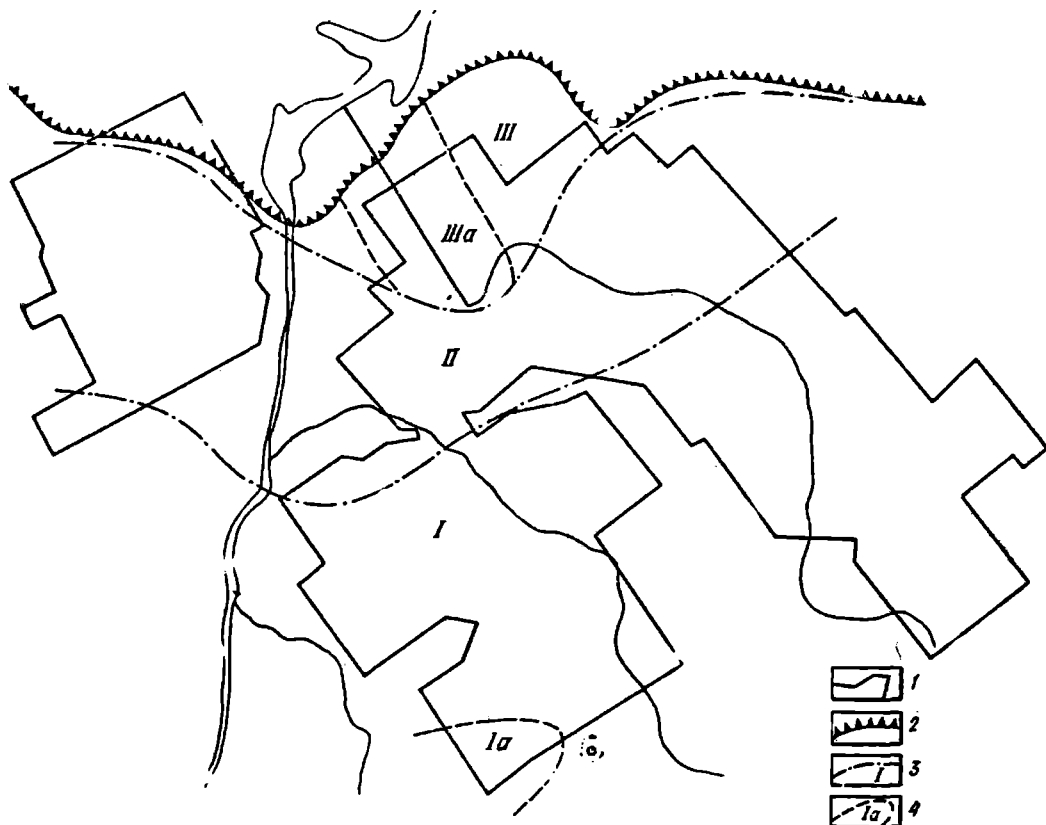


Рис.3. Районирование территории Ленинградского месторождения горючих сланцев по степени защищенности водоносных горизонтов от загрязнения
1 - контуры горных выработок; 2 - везенбергский уступ; 3 - районы; 4 - подрайоны

показателем загрязнения является не сам факт появления летучих фенолов, а устойчивость повышенных концентраций, сопровождаемая другими показателями загрязнения (ХПК, нефтепродукты, канцерогенная органика).

Итогом проведенных исследований явилось районирование территории Ленинградского месторождения горючих сланцев по степени защищенности водоносных горизонтов от загрязнения (рис.3).

Оценка защищенности определялась по следующим факторам:

1) геологическим - глубина залегания водоносных горизонтов, наличие водоупорных карбонатно-глинистых пород с поверхности, расположение древних эрозийных врезов;

2) гидрогеологическим - обводненность, соотношение напоров, предположки перетекания сверху и снизу;

3) техническим - расположение потенциальных загрязнителей на поверхности, состояние неликвидированных технических скважин, состояние и глубина вреза дренажной сети в горных выработках.

Р а й о н I - южные крылья и центральные части полей (районы шахт «Ленинградская» и шахты № 3). Сезонные колебания уровня воды в водоносных горизонтах ордовика не проявляются. Шахтный водоприток постоянен в течение всего года. Дифференциация водонасыщенных горизонтов по химическому составу воды проявляется весьма отчетливо. Напор на устье скважин, пробуренных из горных выработок на таллинский и оболловый водоносные горизонты, достигает 0,2-0,3 МПа. Везенбергский водоносный горизонт перекрыт относительно водоупорными наровскими мергелями, способствующими самоочищению подземных вод. Шахтный водоприток формируется всеми водоносными горизонтами карбонатной толщи ордовика. Возможно возникновение единичных прорывов воды из подошвы горных выработок с дебитом до 100-150 м³/ч. Гидродинамические предпосылки для загрязнения водоносных горизонтов отсутствуют. Отдельные неустойчивые во времени проявления летучих фенолов в подземных водах могут быть связаны с процессами гидролиза горючих сланцев. В пределах района выделяется подрайон Ia, по площади которого гидрохимическим методом фиксируется перетекание подземных вод из везенбергского водоносного горизонта в таллинский и оболловый. Его защищенность несколько ниже, чем всего района, но повышенной загрязненности подземных вод здесь не обнаружено. В целом этот район может быть охарактеризован как хорошо защищенный от загрязнения.

Р а й о н II - центральная часть полей шахт «Ленинградская» и им.С.М.Кирова. Сезонные колебания уровня воды характерны только для везенбергского и иевского водоносных горизонтов. Шахтный водоприток постоянен в течение всего года. Каждый из водоносных горизонтов имеет свои особенности химического состава воды, однако в пределах района часто наблюдается тенденция к выравниванию химического состава воды водоносных горизонтов кровли и подошвы горных выработок. Горизонты, расположенные ниже подошвы горных выработок, в шахтах дают самоизлия, но давление на устье скважин не превышает 0,1-0,2 МПа. Шахтный водоприток формируется за счет водопроявлений из кузерского водоносного горизонта, перетекания воды из иевского и везенбергского горизонтов и старых прорывов из таллинского водоносного горизонта. В этом районе отсутствует водоупорная глинистая покрывка на везенбергском водоносном горизонте, и опасность его загрязнения достаточно велика. Отдельные неустойчивые во времени проявления летучих фенолов в водоносных горизонтах могут быть связаны с процессами гидролиза кузеритов, но опасность появления устойчивого загрязнения водоносных горизонтов кровли горных выработок следует признать весьма вероятной. Гидравлических предпосылок для загрязнения водоносных горизонтов подошвы шахтными водами нет, однако они могут появиться с ростом депрессионных воронок и снижением пьезометрической поверхности таллинского и оболлового водоносных горизонтов. В целом район может быть охарактеризован как слабо защищенный от загрязнения для водоносных горизонтов кровли и защищенный для водоносных горизонтов подошвы горных выработок.

Р а й о н III - северное крыло месторождения. Все водоносные горизонты вплоть до таллинского характеризуются сезонными колебаниями уровня

воды; амплитуда годовых колебаний уровня достигает 5-8 м. В пределах обрабатываемой площади проявляются сезонные изменения величины шахтного водопитока. С продвижением горных работ на север сезонные колебания водопитов должны усилиться и разница в месячных и паводковых водопитоках достигнет 30-40 %. Дифференциации по химическому составу воды между соседними водоносными горизонтами не наблюдается. Пьезометрическая поверхность водоносных горизонтов, залегающих ниже промышленного пласта (талинского и оболowego), располагается вблизи подошвы горных выработок или ниже ее, шахтный одопиток формируется главным образом за счет перетекания воды из иевского и везенбергского водоносных горизонтов. Существующие севернее везенбергского уступа древнего размыва в ордовикских отложениях привело к образованию в кровле кукерского горизонта зоны риветривания с несколько повышенной по сравнению с обычной для этого горизонта обводненностью. Гидродинамические условия с точки зрения опасности проникновения загрязнения в водоносные горизонты (вплоть до оболowego) наиболее неблагоприятны. В водоносных горизонтах кровли горных выработок на участке, расположенном под очистными сооружениями и главным отводным каналом, здесь сформировался ореол загрязненных вод в кровле горных выработок (подрайон Ша). В целом район можно охарактеризовать как слабо защищенный от загрязнения водоносных горизонтов, залегающих выше синих кембрийских глин.

Выводы

1. При фильтрации загрязненных поверхностных вод через толщу четвертичных, девонских и ордовикских отложений происходит интенсивное их самоочищение. Исключение составляет часть месторождения (в пределах зоны влияния фенольного канала) с неблагоприятными условиями обработки горючих сланцев.

2. Экспериментальными исследованиями доказана высокая сорбционная способность глинистых пород месторождения, имеющая большое значение для самоочищения подземных вод.

3. Миграционными опытами выявлены механизмы переноса загрязнений в пределах обрабатываемой части месторождения и в нарушенном массиве пород. Нарушение сплошности кровли и раскрытие горизонтальных трещин напластования приводит к появлению отдельных струй с действительными скоростями движения воды (несколько сотен метров в сутки).

4. Одной из причин эпизодического появления в воде летучих фенолов является возможность образования фенолов естественного происхождения (в результате гидролиза кукералта горючих сланцев).