УДК 556.388

Ф.Г.АТРОЩЕНКО, К.А.СОЛОВЕЙЧИК
Санкт-Петербургское отделение Института геоэкологии РАН

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ОСУШЕНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ ДРЕНАЖНЫХ РАССОЛОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТРУБКИ «МИР»

Дан анализ работы системы осушения при переходе к подземной разработке кимберлитовой трубки «Мир». Разработана численная геофильтрационная модель района месторождения, которая использована для сопоставления различных сценариев работы системы осушения. Приведены прогноз притоков рассолов к дренажной системе и изменения уровней в метегеро-ичерском водоносном комплексе на период до 2020 г. Разработаны рекомендации по оптимизации системы осушения с учетом захоронения дренажных рассолов.

The paper is devoted to analysis of drainage system operation at diamond deposit «Mir» during changing the type of pipe development to underground mining. Numerical groundwater flow model for the region of diamond deposit was developed and used for analysis of various scenarios of drainage system operation. Forecast of discharge rate of drainage and groundwater heads in Metegero-Icherski aquifer was obtained to 2020 year. The recommendations on drainage system optimisation was developed taking into account brine burial.

По завершению работ на карьере трубки «Мир» было принято решение о переходе на подземный способ разработки месторождения. При этом в период строительства подземного рудника и поддержания безопасных условий ведения подземной отработки запасов полезного ископаемого карьер должен находиться в сухом состоянии в течение 10-20 лет. Таким образом, все это время из карьера будет вестись непрерывная откачка рассолов с расходом 1000 м^3/ч, которые транзитом через буферную емкость рассолонакопителя обязательно должны быть утилизированы при минимально возможном нарушении окружающей среды. Применяемая в настоящее время обратная закачка дренажных рассолов в осушаемый метегеро-ичерский водоносный комплекс пока в полной мере решает данную проблему. Однако, из-за интенсивной эксплуатации участка закачки (с 1993 г. и до сих пор объемы закачки в целом были выше объемов откачки) емкость участка оказалась исчерпанной: обратная закачка сегодня ведется под давлением около 4-5 атм, а в районе р. Малая Ботуобия напоры в метегеро-ичерском водоносном комплексе выросли на 40-60 м выше ее уреза. Более того, и рассолонакопитель оказался заполненным на три четверти его емкости. Поэтому главной задачей был поиск оптимального баланса между объемами откачки и обратной закачки рассолов при выполнении ряда условий: постепенного опорожнения накопителя; ведения обратной закачки рассолов свободным наливом; снижения или стабилизации уровней подземных вод в долине р. Малая Ботуобия на достигнутых отметках.

Решение поставленной задачи с учетом обоснования экологически безопасных условий функционирования существующей системы обратной закачки сточных вод в осушаемый водоносный горизонт потребовало провести целый комплекс модельных решений, учитывающих: элементы консервации карьера, предопределяющие раздельный водоотбор из верхней открытой части карьера и искусственно перекрытой нижней; реальное строение водоносного комплекса и его пространственное положение; наследство работы систем осушения и обратной закачки в период с 1977 по 2001 гг.; изменение фильтрационных свойств в прикарьерном массиве, произошедших в результате проведения тампонажных работ.

На основе имеющихся материалов по ранее проведенным работам геофильтрационная схема месторождения принята в виде четырехслойного кусочно-однородного пласта, погружающегося в северном и северо-западном направлениях.

В качестве программного обеспечения для построения трехмерной геофильтрационной модели района использовался современный программный пакет PM5 (авторы Wen-Hsing Chiang, W.Kinzelbach).

Математическая модель охватывала область 180 × 100 км. Целесообразность моделирования столь обширной территории была обусловлена, во-первых, стремлением создать хорошо сбалансированную региональную модель данной области, которая могла бы по мере уточнения фильтрационных параметров в процессе ее калибрации послужить надежной основой для всех последующих прогнозных построений при проработке любых схем дренажа и отработки месторождения; во-вторых, необходимостью полного исключения возможного влияния границ модели на формирование воронки депрессии и величину притоков к дренажным системам при открытой разработке месторождения.

На базе полученных результатов моделирования всего хода эксплуатации месторождения (1977-2001 гг.) был создан блок моделей для получения прогнозных оценок водопритоков и колебания напоров в метегеро-ичерском комплексе в процессе продолжающейся работы систем осушения и обратной закачки в различных режимах с 2001 по 2020 гг.

При решении поставленной задачи расход закачки должен превышать дебит откачки на величину дополнительных притоков вод (атмосферных осадков и вод оттайки), аккумулируемых накопителем. А так как по данным наблюдений за элементами баланса в накопителе в период 1989-2001 гг. расход закачки колеблется в пределах 140-250 м^3/ч, то при решении поставленной задачи расход обратной закачки задавался в среднем на 200 м^3/ч большим дебита откачки. Дебит откачки на первом этапе моделирования (2001-2004 гг.) задавался равным расходу, полученному на конец 2001 г.

При заданных условиях моделирования прогнозные водопритоки к системе осушения остались практически неизменными. Напоры на участке закачки и контрольном створе р. Малая Ботуобия в среднем выросли на 20-25 м. Отметим, что давления на устьях закачных скважин повысились гораздо существеннее (на 3-4 атм и более от наблюдаемых в настоящее время), что существенно осложнит их эксплуатацию в техническом и экологическом отношениях: вполне предсказуемы разрушения затрубной цементации и выходы закачиваемых рассолов на поверхность. В процессе моделирования было установлено, что при снижении объемов закачки сточных вод даже до уровня таковых при откачке напоры в районе закачных скважин и р. Малая Ботуобия сразу же падают на 20-40 м от наблюдаемых. Поэтому в дальнейшем рассматривались различные режимы обратной закачки, позволяющие до максимума увеличить объемы сброса рассолов в осушаемый горизонт, но вносящие минимальные изменения в гидрогеоэкологическую ситуацию, сложившуюся к настоящему времени. В качестве дополнительной емкости под стоки накопителя нами, совместно с сотрудниками института «Якутнипроалмаз» (Лобанов В.В., Черкасов Р.В. и др.), принята и обоснована возможность сброса в паводковый период опресненного слоя вод накопителя в р. Малая Бутуобия. Учитывая данные условия, поставленная задача условии опорожнения накопителя решалась в трех вариантах:

1) дополнительный приток избыточных вод к накопителю равен нулю ($V_{доп} = 0$);

2) дополнительный приток избыточных вод к накопителю не превышает половины среднегодового, наблюдаемого в настоящее время ($V_{доп} = 0{,}7$ млн м^3/год);

3) дополнительные притоки избыточных вод остаются на прежнем уровне ($V_{доп} = 1{,}4$ млн м^3/год).

Окончательные результаты многовариантного моделирования процесса захоронения сточных вод приведены в таблице.

Анализируя табличные данные, видим, что первый вариант оказывается наиболее экологичным и простым в техническом исполнении. В частности, при снижении объ-

Результаты моделирования

Параметры системы утилизации	Вариант моделирования	Годы					
		2001	2002-2005	2006-2009	2010-2013	2014-2017	2018-2020
Объем откачки рассолов, млн м^3/год	I	9,0	9,01	9,02	9,0	9,045	9,035
	II		9,06	9,05	9,02	9,09	9,1
	III		9,06	9,05	9,02	9,12	9,12
Объем закачки рассолов в горизонт, млн м^3/год	I	10,75	7,9	8,9	7,9	8,9	7,9
	II		8,9	8,9	7,9	9,6	8,8
	III		8,9	8,9	7,9	10,3	8,8
Напоры под рекой (скв. 13Н) абс. м	I	259,5	246,8	246,6	247,2	247,9	248,0
	II		254,4	257,1	254,5	263,6	262,45
	III		254,4	257,1	254,5	267,0	263,4
Объемы сброса в дополнительную емкость, млн м^3	I	0,6	1,75	1,0	1,0	0,5	0,5
	II		1,75	1,0	1,0	0,7	0,5
	III		1,75	1,0	1,75	1,5	1,5
Динамика опорожнения объема накопителя, млн м^3	I	12,95	10,4	6,88	7,27	5,95	7,75
	II		9,39	6,79	10,07	8,03	9,93
	III		12,19	11,39	14,47	9,35	9,91

емов обратной закачки до величин, меньших и равных значениям притоков их к системе осушения карьера, уровни подземных вод в метегеро-ичерском водоносном комплексе будут все время снижаться, позволяя вести обратную закачку в режиме свободного налива. При этом опорожнение емкости накопителя можно осуществлять в щадящем режиме по отношению к реке.

Во втором варианте (при $V_{доп}$ = = 0,7 млн м^3/год) задача экологически безопасного функционирования системы обратной закачки также решается достаточно успешно. В частности, при первоначальном снижении расходов обратной закачки сточных вод в метегеро-ичерский водоносный комплекс (2002-2012 гг.) до уровня дебитов откачиваемых (а затем и ниже их) вод происходит резкое падение напоров в осушаемом пласте. Это позволяет в последующие периоды варьировать объемами закачки рассолов в осушаемый пласт при одновременном снижении нагрузки на р. Малая Ботуобия.

Очевидно, что наиболее тяжелым в отношении техногенной нагрузки на р. Малая Ботуобия является вариант, при котором в накопитель будут поступать избыточные воды в объемах порядка 1,4 млн м^3/год. Однако и в этом случае подмеченная закономерность падения напоров метегеро-ичерского водоносного комплекса при снижении объемов закачки ($Q_{отк} \geq Q_з$) дает возможность постепенного опорожнения накопителя.

Анализируя приведенные данные, характеризующие варианты экологически безопасного функционирования системы утилизации сточных вод за Восточным разломом, нетрудно заметить, что они составлены, исходя из трех принципиальных положений:

1) постепенное снижение объемов сброса сточных вод в р. Малая Ботуобия и тем самым уменьшение техногенной нагрузки на окружающие среды;

2) создание запаса свободной емкости накопителя путем варьирования объемами обратной закачки и сброса сточных вод;

3) создание свободной емкости в осушаемом пласте при резком снижении расхода обратной закачки на первых этапах (2002-2013 гг.) ее эксплуатации, что позволяет сразу же перейти на режим свободного налива.

Выполнение указанных принципиальных положений (при условии качественной реконструкции системы защиты накопителя от паводковых вод) несомненно приведет к существенному оздоровлению экологического состояния природных сред в области влияния накопителя и системы обратной закачки, а также технически упростит сам процесс утилизации сточных вод. Но самое главное, что вопрос с выбором нового участка закачки и сооружения дополнительного рассолонакопителя отпадает автоматически.