УДК 556.3

Ф.Г.АТРОЩЕНКО, Д.А.ДРУГОВ, Р.А.ФИЛИН
Санкт-Петербургское отделение
Института геоэкологии РАН, Россия

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ПОРЯДКА И ВРЕМЕНИ БУРЕНИЯ ВОДОПОНИЖАЮЩИХ СКВАЖИН ДРЕНАЖНОГО КОНТУРА В ХОДЕ ОТКРЫТОЙ ОТРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИМ. М.В.ЛОМОНОСОВА

Месторождение им. М.В.Ломоносова, разрабатываемое на опытно-промышленном уровне, находится на стадии перехода к полномасштабной разработке открытым способом. При этом в первую очередь единым карьером предполагается отрабатывать южную группу алмазоносных трубок: Архангельскую и им. А.П.Карпинского 1 и 2. В связи с этим потребовались и разработки, направленные на обоснование систем осушения «большого карьера» и водоотведения дренажных и других вод. Авторы, на базе анализа и обобщения имеющихся данных, попытались найти наиболее оптимальные инженерные решения, позволяющие существенно повысить экологическую безопасность работы данных систем при относительно низких технико-экономических затратах.

The deposit of Lomonosov developed at a trial level, now is at a stage of transition to its full-scale development by the open way. Thus first of all uniform карьером it is supposed to fulfil southern group diamond pipes: Arkhangelskaya, and Karpinsky 1 and 2. In this connection the development directed on a substantiation of systems of drainage «big career» and water removals of drainage and other waters were required also. Authors, on the basis of the analysis and generalization of available data, have tried to find the optimal engineering decisions allowing essentially to raise ecological safety of work of given systems at rather low technical and economic expenses.

Месторождение им. М.В.Ломоносова, открытое в начале 80-х годов и защищенное в ГКЗ в 1987 г., начало отрабатываться открытым способом, в виде опытного карьера, сооружаемого на трубке Архангельской, только в середине 2003 г.

К настоящему времени забой карьера находится на глубине порядка 80 м; первая руда стала поступать на фабрику с глубины 35-40 м. Практически с момента строительства карьера (зона аэрации не превышает 5 м) в него стали поступать подземные воды.

Фактические данные роста притоков в карьер, совмещенные с прогнозными расчетами, по мере его углубления представлены на рис.1. Как видно из графика, притоки уже к концу первого года отработки выросли до 350-400 м^3/ч, а к концу 2004 г. достигли 750-800 м^3/ч. Естественно, что карьерный водоотлив стал с трудом справляться с такими объемами притоков. Поэтому в 2005 г. для перехвата части притоков на южном фланге карьера был сооружен дренажный ряд из 17 водопонижающих скважин (ВПС), оборудованных погружными насосами ЭЦВ-10-63-110. Однако данное мероприятие по ряду причин (разновременное включение в работу ВПС, частые выходы насосов из строя и др.) позволило лишь стабилизировать притоки в карьер на уровне 700 м^3/ч. Однако в связи с тем, что было принято решение о начале строительства «большого» карьера, рассчитанного на всю глубину отработки южной группы трубок (Архангельская и две им. А.П.Карпинского К-1, 2) открытым способом, до глубины 450 м, развитие существующего дренажного ряда потеряло всякий смысл, так как встала задача создания нового дренажного контура. Отметим, что «большой» карьер представляет собой общие контуры только в пределах вскрышных пород (до глубины 70 м), далее же трубки Архангельская и К-1, 2 будут разрабатываться отдельными карьерами. При

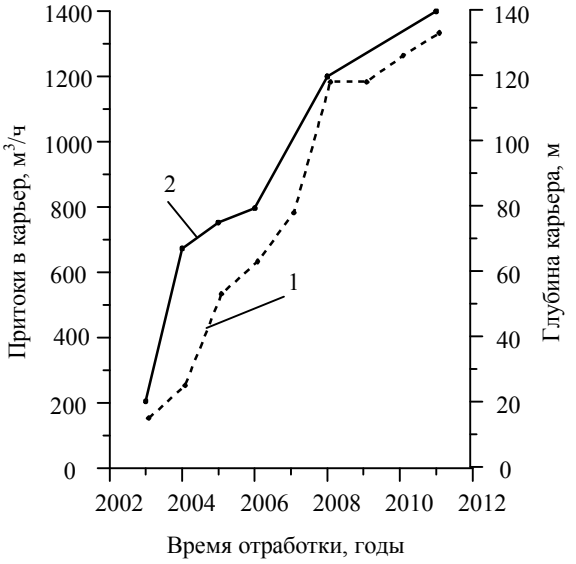


Рис.1. Графики проходки карьера (1) и изменения водопритоков (2) к карьерному водоотливу



Рис.2. Изменение водопритоков в карьер при мгновенном создании дренажного контура

мгновенном вводе в эксплуатацию дренажного контура вокруг большого карьера (эксплуатация начинается в 2008 г.) суммарные притоки к карьерным водоотливам изменятся (рис.2).

В ходе решения поставленной задачи необходимо было учесть следующие моменты:

1. Определить оптимальные порядок и время бурения ВПС первой очереди из 35 скважин, равномерно расположенных по всему контуру «большого карьера» через 150-180 м, при которых притоки к карьерному водоотливу (КВ) не превысят проектных значений – 450-500 м^3/ч.

2. Учесть, что бурение первой группы ВПС началось в 2007 г., а ввод в эксплуатацию – в 2008 г. Количество пробуриваемых ВПС в течение года может колебаться от 6 до 19 шт.

3. С точки зрения увеличения притоков к карьерам определить наиболее опасные участки при выходе из строя одной или нескольких ВПС.

4. Учесть, что существующий дренажный ряд ВПС будет полностью выведен из эксплуатации в 2010 г.

5. Исходя из вышеуказанных условий, дать рекомендации по выбору местоположения водопонижающих скважин второй очереди.

Задача решалась с помощью численного моделирования на базе разработанной постояннодействующей модели месторождения путем перебора шести вариантов, в которых рассматривалось различное расположение групп ВПС на флангах карьера за время его отработки в переходный период – 2007-2012 годы.

В частности, по варианту 1 (рис.3) при вводе в эксплуатацию в 2008 г. 19 ВПС, располагающихся на западном и восточном флангах карьера, в 2009 г. 10 шт. – на юго-западном и северо-западном флангах и, наконец, в 2010 г. оставшихся 6 шт. на юго-востоке притоки к карьерным водоотливам не превысят проектных значений – 450 м^3/ч. При этом притоки к карьерному водоотливу трубок К-1, 2 практически все время будут оставаться на уровне 85-160 м^3/ч, что свидетельствует об определяющем влиянии системы осушения карьера тр. Архангельской на распределение фильтрационного потока между карьерами. Исключение составит 2012 г., когда в ходе ведения горных работ забои карьеров не только достигнут проектных отметок, но и практически сравняются по глубине. Естественно, что в данных условиях без увеличения производительности дренажного контура (ДК) притоки к карьерным водоотливам существенно возрастут. На этот момент уже скажется и взаимовлияние горных выработок друг на друга: карьер

тр. К-1, 2 начнет «оттягивать» часть фильтрационного потока от тр. Архангельской на себя: притоки к КВ по данному варианту достигнут практически предельных значений. Следовательно, в следующем году потребуется наращивание производительности созданного ДК из скважин второй очереди.

В варианте 2 (рис.3) весь ДК разбуривается и вводится в эксплуатацию в течение двух лет: 17 ВПС включались в работу на юго-западном и юго-восточном флангах карьеров в 2008 г., а остальные 18 ВПС – на южном, северо-восточном, северо-западном и северном флангах карьеров – в 2009 г.

Анализ полученных данных показывает, что в варианте 2 расположения и ввода в эксплуатацию ВПС дренажного контура притоки к карьерному водоотливу тр. Архангельской в 2008-2009 годах падают до 217-280 м^3/ч, а затем скачком (к 2011 г.) повышаются до 430 м^3/ч. Притоки к карьеру трубки К-1, 2 после включения в 2009 г. остальных ВПС закономерно падают со 136 до 87 м^3/ч и только потом в течение двух лет плавно повышаются до 158 м^3/ч. В 2012 г., когда карьеры достигают запланированных на конец переходного периода глубин, притоки к КВ (по причинам рассмотренным в варианте 1) на тр. Архангельской возрастают до 500 м^3/ч, а на К-1, 2 – до 350 м^3/ч. Такое распределение притоков свидетельствует о том, что с вводом ВПС вокруг карьера К-1,2 можно и не спешить и начинать их эксплуатацию, к примеру, в 2010 г. Поэтому был рассмотрен вариант 3, в котором расположение и ввод в эксплуатацию 18 ВПС осуществлялись преимущественно вокруг карьера тр. Архангельской, а остальных 17 ВПС – вокруг карьера тр. К-1, 2 в 2009 г. (рис.3).

В этом варианте, как видно из графика (рис.3), притоки к карьерному водоотливу трубок К-1, 2 остаются аналогичными первому и второму вариантам, а вот к карьеру тр. Архангельской они, с момента ввода в эксплуатацию первой группы ВПС, а затем и остальных, снижаются почти вдвое. Отсюда следует, что при примерном равенстве суммарных объемов откачки подземных вод (не считая атмосферных осадков) за 2006-2012 годы объемы откачки и отведения загрязненных карьерных вод в варианте 3 на полигоны утилизации и водоподготовки сокращаются, по сравнению с вариантом 1, более чем на 3 млн м^3. Отметим также, что по характеру распределения притоков между карьерами и в этом случае пока (за исключением 2012 г.) определяющее влияние на формирование фильтрационного потока оказывает система осушения карьера тр. Архангельской. Тем не менее, и по результатам данного варианта видна необходимость рассмотрения вопроса о наращивании производительности дренажного контура в 2013 г.

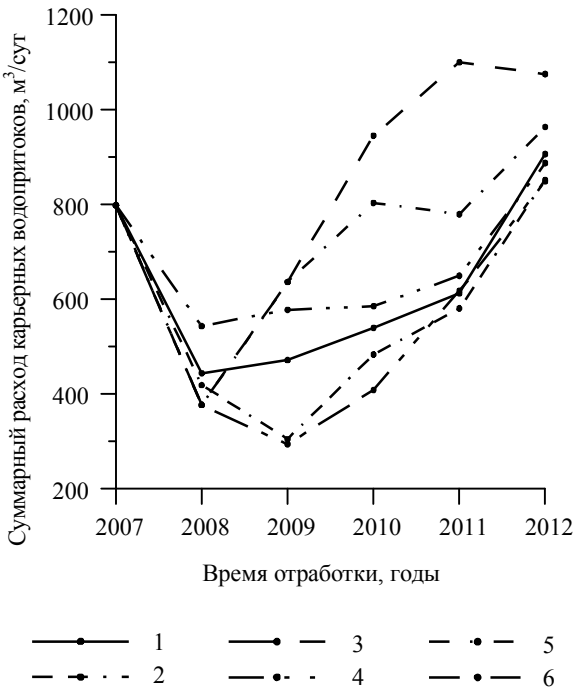


Рис.3. Прогнозные изменения притоков к карьерным водоотливам в процессе отработки южной группы трубок при различных вариантах (1-6) порядка и времени ввода в эксплуатацию водопонижающих скважин

В дополнение к вышерассмотренным вариантам был проанализирован и вариант 4 равномерного, в течение трех лет, бурения и ввода в эксплуатацию ВПС первой очереди (рис.3). Полученные данные показывают, что карьерный водоотлив тр. Архангельской, начиная с 2008 г. имеет стабильный и не превышающий проектных значений расход, который из года в год плавно возрастает на 20-50 м^3/ч. Однако надо отметить, что данный процесс происходит на фоне начального

притока в 360 м^3/ч, превышающего таковой в вариантах 2 и 3 в 1,5-2 раза. Для карьерного водоотлива тр. К-1, 2 картина несколько иная: притоки, по мере включения ВПС, постепенно падают с 186 до 136 м^3/ч. Далее же, в 2011-2012 годах, они возрастают с 185 до 360 м^3/ч.

Учитывая время ввода ВПС (в различных сочетаниях расположения ВПС в ДК) в рассмотренных вариантах, можно было бы предположить, что отсутствие ввода в эксплуатацию ВПС вокруг К-1, 2 в течение 2008-2009 годов, а то и в 2010 г., не намного увеличит притоки к карьерному водоотливу отрабатываемых трубок. В частности, притоки к данному карьеру не должны бы превышать проектных значений из-за того, что часть их будет оттягивать на себя система осушения карьера тр. Архангельской. Для проверки данного предположения было проведено моделирования вариантов 5 и 6, в которых рассматривался ввод в эксплуатацию ВПС вокруг карьера тр. К-1, 2 в два этапа – в 2009-2010 и 2010-2011 годах (рис.3).

Анализ полученных данных подтверждает вышеприведенные предположения:

– фильтрационный поток в районе будущего «большого карьера» будет формироваться преимущественно под влиянием карьера тр. Архангельской;

– притоки к карьеру при вводе в эксплуатацию только 18 ВПС (варианты 5 и 6) до 2010 г. не будут превышать допустимых значений;

– в последующие годы (2010-2012 годы) карьер тр. Архангельской начнет оттягивать на себя часть потока, который из-за позднего включения ВПС вокруг тр. К-1, 2 не будет успевать перехватываться, вследствие чего притоки к КВ тр. Архангельской будут превышать 500 м^3/ч;

– притоки к карьеру тр. К-1, 2 при указанных вариантах включения в эксплуатацию ВПС все время остаются в рамках допустимых значений.

Для выбора оптимального порядка и графика ввода в эксплуатацию ВПС дренажного ряда в дополнение к приведенным данным сравним полученные значения суммарных притоков по вариантам (см. таблицу).

Выбор оптимального варианта

Притоки к элементам системы осушения	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Суммарные притоки к КВ, млн м^3	40,0	37,1	36,5	42,35	45,1	50,2
Суммарные притоки к ВПС, млн м^3	165,1	169,5	169,5	154,6	141,5	126,6
Общие притоки, млн м^3	205,1	206,6	206,0	197,0	186,6	176,8

Анализируя табличные данные, отметим следующее:

1. Минимальные суммарные притоки к системе осушения (а значит, и минимальные энергозатраты на их откачку) характерны для варианта 6. Однако их минимальность формируется за счет откачки чистых подземных вод через ВПС. Эти воды разрешено без предварительной водоподготовки сбрасывать в речные водотоки.

2. По объемам откачки загрязненных карьерных вод (экологический фактор), требующих специальных мер по водоподготовке перед их сбросом в водотоки, минимум, наоборот, соотносится с вариантом 3. При этом если энергозатраты на перекачку чистых вод по варианту 6 в 1,37 раза ниже, чем по варианту 3, то на перекачку загрязненных карьерных вод они примерно во столько же раз выше. Близкие соотношения по энергозатратам наблюдаются и между притоками по вариантам 2 и 6.

3. Варианты 5 и 6 не могут рассматриваться в качестве приоритетных из-за превышения притоков в карьер подземных вод в 2010-2012 годах над допустимыми.

Таким образом, наиболее приемлемыми вариантами с экологических и энергетических позиций являются варианты 2 и 3. Однако вариант 2 более предпочтителен из-за наличия в пределах будущего дренажного контура дорог и площадок под бурение ВПС.

При решении задачи поиска мест заложения ВПС второй очереди моделировалась, по сути, аварийная ситуация, когда на разных флангах карьера выходили из строя одна или несколько ВПС первой очереди (рис.3, вариант 3). Оказалось, что такая ситуация создается при отключении пяти рядом расположенных ВПС на южном фланге

карьера тр. Архангельской. В этом случае наибольшую нагрузку получает КВ карьера тр. Архангельской: суммарные притоки здесь увеличиваются почти на 9 млн $м^3$, а на карьере тр. К-1, 2 – всего на 2 млн $м^3$.

Выводы

1. Заданные в проекте условия ведения горных работ в переходный период создают ситуацию, когда основной объем притоков к карьерным водоотливам будет определяться притоками к КВ на карьере тр. Архангельской.

2. Целесообразнее разбуривать скважины ДК вокруг карьера тр. Архангельской (см. варианты 2-5).

3. Эффективность работы карьерных водоотливов существенно повышается, если первоначально (в 2008 г.) закрыть ВПС дренажного контура западный и восточный фланги карьера тр. Архангельской, а затем, в 2009 или 2010 г., пустить в эксплуатацию оставшуюся часть ДК.

4. При трехгодичном разбуривании и вводе в эксплуатацию ВПС дренажного контура (см. варианты 1 и 4) суммарные объемы откачки из ВПС будут меньше, чем при двухгодичном (варианты 1-2) на 10-15 млн $м^3$/ч, но при этом откачка загрязненных карьерных вод увеличится на 5-7 млн $м^3$/ч.

5. Водопонижающие скважины второй очереди должны быть готовы к работе первоначально на южном фланге карьера тр. Архангельской, поскольку в аварийных ситуациях (при отключении пяти рядом расположенных ВПС) наибольшую нагрузку получает именно карьерный водоотлив данного карьера.