Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLVIII, вып. 2, 1965 г.

УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ВОПРОСЫ ОСУШЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОГНЕУПОРНЫХ ГЛИН «ПРОЛЕТАРИЙ»

А. М. Антропцев

Месторождение «Пролетарий» расположено в 5 *км* к юго-востоку от г. Боровичи Новгородской области. По условиям эксплуатации оно является одним из наиболее сложных в Боровичско-Любытинском промышленном районе, насчитывающем более 20 месторождений огнеупорных глин. Месторождение разрабатывается подземным способом. Система разработки панельно-столбовая с отработкой заходками. Шахтное поле занимает юго-западную часть водораздела между р. Вельгией и Быстрицей. Поверхность участка в основном открытая, местами заболочена. Рельеф спокойный, с амплитудами колебания отметок до 6 *м*.

В геологическом строении месторождения участвуют верхнедевонские, нижнекаменноугольные и четвертичные отложения (рис. 1). Верхнедевонские отложения представлены доломитами, мергелями, пластичными и мергелистыми глинами надбиловского горизонта; нижнекаменноугольные — песчано-глинистыми и карбонатными породами тульского, алексинского и михайловского горизонтов; четвертичные — моренными глинами и флювиогляциальными песками, гравием и галечниками.

В региональном гидрогеологическом плане Боровичско-Любытинский район приурочен к северо-западной окраине Московского артезианского бассейна. Подземные воды месторождения «Пролетарий» связаны, главным образом, с верхнедевонскими доломитами, тульскими песками *, алексинскими известняками и флювиогляциальными песчано-гравийными породами (см. рис. 1).

Месторождение «Пролетарий» находится в специфических гидрогеологических условиях. Ряд естественных факторов усложняет гидрогеологическую обстановку на месторождении и затрудняет его освоение: 1) широкое развитие обводненных тульских песков; 2) прилегание шахтного поля к древней депрессии; 3) гидравлическая связь водоносных горизонтов и их напорный характер; 4) наличие поверхностных водотоков и др.

Тульские пески залегают непосредственно в кровле и почве рабочего пласта или отделены от него глинистым прослоем мощностью до 1—2 *м*. По гранулометрическому составу надсухарные пески относятся к тяжелой пылеватой супеси, а подсухарные — к мелкозернистым пылеватым пескам. При прорывах в горные выработки и проходке скважин эти породы ведут себя как плывуны. Поэтому с точки зрения условий производства горных работ основное значение приобретает не столько водообильность, сколько подвижность песков при значительных остаточных напорах.

Древняя депрессия (верховье погребенной долины) огибает территорию шахтного поля с севера, востока и юга (рис. 2). Выполнена она моренными глинами, среди которых залегают прослои и линзы флювиогляциальных песков и гравия мощностью до 25 *м*. Воды флювиогляциаль-

* Тульские пески принято подразделять на надсухарные и подсухарные в зависимости от их положения относительно пласта огнеупорных глин.

ных отложений являются основным источником питания водоносных горизонтов, развитых на месторождении.

Гидравлическая связь водоносных горизонтов осуществляется как на территории шахтного поля, так и за его пределами — в районе развития древней депрессии. При недостаточной сдренированности водоносных горизонтов в более или менее одинаковой степени опасен прорыв из любого из них, так как в зону прорыва вовлекаются воды сразу нескольких горизонтов.

В южной части месторождения протекает р. Вельгия, воды которой являются одним из источников питания водоносного горизонта флювиогляциальных отложений.

В обводнении горных выработок в той или иной степени участвуют все водоносные горизонты, развитые на месторождении. Основную роль в общешахтном притоке играют подземные воды алексинских известняков $a_1 + a_2$, на долю которых приходится 70—80% от общего притока воды в шахту. Коэффициент фильтрации известняков достигает 100—130 *м/сутки*; удельный дебит скважин 2,8 *л/сек*.

Приведем краткую характеристику условий эксплуатации месторождения «Пролетарий» при существующей в настоящее время системе осушения (см. рис. 2).

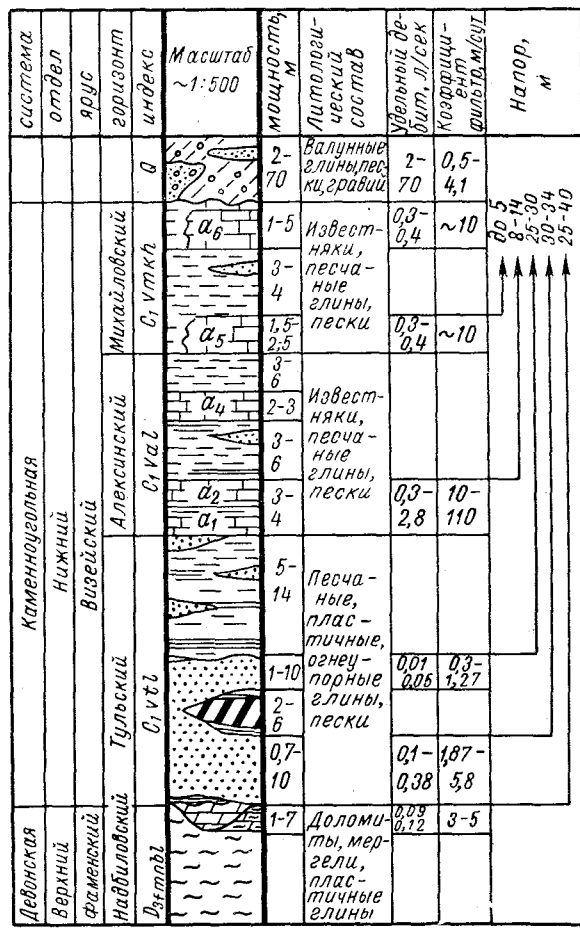


Рис. 1. Стратиграфическая и гидрогеологическая колонка. Месторождение «Пролетарий».

Шахтное поле, согласно проекту осушается системой дренажных колец, закладываемых по внешнему контуру отдельных намечаемых к разработке участков. Дренажные кольца представляют собой специальные пройденные на 10—14 *м* ниже рабочего горизонта дренажные штреки с установленными на них с поверхности земли сквозными фильтрами на все водоносные горизонты.

Все шахтное поле по очередности работ разделено на три самостоятельных участка, подлежащих кольцеванию: северный, центральный и южный. Каждый из участков охватывает площадь, равную в среднем 0,2—0,3 $км^2$.

Сквозные фильтры несут основную нагрузку по осушению шахтного поля. Расстояние между ними принимается 25—30 *м*, глубина в среднем 52—57 *м*. Производительность сквозных фильтров варьирует в широких пределах не только на территории шахтного поля, но и на небольшом

расстоянии друг от друга. Начальный дебит фильтров составляет от 0,2—0,6 до 65 $м^3/ч$.

Дренаж надсухарных песков крайне затруднен и протекает длительное время. Полное их осушение обычно заканчивается в период горно-подготовительных работ путем оборудования на панельных и выемочных штреках забивных фильтров через 10—15 *м*. Вследствие плохой водоотдачи надсухарных песков забивные фильтры имеют незначительный дебит.

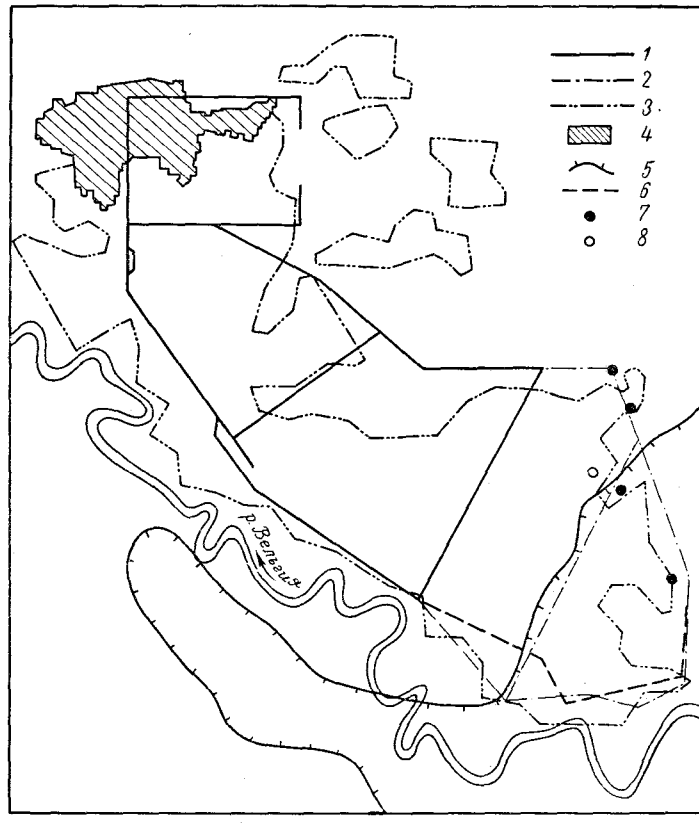


Рис. 2. Схема расположения существующих и проектируемых дренажных выработок.

1 — существующие дренажные штреки; *2* — ранее проектируемые дренажные штреки; *3* — контур шахтного поля; *4* — отработанная площадь; *5* — граница древней депрессии; рекомендуемая схема осушения; *6* — дренажные штреки; *7* — водопонижающие скважины на подсухарные пески и верхнедевонские доломиты; *8* — то же, на алексинские известняки.

Производительность фильтров резко падает после непродолжительного периода работы, так как установленные в тонкозернистых пылеватых песках они быстро засоряются.

Осушение подсухарных песков происходит значительно быстрее, чем надсухарных и осуществляется, как и снижение напора воды в доломитах, сквозными фильтрами.

Увеличение обводненности горных выработок наблюдается на участках мульдообразного залегания пород. Здесь же увеличивается опасность прорывов подземных вод. За время существования шахты «Пролетарий» (1951—1960 гг.) произошел 31 прорыв воды и плывуна. Максимальное число прорывов отмечено при очистных работах. В результате посадки кровли выемочных штреков в зоне обрушения над очистным пространством нарушается сплошность как водоносных, так и водоупорных пластов. Зона обрушения при этом распространяется вплоть до алексинских известняков, воды которых начинают поступать в горные выработки, а также

обводнять надсухарные пески. Однако движение подземных вод в зоне обрушения, очевидно, затруднено; образовавшиеся трещины быстро кольматируются. Это, по-видимому, объясняет пульсационный характер поступления воды, небольшой дебит (6—8, реже 30—40 $м^3/ч$) и непродолжительность действия прорывов (от нескольких часов до 3—5 дней, реже до 1 месяца).

Образование прорывов связано также с недостаточным снижением напоров основных водоносных горизонтов. Характерен в этом отношении прорыв, который произошел на шахте «Пролетарий» 4 января 1960 г. в южном дренажном штреке № 1. Вначале вода поступила из верхнедевонских доломитов и подсухарных песков. Средний приток воды в первые два дня составил 5—13 $м^3/ч$, при колебаниях от 3 до 30—70 $м^3/ч$. Затем в прорыв были вовлечены воды надсухарных песков, а позднее и алексинских известняков, после чего приток увеличился до 100 $м^3/ч$, а в отдельные моменты и до 200 $м^3/ч$. За 24 дня в дренажный штрек было вынесено 3127 $т$ песка с обломками угля, сухарных глин и других пород. На поверхности над местом прорыва образовалась просадочная воронка диаметром 22—29 $м$ и глубиной 2,2 $м$.

Прорыв действует по настоящее время. После определенной стабилизации приток воды уменьшился до 25—30 $м^3/ч$. При всех своих отрицательных последствиях прорыв сыграл большую роль в дренировании всех водоносных горизонтов, развитых на месторождении.

Прорывы плывунов происходят как из кровли, так и из почвы горных выработок и вызывают серьезные осложнения при ведении горных работ (заиливание штреков протяженностью до 150 $пог.\ м$, деформация крепи и т. п.).

В существовании шахты «Пролетарий» выделяется три периода обводненности, каждый из которых по продолжительности примерно соответствует времени отработки участка шахтного поля внутри соответствующего дренажного кольца (северного, центрального и южного). Каждый период обводненности характеризуется первоначальным ростом общего притока и последующим его неуклонным снижением. Величина среднегодового шахтного притока возрастает с увеличением площади выработанного пространства. Среднегодовой приток в первый период обводненности (1951—1957 гг.) составил 120 $м^3/ч$; во второй (1958—1960 гг.) — 135 $м^3/ч$. В настоящее время наступил третий период обводненности, среднегодовой приток достиг 145 $м^3/ч$. Однако прямой пропорциональной зависимости величины этих притоков от площади выработанного пространства нет, так как с увеличением масштабов разработок уменьшается удельный приток (приток, отнесенный к единице отработанной площади, 1000 $м^2$). Так, за 8 лет эксплуатации месторождения (1955—1962 гг.) при увеличении площади выработанного пространства в 9 раз удельный приток уменьшился в 6,6 раза — с 6 до 0,9 $м^3/ч$ на 1000 $м^2$.

Коэффициент водообильности до 1959 г. также непрерывно уменьшался: с 17 (1955 г.) до 11 $м^3/т$ (1959 г.). Колебания его (1960—1962 гг.) обусловлены крупным прорывом воды и крайне неравномерной обводненностью отрабатываемых площадей (рис. 3).

В настоящее время под влиянием шахтного водоотлива пьезометрические уровни воды во всех водоносных горизонтах значительно снизились. Величина снижения напоров на участке месторождения в верхнедевонских доломитах и подсухарных песках достигает 34—36 $м$, в надсухарных — 18—20 $м$ и в алексинских известняках $a_1 + a_2$ — 10—12 $м$.

В процессе разработки месторождения выявились следующие наиболее существенные недостатки принятой системы осушения.

Местоположение дренажных штреков устанавливалось весьма схематично и определялось контуром горных работ, а не конкретной гидрогеологической обстановкой. Штреки закладывались без учета гипсометрии

подошвы водоносных горизонтов, поэтому отдельные участки внутри дренажных колец оказывались неосушенными.

Совершенно не оправдало себя оборудование сквозных фильтров через равные, заранее намеченные интервалы без учета распространения участков (зон) повышенной трещиноватости и водообильности алексинских известняков $a_1 + a_2$. Дебит сквозных фильтров, оборудуемых на участках развития слабо трещиноватых пород, обычно не превышает 4—6 $м^3/ч$ (снижаясь до 0,4—0,6 $м^3/ч$) и увеличивается в 6—10 раз при заложении их в сильно трещиноватые зоны. Рациональное размещение по шахтному полю позволило бы сократить число сквозных фильтров без снижения общего эффекта осушения водоносных горизонтов, в частности алексинских известняков.

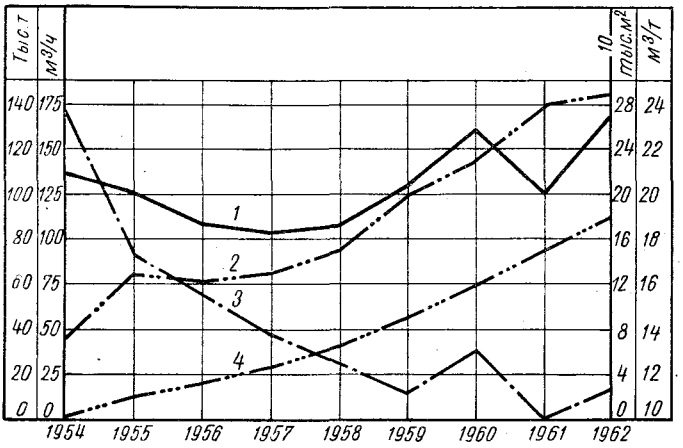


Рис. 3. Сопоставление общешахтного притока, коэффициента водообильности, добычи глины и площади выработанного пространства по шахте «Пролетарий» (1954—1962 гг.).

1 — общешахтный приток, $м^3/ч$; *2* — добыча глины, тыс. $т$; *3* — коэффициент водообильности, $м^3/т$; *4* — площадь выработанного пространства (10 тыс. $м^2$).

Существующая на месторождении система осушения излишне громоздка и дорога. Оборудование дренажных штреков требует значительных капитальных затрат (около 300 руб. на 1 *пог. м*). Скорость проходки штреков обычно не превышает 40 *пог. м* в месяц. В связи с этим развитие горных работ нередко опережает строительство дренажных штреков. В этих условиях приходится или снижать скорость ведения добычных работ, или проводить эти работы при недостаточной сдренированности водоносных горизонтов почвы и кровли.

Наконец, одним из недостатков существующей системы осушения является недооценка эффективности поверхностного способа осушения, совершенно не применявшегося ранее не только на месторождении «Пролетарий», но и на других месторождениях Боровичско-Любытинского района.

В связи с намеченной отработкой юго-восточного участка месторождения потребовалась постановка дополнительных гидрогеологических исследований для разработки рациональной схемы его осушения. Эти исследования в основном заключались: 1) в изучении роли древней депрессии в обводнении шахтного поля; 2) в получении данных о снижении напоров в основных водоносных горизонтах при интенсивном водоотборе из флювиогляциальных песчано-гравийных отложений; 3) в изучении эффективности поверхностного водопонижения.

В основу рекомендуемой схемы осушения положены результаты этих

исследований, а также предпосылки, вытекающие из опыта дренажных работ как на рассматриваемом месторождении, так и на других шахтах Боровичско-Любытинского района.

Рассмотрим основные положения при выборе схемы осушения юго-восточного участка месторождения «Пролетарий».

1. В целом гидрогеологические условия месторождения сложные. Однако имеются и благоприятные природные факторы, облегчающие условия осушения отдельных водоносных горизонтов, в частности одного из самых водообильных — алексинских известняков a_1 и a_2. Питание этого водоносного горизонта осуществляется главным образом водами флювиогляциальных отложений. Условия пополнения запасов подземных вод известняков весьма благоприятны на южном участке древней депрессии, где они повсеместно приходят в контакт с высоко водообильными флювиогляциальными отложениями (удельный дебит скважин достигает 4,1 *л/сек*).

Водообильность песчано-гравийных отложений на юго-восточном участке депрессии невелика (удельный дебит скважин не превышает 0,53 *л/сек*) — намного ниже водообильности самих известняков. Кроме того, перелив воды в известняки из песчано-гравийных отложений происходит не повсеместно, а через отдельные «окна» в борту депрессии, который прилегает к шахтному полю. Все это определяет крайне затрудненные условия питания водоносного горизонта алексинских известняков на юго-восточном участке депрессии и исключает формирование в известняках значительных динамических запасов подземных вод.

2. Обводнение горных выработок при производстве подготовительных и очистных работ осуществляется водами тульских песков и верхнедевонских доломитов. Подземные воды алексинских известняков принимают участие в обводнении выработок только при горных работах в процессе обрушения кровли. Для обеспечения нормальной работы производить полное осушение верхнедевонских доломитов и подсухарных песков не обязательно. Для этого достаточно снизить напоры воды в них ниже подошвы огнеупорных глин. И, наоборот, чем полнее осушены надсухарные пески и алексинские известняки, тем безопаснее условия проведения подготовительных и очистных работ.

3. В общей схеме осушения необходимо учитывать особенности каждого из водоносных горизонтов, развитых на месторождении [1, 2]. В зависимости от фильтрационных свойств, водоотдачи и водообильности отдельных водоносных горизонтов должны применяться те или иные способы и средства их осушения. Опытными работами на месторождении «Пролетарий» установлена высокая эффективность осушения алексинских известняков водопонижающими скважинами. На соседнем месторождении огнеупорных глин Шиботово выявлена возможность осушения подсухарных песков с поверхности. Осушение надсухарных песков осуществляется главным образом забивными фильтрами в период ведения подготовительных и очистных работ.

4. Понижение уровней воды на юго-восточном участке древней депрессии — необходимое условие эффективного снижения напоров подземных вод на юго-восточном участке шахтного поля.

5. В условиях залегания песчано-гравийных отложений в виде линз и прослоев различной водообильности поверхностный способ их осушения малоэффективен. При резко изменяющихся фильтрационных свойствах этих пород наиболее рационален подземный способ осушения, предусматривающий оборудование системы сквозных фильтров и дренажного штрека для приема воды.

6. В целом на месторождении наиболее рационален комбинированный способ осушения, сочетающий водопонижение с поверхности и из подземных горных выработок.

7. Дренажные выработки следует закладывать на участках с минимальными отметками подошвы водоносных горизонтов с учетом распространения зон повышенной водообильности трещиноватых пород.

8. Водопонижающие скважины на алексинские известняки, подсухарные пески и верхнедевонские доломиты являются составной частью общей дренажной установки. Их местоположение определяется главным образом гидрогеологической обстановкой, а число устанавливается расчетом. Расчет следует производить для условий неустановившегося режима фильтрации [3, 4]. Время осушения можно принять равным 6 месяцам (период предварительного осушения). Такой расчет сводится к следующему: а) все дренажные устройства приводятся к эквивалентному «большому колодцу», приток к которому соответствует суммарному притоку ко всем дренажным выработкам; б) задаются расчетные точки внутри дренажной установки и на самом отдаленном от нее участке; в) оценивается величина притока к дренажной установке, обеспечивающая необходимое понижение в заданных точках; г) по фактическим данным о среднем дебите сквозных фильтров и опытным данным о производительности водопонижающих скважин в условиях их взаимодействия устанавливается число дренажных выработок, обеспечивающих расчетный дебит; д) по известной длине водопонизительного контура и рассчитанному числу дренажных выработок определяется расстояние между ними.

Как показал произведенный по этой методике расчет, в течение 6 месяцев работы водопонизительных установок уровни в алексинских известняках и подсухарных песках снижаются практически до их кровли. Окончательная сработка запасов подземных вод алексинских известняков* заканчивается в период параллельного осушения. В этот же период происходит осушение надсухарных песков до их подошвы. Уровни в верхнедевонских доломитах, подсухарных песках и флювиогляциальных отложениях в течение 6 месяцев предварительного осушения снизятся до проектных отметок, т. е. ниже подошвы огнеупорных глин.

Комплекс гидрогеологических исследований и использование опыта дренажных работ позволили разработать более рациональную (см. рис. 2), по сравнению с ранее намечаемой, схему осушения юго-восточного участка месторождения «Пролетарий». Экономический эффект от ее внедрения составит около 300 тыс. руб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов С. К., Скиргелло О. Б., Чельцов М. И. Осушение шахтных полей и карьеров. Госгортехиздат, 1961.

2. Бабокин И. А. Шахтные воды и способы борьбы с ними в Подмосковном бассейне. Углетехиздат, 1954.

4. Бочевер Ф. М. Гидрогеологические расчеты крупных водозаборов подземных вод и водопонизительных установок. Госстройиздат, 1963.

4. Бочевер Ф. М., Веригин Н. Н. Методическое пособие по расчетам эксплуатационных запасов подземных вод для водоснабжения. Госстройиздат, 1961.

* Небольшие остаточные напоры в известняках (считая от подошвы) могут еще оставаться на участках понижения гипсометрии их подошвы.