

УДК 622.273.18:622.847

А.В. Мохов

К ВОПРОСУ О РАЦИОНАЛЬНОМ ПРИБЛИЖЕНИИ ОЧИСТНЫХ РАБОТ НА КАМЕННОУГОЛЬНЫХ ШАХТАХ К ПОВЕРХНОСТНЫМ ВОДНЫМ ОБЪЕКТАМ В ПЛАНЕ

На основе новых данных о распространении и проницаемости систем водопродвижающих трещин сдвижения разработаны рекомендации по определению приближения очистного забоя к поверхностным водным объектам в плане.

Ключевые слова: уголь, водозахватная способность, шахта, провал, трещина, горные выработки.

На основе новых данных о распространении и проницаемости систем водопродвижающих трещин сдвижения разработаны рекомендации по определению приближения очистного забоя к поверхностным водным объектам в плане.

Выемка угольных пластов вблизи водных объектов может сопровождаться поступлением в выработки притока воды из них, что вызывает различные осложнения при эксплуатации и оказывает негативное воздействие на состояние окружающей среды, обуславливая необходимость осуществления защитных мер. Приоритет принадлежит здесь предотвращению прорывов или недопустимых по величине утечек воды из водных объектов в шахту.

Необходимость прогнозирования гидродинамического взаимовлияния водных объектов и горных работ возникает достаточно часто при разведке и эксплуатации угольных залежей. Во многих регионах большое значение имеет решение этого комплекса вопросов для случаев разработок у поверхностных водоемов и водотоков, как категории объектов, обладающей способностью к генерации мощных потоков воды в горные выработки.

Особенно актуальным является этот вопрос применительно к очистным выработкам, как выделяющимся среди горных выработок высокой водозахватной способностью вследствие своих крупных размеров и сопутствующего формирования благоприятных условий для гидродинамического взаимодействия с водоисточниками.

Предпосылкой его решения служит использование общих закономерностей обводнения горных выработок водными скоплениями.

Как известно, фильтрация к выработкам воды происходит по каналам природного и техногенного происхождения (породным слоям, стволам скважин, смежным горным выработкам, трещинам сдвижения и проч.) в различных сочетаниях. Поскольку естественная проницаемость угленосных массивов обычно незначительна, в абсолютном большинстве случаев главным каналом поступления притока служит техногенная каптажная «оторочка» выработки.

Поступление притока из водного объекта может развиваться как в непосредственной близости от плановой проекции контура водного объекта, так и на значительном удалении от него. В целом величина притока из водного объекта (и, соответственно,

утечек отсюда) находится в обратной зависимости от расстояния между выработкой и водоисточником. В условиях малой кратности разделяющего их породного пространства возникает прорывоопасная ситуация.

Одной из причин увеличения притока по мере приближения забоя выработки к водному объекту служит рост напорного градиента. Еще более сильным фактором является формирование дополнительных водопродвижающих каналов высокой раскрытости — системы трещин сдвижения.

Внутри области сдвижения фильтрационные свойства массива горных пород могут весьма существенно превышать естественные фоновые значения, и появляется, в частности, заметная проницаемость вкрест наслению. В общем случае распространение зоны водопродвижающих трещин сдвижения (ЗВТС) до водного объекта является предпосылкой его активного гидродинамического взаимодействия с очистной выработкой. Формирование ЗВТС происходит особенно интенсивно под влиянием выемки с обрушением кровли.

Для характеристики производственной ситуации используют представления о зоне опасного влияния водного объекта, в частности, горизонте опасной глубины разработки, где ведение работ сопровождается недопустимым увеличением притока, в отдельных случаях — прорывом воды в шахту.

В данной статье ограничимся рассмотрением вопросов приближения в плане к наземным водным объектам очистных забоев при разработке с полным обрушением кровли в условиях субгоризонтального залегания слоев и минимальной разрывной тектонической нарушенности, в пределах опасного горизонта разработки, ко-

гда основным каналом поступления притока является ЗВТС.

В современной отечественной практике минимизация осложнений до приемлемого уровня достигается ограничением приближения горной выработки к наземному водному объекту в плане и оставлением охранных целиков.

В соответствии с действующими нормативами [1] граница приближения строится по углам разрывов, которые предварительно определяются по величине угла сдвижения и принимаются равными не более чем 90° . Данная норма действует в условиях выемки выше горизонта безопасной глубины разработки. Приближение к наземному объекту допускается при этом с расчетом, чтобы он не попал в зону провалов и «больших трещин» от влияния очистной выработки.

Определение приближения осуществляется фактически без оценки величины ожидаемого притока из-за слабой изученности формирования вторичной трещинной проницаемости горных пород при сдвижении.

В основе принятого подхода лежит — в явном или неявном виде — задача недопущения распространения до наземного водного объекта (или соприкасающихся с ним водопроницаемых частей горного массива — аллювиальных отложений, горельников, сильно трещиноватых пород и т.п.) ЗВТС, что, как считается, предотвратит значительные утечки воды и опасность ее прорывов в шахту.

В требовании о недопущении образования провалов и больших трещин нашли свое выражение представления о принадлежности к ЗВТС этих нарушений, а в расчете приближения по углам разрывов — «неограниченно» высокой техногенной проницаемости массива внутри зоны.

Правила приближения постулируют распространение в сопоставимых условиях техногенных фильтрующих каналов на одно и то же расстояние от границы выработанного пространства в плане, предполагая тем самым стабильность формы ЗВТС в подработанном массиве, совпадение ее внешних боковых границ с плоскостью, проведенной по углу разрывов.

Наличие ошибочных прогнозов гидрогеологических условий ведения работ вблизи водных объектов не может быть объяснено только слабой разведанностью геологической ситуации, и, как свидетельствует ряд данных [2], связано в ряде случаев с несоответствием указанных требований конкретной обстановке. Обоснованность фактически постулированного нормативным документом эмпирического геомеханического подхода нуждается в подтверждении собственно гидрогеологическими данными, при необходимости — уточнении области его определения. Продолжение исследований для решения комплекса вопросов ведения горных работ вблизи водных объектов сохраняет, таким образом, свою актуальность.

Необходимый для этого материал дает, в частности, практика ведения горных работ вблизи водных объектов различных видов и натурные исследования подрабатываемых массивов.

Натурные данные позволяют оценить правомерность положений и реализуемых руководящим документом подходов и представлений о форме ЗВТС, проницаемости пород внутри нее, при необходимости их уточнить и конкретизировать.

Часть указанных постулатов не является в общем случае верной.

Так, «большие», то есть широко раскрытые на поверхности, трещины

развиты нередко только в наносах или прилегающей к ней части угленосного массива и выклиниваются уже на небольшой глубине, в чем убеждает как вскрытие их разведочными выработками [3], так и вполне успешный опыт подработки водных объектов.

Известно значительное количество случаев выемки угольных пластов в условиях поступления притока воды из водных объектов. Они, в частности, показывают возможность эффективного по гидрогеологическому фактору [2, 3] приближения очистного забоя к скоплениям воды в плане в условиях вскрытия их ЗВТС. Опыт свидетельствует, например, об отсутствии заметных водопроявлений из подработанных затопленных выработок в условиях сохранения практически естественной проницаемости пород между водным объектом и ЗВТС [2—4] (т.е. на уровне не выше 0,00001 м/сут. в направлении к нормали к напластованию). Эти данные указывают на дифференцированность проницаемости различных частей подработанной толщи в плане и разрезе, наличие в ней малопроницаемых областей, низкую естественную проницаемость пород вне ЗВТС.

О текущем положении границы ЗВТС перед водным объектом можно сделать вывод на основе данных о водопроявлениях в шахте. При этом повышение притока в лаву весьма часто служит сигналом о распространении зоны до контура нового водоисточника.

Так, на одной из шахт Донецкого бассейна была осуществлена выемка угольного пласта с заходом под затопленное выработанное пространство по вышерасположенному пласту. Отработка велась с полным обрушением кровли. Мощность междупластья составляет 64 м. Почва пласта с затоп-

ленными выработками сложена известняками, пачка которых имеет мощность 15 м. При приближении к затопленным выработкам на 50—60 м по простиранию было зафиксировано поступление притока воды из них в объеме до 60 м³/ч, после чего для предотвращения увеличения притока выемка стала осуществляться камерным способом (по материалам [5]). Здесь было правомерно ожидать поступления притока фактически при заходе под затопленное пространство (угол разрывов ожидается равным около 80—90°), в то время как реальное значение угла неприемлемого увеличения водопроницаемости, то есть, практически угла разрывов, составило 52°.

Сходная ситуация имела место на одной из шахт Кузбасса, где выемка угля длинными забоями с полным обрушением кровли велась у долины реки, под речные отложения которой выходят породы кровли разрабатывавшегося пласта, сложенные в основном песчаниками. Усиление притока в выработанное пространство произошло при приближении забоя к основанию аллювиальных отложений на расстояние около 150 м. Угол увеличения проницаемости был близок здесь углу сдвижения.

Приведенные данные свидетельствуют о возможности гидродинамического взаимодействия лавы и водного объекта в результате развития далеко простирающихся от контуров выработанного пространства высокопроницаемых ответвлений ЗВТС в виде нарушенных водопроницаемыми трещинами слоев. На то же расстояние могут простираются водопроницающие (и прорывопроницающие) трещины расслоения в почве склонных к зависанию известняков и песчаников [4].

Как упоминалось выше, наряду с рассмотренной, имеется категория случаев начала поступления притока из водного объекта на небольшом расстоянии от его контура или после захода под скопление воды. При этом величина притока может быть весьма значительной, а характер поступления воды принять форму прорыва.

Если данная группа событий отвечает положениям «Правил ...» [1] в отношении размещения границ зоны влияния водного объекта, то первая явно им не соответствует.

Отмеченные различия связаны с существенной дифференцированностью размеров и проницаемости ЗВТС.

Наши исследования свидетельствуют о возможности развития зон, весьма существенно различающихся по форме, размерам и фильтрационным свойствам. Типология и свойства ЗВТС определяются характером сдвижения массива.

В общем случае в слабонарушенном тектонически массиве возможно развитие водопроницающих трещин трех основных генетически и морфологически различных видов с довольно четко обособленными областями их локализации.

Наиболее широкое распространение имеют обычно системы малораскрытых вполне равномерно рассеянных в слоях трещин, названных нами объемнораспределенными. Они формируются при несвязном прогибе элементов массива в результате реализации напряжений отрыва и являются каналом поступления небольших по объему водопритоков. Аналогичное происхождение имеют короткоживущие трещины расслоения, тяготеющие к контактам зависающих и подстилающих слоев.

Характеристика систем этих трещин и зон, условий их формирования приводится в [2, 4].

В литологически однородном массиве зона объемнораспределенных трещин имеет в целом облик усеченной пирамиды. В условиях смешанного состава происходит отклонение от этой формы в результате появления систем тех же трещин в виде боковых «ответвлений» в слоях жестких пород — песчаников, конгломератов, известняков, в том числе, впереди забоя. При наличии в подработанной толще нескольких слоев песчаников и известняков зона приобретает вид «гриба» с соответствующим количеством «шляпок».

В непосредственной близости от выработанного пространства длина ответвлений не превышает обычно 5-8 м. По мере удаления от него она может достигнуть 150м, однако затем сокращается.

Формирование объемнораспределенных трещин фиксируют рассмотренные случаи увеличения водопритока на значительном удалении от водного объекта.

Трещины расслоения также способны к образованию ответвлений и могут выходить за пределы ЗВТС на аналогичное расстояние.

Таким образом, внутри жестких слоев и на их контакте с подстилающими породами размеры зоны в плане могут быть в известняках на 100м, а в песчаниках на 150м шире, чем в породах глинистого состава. Соответственно, формирование ответвлений из объемнораспределенных трещин и трещин расслоения создает возможность развития гидродинамического взаимодействия выработок и водного объекта на значительном удалении забоя от него.

Трещины обреза формируются у границ выработанного пространства в результате реализации скалы-

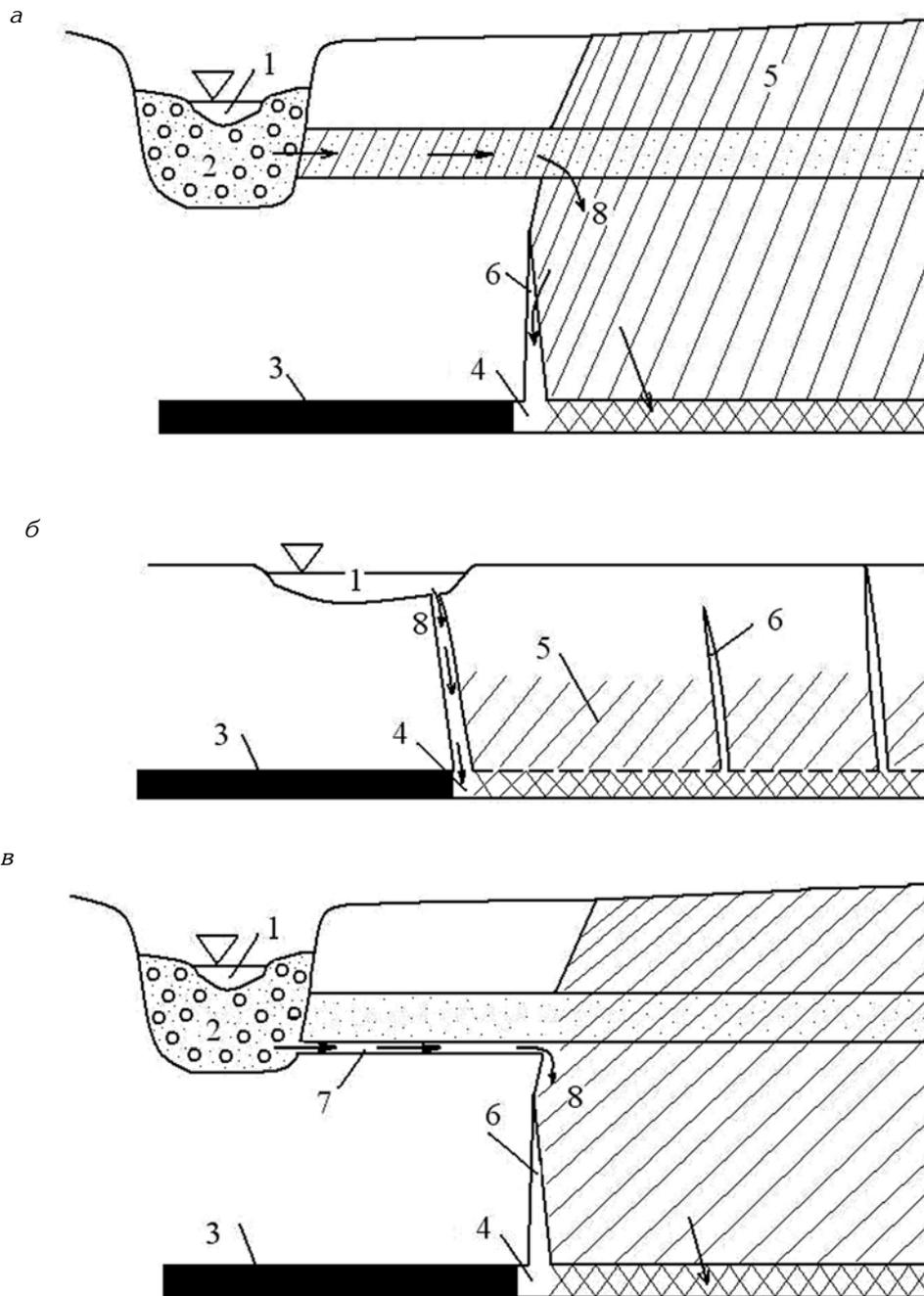
вающих напряжений. Высота распространения трещин не превышает обычно 20 м, хотя в ряде природно-технических ситуаций может быть намного больше (до 40—50 м). Область повышенной техногенной проницаемости практически не выходит при этом за боковые контуры выработанного пространства. Соответственно, поступление значительных притоков из водного объекта происходит в условиях непосредственного подхода к нему.

Образованию трещин обреза благоприятствует ведение горных работ на небольшой глубине, низкая кратность и неоднократность подработки охраняемого объекта, наличие мощных покровных отложений. Эти выводы сделаны на основе анализа данных за водопроявлениями из водных объектов в горных выработках и изучения динамики уровней подземных вод на участках подземных разработок.

Формирование только объемнораспределенных трещин или только трещин обреза встречается как исключение и ЗВТС содержит обычно трещины всех указанных разновидностей. В целом, каптажный потенциал зоны в нижней части вдоль ее периметра определяются развитием трещин обреза, в средней и верхней — объемнораспределенных трещин и трещин расслоения.

Поступление прорывов и весьма крупных притоков связано с дренажем объекта трещинами обреза и расслоения.

Схемы гидродинамического взаимодействия выработанного пространства и поверхностного водного объекта в случаях исключительного развития водопроницающих трещин объемнораспределенных либо обреза и расслоения представлены на рисунке.



Принципиальные схемы поступления притока воды в очистные выработки из поверхностных водных объектов по водопроводящим трещинам сдвижения:
 1 — река (водоем); 2 — аллювиальные отложения; 3 — угольный пласт; 4 — выработанное пространство; 5 — объемнораспределенные трещины; 6 — трещины обреза; 7 — трещины расслоения; 8 — фильтрационный поток

Вполне очевидно, что две из рассмотренных типологических групп водопроявлений и локализация зоны влияния водного объекта в условиях его дренажа по ответвлениям ЗВТС не соответствуют положениям «Правил охраны ...». Таким образом, концепция данного документа не учитывает реального многообразия ситуаций формирования трещинной расчлененности и проницаемости пород при сдвиге и не обладает универсальностью. Исключительное развитие водопроявляющих трещин только над выработанным пространством, ограниченное углами разрывов, является, по нашему мнению, малораспространенным частным случаем.

Что касается «угла разрывов», то он, как и ряд традиционно используемых для описания сдвига и его некоторых последствий показателей, имеет технический, не тождественный геомеханическому и гидрогеологическому смысл, определяя ошибочность принимаемых на его основе горнотехнических решений в значительном количестве ситуаций.

Определение приближения по углам разрывов как средство предупреждения прорывов и крупных притоков целесообразно в условиях ожидаемого дренажа объекта по трещинам обреза. Такой показатель вполне эффективен для характеристики границ прорывоопасного приближения в основном при ведении очистной выемки в верхней части зоны опасного влияния водного объекта.

Прорывобезопасность вскрытия водного объекта объемнораспределенными трещинами может быть использована в практике разрабо-

ток. Достаточное для предотвращения заметных притоков из водного объекта приближение принимается ориентировочно равным приведенным оценкам протяженности ответвлений ЗВТС в слоях (под слоями) пород — потенциальных дрен.

О характере ожидаемого трещинообразования перед забоем можно во многих случаях судить по предшествовавшим стадиям деформаций горного массива.

Учет собственно гидрогеологических оснований на новой более развитой информационной базе позволяет более надежно прогнозировать условия ведения очистных работ вблизи водных объектов и определять при необходимости границы охранных целиков. Он дает возможность установить условия и вероятную границу начала заметного просачивания воды и резкого (до катастрофического) увеличения притока из водного объекта.

Сделанные выводы справедливы также в отношении работ у затопленных выработок.

Они позволяют составить представление о некоторых элементах фильтрационных схем на участках очистных работ и, тем самым, способствовать решению задач прогнозирования водопритокков из водных объектов.

Приведенные данные показывают плодотворность использования закономерностей формирования трещинной проницаемости пород при сдвиге для решения рассмотренного вопроса и, тем самым, необходимость продолжения исследований, начало которым было положено специалистами ВНИМИ в 1950-х гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Правила* охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях / Минтопэнерго РФ, РАН, ВНИМИ. — СПб, 1998. — 291 с.
2. *Мохов А.В.* Прогнозная оценка гидрогеологических условий и управление водопритоком при подработке затопленных выработок / Уголь. — 1987. — № 3. — С. 46—49.
3. *Безопасная* выемка угля под водными объектами / Б.Я. Гвирцман, Н.Н. Кашнельсон, Е.В. Бошнятов и др. — М.: Недра, 1977. — 175 с.
4. *Мохов А.В.* Морфология зон водопродвижающих трещин сдвижения на участках подземных разработок каменноугольных залежей // Горный информационно-аналитический бюллетень. — М.: Издательство МГГУ. — 2008. — № 1. — С. 273—281.
5. *Кравченко В.М., Сердула Я.Г.* Выемка угольных пластов пологого падения под затопленными выработками. — Промышленно-экономический бюллетень Луганского совнархоза. — 1958. — № 5. — С. 41—47. **ИЛАС**

Коротко об авторе

Мохов А.В. — кандидат геолого-минералогических наук, инженер-гидрогеолог, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник Южного научного центра Российской Академии наук (ЮНЦ РАН) в г. Ростове-на-Дону; e-mail mochov@mmbi.krinc.ru.



РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Улицкий В.М., д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой оснований и фундаментов ПГУПС, научный руководитель «НПО «Геореконструкция-Фундаментпроект»,

Шашкин А.Г. канд. техн. наук, генеральный директор НПО «Геореконструкция-Фундаментпроект»,
E-mail: mail@georec.spb.ru

Подземные сооружения в условиях плотной городской застройки на слабых грунтах (804/03-11 от 14.12.2011) 10 с.

Приведены практические примеры работ по строительству подземных сооружений, возводимых открытым способом на объектах Петербурга, в специфических инженерно-геологических условиях, связанных со значительной толщиной слабых, структурно-неустойчивых грунтов и состоянием примыкающих зданий, охраняемых государством, как значимых памятников архитектуры. Предложено для минимизации риска расширить информационную составляющую за счет создания опытных площадок на месте предполагаемого строительства подземных сооружений. Создан обоснованный регламент для производства работ, качество которого может контролироваться в процессе мониторинга.

Ключевые слова: натурный эксперимент, глубокий котлован, ограждение котлована, соседняя застройка, дополнительные осадки соседней застройки.

Ulitskiy V.M., Shashkin A.G. UNDERGROUND CONSTRUCTIONS IN THE CONDITIONS OF DENSE CITY BUILDING ON WEAK GROUNDS

The ground conditions in the central part of St.Petersburg are complicated, inasmuch as they are compounded predominantly by deposits of soft structurally unstable soils. Underground construction in such conditions becomes a multiple-factor geotechnical challenge. This challenge is further clouded by presence of adjacent building, which are in the listed category. To minimize the risks, it is suggested that the information pool be extended by means of providing test pits on future underground construction sites. This will furnish invaluable data to computational analyses and will also optimize design. Additionally, a substantiated work schedule will be thus provided, the quality of which can be attested by requisite monitoring procedures. As a result, geotechnical engineers will obtain a substantiated research basis to manage risks, which factor is important particularly for the complicated ground conditions.