Ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА
имени
А. А. Скочинского

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ПРИТОКОВ ВОДЫ В ОЧИСТНЫЕ ВЫРАБОТКИ ПРИ ВЫЕМКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ЛАВАМИ ПО ПАДЕНИЮ

Москва
1981

gost.e-ecolog.ru

Министерство угольной промышленности СССР
Академия наук СССР
Ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени
Институт горного дела им. А. А. Скочинского

Согласованы
с начальником ВГО
«Союзуглегеология»
В. С. Борисовым
17 ноября 1980 г.

Утверждены
директором института
чл.-корр. АН СССР
А. В. Докукиным
21 января 1981 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ПРИТОКОВ ВОДЫ В ОЧИСТНЫЕ ВЫРАБОТКИ ПРИ ВЫЕМКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ЛАВАМИ ПО ПАДЕНИЮ



Москва
1981

УДК 622.5I2

В методических рекомендациях изложен аналого-аналитический метод прогнозирования притоков воды в очистные выработки, основанный на результатах исследований процессов развития в подрабатываемых породах водопроводящих трещин, вскрытия водоносных горизонтов и формирования притоков воды в выработанное пространство выемочных столбов и к очистным забоям на шахтах Донбасса. Определены условия поступления подземных вод в очистные выработки. Предложены методы оценки параметров, определяющих формирование притоков воды в очистные выработки. Разработана методика прогноза притоков воды в выработанное пространство выемочных столбов и к очистным забоям при выемке угольных пластов лавами по падению. Приведены примеры составления прогноза.

Методические рекомендации предназначены для использования шахтами, проектными и другими организациями, занимающимися прогнозированием притоков воды в очистные выработки действующих, строящихся и проектируемых шахт для выбора наиболее рациональной технологии выемки угольных пластов по фактору обводненности.

Методические рекомендации разработаны горно-геологической лабораторией ИГД им. А.А.Скочинского – докт. геол.-минералог. наук М.С.Газизовым и инж. А.Г.Скворцовым. Разработанные рекомендации апробировались на шахтах ПО "Укруглегеология", ВПО "Союзуглегеология", ВСЕГИНГЕО, ПНИУИ, ВНИМИ, МГРИ.

© Институт горного дела им. А. А. Скочинского
(ИГД им. А. А. Скочинского), 1981

I. ВВЕДЕНИЕ

Роль угля в топливно-энергетическом балансе страны существенно возросла в последние годы. Несмотря на неуклонный рост добычи угля, потребность в нем растет в еще большей степени. Дальнейшее увеличение масштабов добычи угля подземным способом возможно путем более широкого внедрения на шахтах высокомеханизированной и автоматизированной техники и новой прогрессивной технологии. Для обеспечения высокоэффективной работы всех звеньев технологической цепи комплексно-механизированных шахт большое значение имеет надежное прогнозирование горно-геологических условий разработки.

Перспективным планом развития угольной промышленности предусматривается широкое внедрение на тонких и средней мощности угольных пластах с углами падения до 12^{0} (характерных для многих районов Донбасса) системы разработки длинными столбами с выемкой угля лавами по падению и восстанию [I]. Последняя в отличие от выемки угольного пласта лавами по простиранию характеризуется меньшими объемом подготовительных выработок и затратами на их поддержание, улучшенными условиями для транспортирования грузов и людей, проветривания выработок и рядом других преимуществ при значительном увеличении нагрузки на очистной забой и производительности труда шахтеров.

Однако с переходом на шахтах к системе разработки угольных пластов лавами по падению могут значительно ухудшиться гидрогеологические условия добычи. Это определяется следующими причинами [2].

При выемке угольных пластов лавами по простиранию очистные работы ведутся вблизи выработанных и сдренированных площадей. Притоки воды обычно незначительны (в связи со снижением

напорами в подрабатываемых водоносных горизонтах), и вода из выработанного пространства выемочного столба поступает в основном в бортовые выработки, не осложняя существенно ведение очистных работ.

При выемке угольного пласта лавами по падению выемочные столбы удаляются от отработанных площадей шахты на значительное расстояние. Напоры воды в подрабатываемых водоносных горизонтах достигают сотен метров и обусловливают более высокие притоки воды в выработанное пространство выемочного столба. При этом часть воды из выработанного пространства может поступать к очистному забою (в рабочее пространство лавы), снижая устойчивость боковых пород, надежность и ритмичность работы добычного оборудования, повышая влажность угля и ухудшая санитарно-гигиенические условия труда шахтеров. В целом же в обводненных лавах существенно снижается производительность труда шахтеров и повышается себестоимость добытого угля. В этом случае особенно необходим прогноз притоков воды в очистные выработки с оценкой условий поступления воды к очистному забою.

В настоящее время для прогноза притоков воды в очистные выработки используются методы аналогии, основанные на сравнительном анализе притоков воды в очистные выработки шахт с аналогичными горно-геологическими и горнотехнологическими условиями, и вероятностно-статистические, базирующиеся на данных статистической обработки массового фактического материала по притокам воды в очистные выработки на действующих шахтах. Ограниченность учитываемых факторов затрудняет использование этих методов при изменении технологии подземной добычи угля.

С внедрением новой технологии и добычного оборудования значительно меняются параметры основных факторов, влияющих на величину притока воды в очистные выработки: напора воды в подрабатываемых водоносных горизонтах, взаиморасположения выемочных столбов с отработанными площадями, размеров выемочных столбов, направления выемки угольного пласта, скорости подвигания забоев лав и других факторов, которые не учитывались существующими методами.

Изменение параметров природных и технологических факторов, определяющих условия формирования и величины притоков воды в выработанное пространство выемочных столбов и к очистным забоям, может быть учтено с помощью аналитических методов прогноза. Однако применение их в Донецком и некоторых других бассейнах

ограничено вследствие недостаточной изученности фильтрационных параметров водоносных горизонтов на современных глубинах разработки, значительного разброса их показателей при гидрогеологическом опробовании разведочными скважинами массивов трещиноватых пород, а также практической неизученности процессов развития в подрабатываемых породах водопроводящих трещин, вскрытия водоносных горизонтов и формирования притоков воды к очистным забоям.

В связи с этим Институтом горного дела им. А.А.Скочинского в 1974–1980 гг. в антрацитовых и некоторых других районах Донбасса проводились исследования условий формирования притоков воды в очистные выработки[x)] с целью их прогнозирования и предотвращения. Результаты этих исследований легли в основу настоящих методических рекомендаций.

Анализ состояния изученности гидрогеологических параметров на современных глубинах разработки угольных пластов и влияния технологических параметров на гидрогеологические условия добычи показывает, что для составления надежного прогноза притоков воды в очистные выработки наиболее целесообразно применение метода аналогии, основанного на аналитических (гидродинамических) зависимостях. Сущность "аналого-аналитического" метода заключается в оценке недостающих фильтрационных параметров обратным расчетом по фактическим притокам воды в выработанное пространство выемочных столбов-аналогов и прогнозе притоков воды в выработанное пространство и к очистным забоям проектируемых выемочных столбов с помощью аналитических зависимостей, основанных на формуле Дюпюи для "напорно-безнапорного" фильтрационного потока воды к горизонтальной дрене.

Применение метода аналогии дает возможность даже при ориентировочной оценке расчетных параметров получать относительно точный прогноз, поскольку ошибка, допускаемая при оценке параметров обратным расчетом, уменьшается при прямом расчете по этим параметрам ожидаемых притоков.

Применение аналитических зависимостей позволяет учесть все основные параметры, определяющие приток воды в очистные выработки: мощность и высоту залегания водоносного горизонта, коэффициенты фильтрации и пьезопроводности, напор воды, длину лавы и выемочного столба, направление выемки угольного пласта, скорость

---

x) Под притоком воды в очистные выработки следует понимать как общий приток воды в выработанное пространство выемочного столба, так и приток непосредственно к очистному забою.

подвигания очистного забоя, время дренажа и время развития водопроводящих трещин до водоносного горизонта, положение контуров зоны вскрытия водоносного горизонта относительно очистного забоя и расположение выемочного столба относительно ранее отработанных площадей.

Положенный в основу методических рекомендаций принцип совмещения аналогии и аналитики позволяет взаимно обогатить и метод аналогии, и аналитические методы прогноза притоков воды в очистные выработки, а также существенно расширить область их применения. Его использование в Донецком бассейне дало возможность оценить такие гидрогеологические параметры, как напор воды в водоносном горизонте вблизи отработанных площадей, коэффициент пьезопроводности и упругоемкие свойства водоносных пород, которые на современных глубинах разработки угольных пластов практически не могут быть получены при разведке, а также взаимоувязать между собой природные и технологические факторы, влияющие на величину притока воды в очистные выработки.

Для выявления условий поступления подземных вод к очистным забоям предложен метод оценки пространственного положения зоны вскрытия водоносного горизонта по фактическим водопроявлениям на столбах-аналогах. Применение этого метода в процессе шахтных исследований позволяет прогнозировать приток воды к очистным забоям конкретных лав с учетом природных факторов и применяемой технологии выемки угольных пластов.

Учет предлагаемой методикой прогноза притоков воды в очистные выработки технологических параметров выемки угольных пластов позволяет при проектировании шахт или отдельных выемочных столбов выбирать технологию добычи угля, обеспечивающую наиболее благоприятные гидрогеологические условия разработки месторождения.

2. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИТОКОВ ВОДЫ В ОЧИСТНЫЕ ВЫРАБОТКИ

На шахтах Донецкого бассейна источниками обводнения очистных выработок (при выемке угольных пластов с полным обрушением кровли или частичной закладкой выработанного пространства) на глубинах до 200–300 м являются водоносные породы, представленные песчаниками, известняками, выветрелыми алевролитами (в антрацитовых районах), покровными отложениями, а также поверхностные водото-

ки. В интервале глубин от 400 до 1000 м основными источниками обводнения очистных выработок являются почти исключительно слои трещиноватых песчаников, выдержанные на значительной части шахтного поля. Притоки воды из этих песчаников в выработки определяются фильтрацией высоконапорных подземных вод по гидравлически взаимосвязанным естественным трещинам, "оживленным" современными тектоническими движениями, к нарушенным очистными работами породам. На больших глубинах источниками обводнения очистных выработок являются зоны пересечения песчаников тектоническими нарушениями[x)].

В обводнении очистных забоев принимают участие водоносные горизонты, расположенные преимущественно в непосредственной и основной кровле угольных пластов. Водоносные горизонты, расположенные в непосредственной почве угольных пластов, как правило, очистными работами не вскрываются или дренируются бортовыми выработками. Поступление воды к очистным забоям из почвы предупреждается проведением бортовых выработок с нижней подрывкой.

Притоки воды из подрабатываемых водоносных горизонтов в очистные выработки зависят от комплекса природных и технологических факторов, в различной степени влияющих на формирование притоков в выработанное пространство выемочных столбов и к очистным забоям.

2.1. Приток воды в выработанное пространство выемочных столбов

Формирование притоков воды в выработанное пространство выемочных столбов происходит при вскрытии водоносных горизонтов водопроводящими трещинами, развивающимися в подрабатываемых породах при управлении кровлей полным обрушением или частичной закладкой. Величина притока воды зависит от высоты развития зоны водопроводящих трещин и суммарной мощности вскрываемых ею водоносных пород, фильтрационных свойств водоносных пород и пород зоны водопроводящих трещин, напора воды, размеров выемочного столба, скорости подвигания очистного забоя и направления его подвигания по отношению к падению пласта. Степень влияния каждого из этих факторов на величину притока воды в выработанное пространство выемочных столбов различна.

---

x) Вопросы подработки затопленных горных выработок рассматриваются в специальной литературе [3].

2.I.I. Высота развития в подрабатываемых породах зоны водопроводящих трещин определяется вынимаемой с полным обрушением кровли мощностью угольного пласта и геологическим строением подрабатываемой толщи горных пород. Высота зоны водопроводящих трещин (сочетание трещин расслоения и трещин нормальных слоистости) определяется различными методами. В практике наибольшее применение получили полевые методы [4].

По данным полевых экспериментальных работ, для условий Донбасса установлены следующие эмпирические зависимости высоты зоны водопроводящих трещин h (м) от вынимаемой мощности угольного пласта m [5]:

для антрацитовых районов (угли марок Т и А)

$$h = 43{,}4m - 7; \qquad (2.I)$$

для районов распространения коксовых углей (угли марок Ж, К, ОС)

$$h = 48m + I7; \qquad (2.2)$$

для западных районов Донбасса (угли марок Д и Г) [6]

$$h = I36{,}8m - 24{,}8. \qquad (2.3)$$

Аналогичные исследования проводились также и в других бассейнах [7].

Высота развития зоны водопроводящих трещин над различными участками выработанного пространства выемочного столба неодинакова (рис. 2.I): максимальная достигается вблизи неподвижных контуров выработанного пространства (разрезной печи и бортов выемочного столба), где подработанные породы испытывают наиболее интенсивные напряжения; минимальная – вблизи перемещающегося контура выработанного пространства (очистного забоя), где процесс развития водопроводящих трещин находится еще в начальной стадии.

Зона вскрытия водоносного горизонта может иметь различную форму в зависимости от высоты его залегания (см. рис. 2.I). Однако при расчете притоков воды в выработанное пространство и оценке возможности поступления воды к очистным забоям конфигурацию зоны вскрытия водоносного горизонта можно упрощать до прямоугольной, поскольку это существенно не отражается на точности расчета.

2.I.2. Суммарная мощность водоносных пород определяется количеством и мощностью водоносных горизонтов, вскрываемых зоной водопроводящих трещин, и может достигать нескольких десятков метров. С увеличением мощности водоносных горизонтов пропорционально увеличивается их водопроводимость и, соответственно,

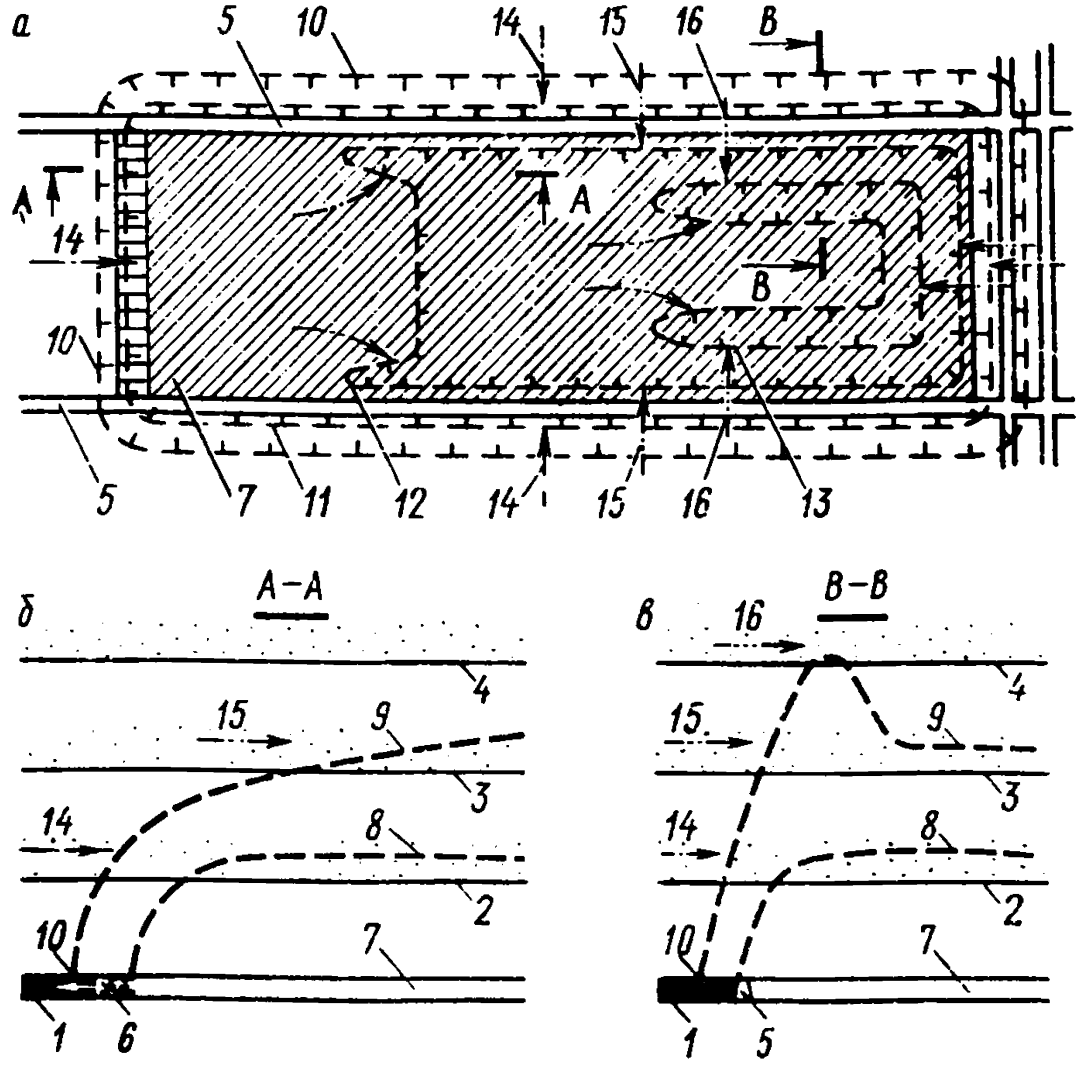


Рис. 2.1. Схема вскрытия водопроводящими трещинами подрабатываемых водоносных горизонтов, залегающих на различной высоте от угольного пласта:

а – выемочный столб и зоны вскрытия водоносных горизонтов в плане; *б* – зона водопроводящих трещин над забоем лавы в разрезе; *в* – то же над бортовой выработкой; *1* – угольный пласт; *2, 3, 4* – подошвы водоносных горизонтов; *5* – бортовая выработка; *6* – забой лавы; *7* – выработанное пространство; *8* – граница зоны обрушения; *9* – граница зоны водопроводящих трещин над выработанным пространством; *10* – граница развития водопроводящих трещин непосредственно над угольным пластом (в зоне опорного давления); *11, 12, 13* – границы зоны вскрытия водоносных горизонтов водопроводящими трещинами; *14, 15, 16* – направление фильтрации подземных вод к зонам вскрытия водоносных горизонтов

возрастает приток воды в выработанное пространство выемочного столба.

2.1.3. Фильтрационные свойства водоносных пород при естественном их залегании (коэффициент фильтрации и пьезопроводности) обусловлены частотой и раскрытостью трещин (иногда также пористостью), определяются глубиной залегания пород и их принадлежностью к различным тектоническим структурам и элементам структур.

Коэффициент фильтрации водоносных пород уменьшается с увеличением глубины залегания (т.е. с увеличением геостатического давления и уменьшением раскрытости трещин). Установлены эмпирические зависимости коэффициентов фильтрации водоносных пород от глубины их залегания для различных типов месторождений Донбасса [8]. Для удобства использования при расчетах зависимость коэффициента фильтрации песчаников от глубины залегания представлена в графическом виде (рис. 2.2).

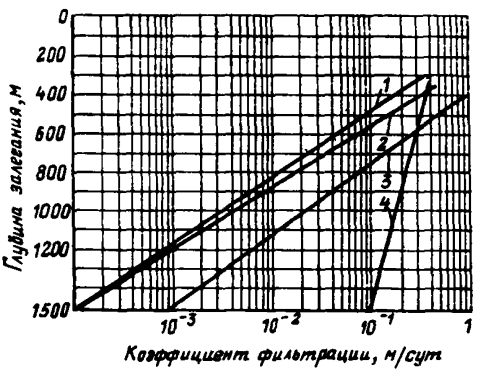


Рис. 2.2. Изменение коэффициента фильтрации песчаников в зависимости от глубины залегания для различных типов месторождений (по зависимостям И.М.Ксенды):

1 - крупных линейных складок; 2 - закрытых площадей; 3 - купольных структур; 4 - мелкой складчатости

Коэффициент пьезопроводности водоносных пород так же уменьшается с увеличением глубины и для определенных литотипов пород находится в прямой зависимости от коэффициента фильтрации (см. раздел 3.I.I).

2.I.4. Фильтрационные свойства пород зоны водопроводящих трещин определяются раскрытостью трещин в пределах зоны вскрытия водоносного горизонта.

для современных глубин разработки в Донбассе естественная раскрытость трещин и фильтрационные свойства водоносных горизонтов гораздо ниже, чем в пределах зоны вскрытия их водопроводящими трещинами. В связи с этим при расчете притоков воды в очистные выработки из подрабатываемых водоносных горизонтов фильтрационное сопротивление пород зоны водопроводящих трещин не учитывается.

2.1.5. Напор воды в водоносном горизонте является одним из важнейших факторов, определяющих приток воды в выработанное пространство выемочных столбов. Величина напора воды в водоносном горизонте зависит от глубины разработки (в условиях Донбасса вне зоны влияния горных работ пьезометрический уровень воды находится от поверхности земли на глубине 30-50 м), расположения выемочных столбов относительно отработанных площадей и достигает нескольких сотен метров. Это определяет относительно высокие притоки воды в очистные выработки, несмотря на низкую водоносность пород за счет их упругой емкости (водоотдачи) в пределах зоны влияния дренажа (рис. 2.3).

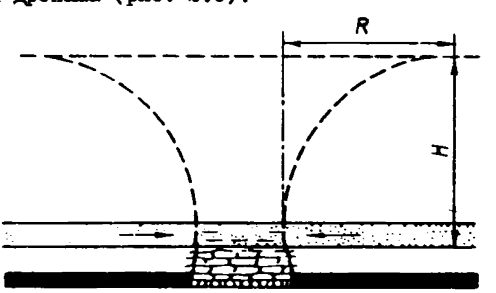


Рис. 2.3. Схема фильтрации напорных вод к выработанному пространству выемочного столба:

R – радиус влияния дренажа; *H* – напор воды в водоносном горизонте

2.1.6. Размеры выемочного столба определяют длину контура зоны вскрытия водоносного горизонта, поэтому с увеличением их размеров приток воды в выработанное пространство возрастает. Однако в результате истощения запасов подземных вод по мере подвигания забоя лавы увеличение притока воды не пропорционально увеличению размеров выработанного пространства.

2.1.7. Скорость подвигания очистного забоя существенно сказывается на величине притока воды в выработанное пространство выемочного столба. С ее возрастанием происходит более быстрое

увеличение длины контура зоны вскрытия водоносного горизонта, градиента напора в водоносном горизонте вблизи перемещающегося контура зоны вскрытия и, соответственно, притока воды в выработанное пространство выемочного столба.

2.1.8. Направление подвигания очистного забоя относительно падения угольного пласта влияет на взаиморасположение выемочного столба и отработанных площадей шахтного поля и, как показали результаты аналогового электромоделирования и фактических наблюдений на шахтах [5], сказывается на величинах напора воды в подрабатываемых водоносных горизонтах, а также притоках воды в выработанное пространство (рис. 2.4).

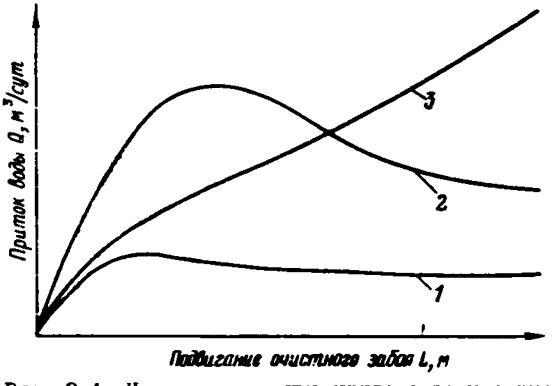


Рис. 2.4. Изменение режима притока воды в выработанное пространство выемочного столба по мере подвигания очистного забоя при выемке угольного пласта лавами по простиранию (1), восстанию (2) и падению (3)

При выемке угольного пласта лавами по простиранию выемочный столб располагается, в общем случае, непосредственно у гипсометрически вышерасположенных отработанных площадей, т.е. в пределах сниженных напоров воды в подрабатываемых водоносных горизонтах. Приток воды по мере отработки выемочного столба имеет относительно низкие и выдержанные значения.

При выемке угольного пласта лавами по восстанию вскрытие водоносного горизонта над первоочередными столбами происходит вдали от отработанных площадей при высоких напорах воды в подрабатываемых водоносных горизонтах. Приток воды резко возрастает в начале отработки выемочного столба, достигая ближе к его середине максимальной величины, значительно превышающей приток воды при выемке угольного пласта лавами по простиранию. По мере отра-

ботки выемочного столба приток воды плавно снижается в результате истощения запасов воды и уменьшения напора вблизи отработанных и сдренированных площадей.

При выемке угольного пласта лавами по падению вскрытие водоносного горизонта происходит непосредственно у гипсометрически вышерасположенных отработанных площадей, и в связи с невысокими напорами начальные притоки воды имеют относительно низкие значения. По мере подвигания очистного забоя и удаления его от отработанных площадей приток воды увеличивается, достигая максимума к концу отработки выемочного столба.

Приток воды к последующим смежным выемочным столбам оказывается ниже из-за дренажного эффекта первоочередных столбов, но общий характер режима притока воды в выработанное пространство сохраняется.

2.2. Приток воды к очистным забоям

Формирование притоков воды к очистному забою определяется его пространственным взаиморасположением с зоной вскрытия водоносного горизонта, а именно – величиной отставания от очистного забоя зоны вскрытия водоносного горизонта и направлением подвигания очистного забоя [10]. Величина отставания зоны вскрытия водоносного горизонта от очистного забоя обусловливается временем развития водопроводящих трещин до водоносного горизонта и скоростью подвигания очистного забоя. Направление подвигания очистного забоя задается при проектировании выемочных участков.

Степень влияния этих факторов на формирование притоков воды к очистным забоям зависит от высоты залегания водоносного горизонта.

2.2.1. Время развития водопроводящих трещин до водоносного горизонта зависит от вынимаемой мощности угольного пласта, определяющей максимальную высоту развития зоны водопроводящих трещин (см. разд. 2.1.1), и от высоты залегания водоносного горизонта, поскольку развитие зоны водопроводящих трещин в подрабатываемых породах происходит постепенно и с затуханием по мере приближения к ее максимальной высоте. Время развития водопроводящих трещин на выемочных столбах с одинаковой вынимаемой мощностью угольного пласта и геологическим строением подрабатываемой толщи постоянно, что позволяет для проектируемых столбов определять его вели-

чину на столбах-аналогах. Это время отсчитывается с момента подработки пород.

2.2.2. Влияние скорости подвигания очистного забоя на величину притока к нему воды зависит от высоты залегания водоносного горизонта. При залегании водоносного горизонта на расстоянии до 15 м над угольным пластом с увеличением скорости подвигания забоя возрастает градиент напора вблизи перемещающегося контура зоны вскрытия и, соответственно, увеличивается приток воды к очистному забою. При залегании водоносного горизонта на большей высоте вскрытие его происходит с отставанием от очистного забоя, которое тем больше, чем выше скорость подвигания забоя. В этом случае при увеличении скорости подвигания приток воды к очистному забою может уменьшаться и даже отсутствовать.

2.2.3. Направление подвигания очистного забоя относительно падения угольного пласта является одним из основных факторов, определяющих поступление воды к очистному забою. При прогнозировании поступления воды к очистному забою этот фактор должен рассматриваться в совокупности с вышеназванными и с учетом особенностей развития водопроводящих трещин в подрабатываемых породах для конкретных горно-геологических условий.

Исследования, проводившиеся на шахтах Донбасса в соответствии с положениями раздела 3.1.2, позволили установить некоторые особенности развития водопроводящих трещин в подрабатываемых породах. Водопроводящие трещины начинают развиваться в породах непосредственной кровли впереди линии очистного забоя в пределах зоны опорного давления (см. рис. 2.1). Высота распространения водопроводящих трещин непосредственно над очистным забоем не изменяется при различной (0,7-1,8 м) вынимаемой мощности угольного пласта и незначительно зависит от степени метаморфизма пород: для пород, вмещающих угли с высокой степенью метаморфизма (марки Т-А), установлена высота развития водопроводящих трещин над очистным забоем достигает 10-12 м; для пород, вмещающих угли с низкой степенью метаморфизма (марки Д-Г), - 10-15 м. Максимальная высота развития водопроводящих трещин (см. разд. 2.1.1) достигается над выработанным пространством на значительном удалении от подвигающегося очистного забоя.

Особенности развития водопроводящих трещин в подрабатываемых породах определяют условия поступления подземных вод к очистному забою в зависимости от высоты залегания подошвы водоносного горизонта над угольным пластом:

при залегании водоносного горизонта на расстоянии до 10 м над пластом практически при любом направлении подвигания лавы вода проявляется в очистном забое в виде систематических капежа и струй с кровли;

при залегании водоносного горизонта в интервале от 10 до 15 м над пластом водопроявления в очистном забое отмечаются периодически во время посадки основной кровли при работе лавы по простиранию пласта и систематически (преимущественно в нижней части лавы) при некотором отклонении направления подвигания лавы в сторону падения пласта;

при залегании водоносного горизонта на высоте более 15 м от пласта водопроявления в очистном забое отмечаются лишь при отклонении направления подвигания лавы от линии простирания пласта в сторону падения;

при высоте залегания водоносного горизонта близкой к максимальной высоте развития в подрабатываемых породах водопроводящих трещин вскрытие его происходит на значительном удалении от очистного забоя. В связи с этим при небольшом ($10–20^0$) отклонении направления подвигания лавы от линии простирания пласта в сторону падения вода к очистному забою, как правило, не поступает (исключая случаи очень длительных простоев лав). При большом отклонении направления подвигания лавы в сторону падения пласта поступление воды к очистному забою определяется скоростью его подвигания;

при любой высоте залегания водоносного горизонта в пределах зоны развития водопроводящих трещин и подвигания лавы строго в направлении падения пласта или близком к нему вода в очистном забое проявляется в виде систематических капежа и струй с кровли и перетока по почве из завала.

В общем виде условие поступления подземных вод к очистному забою в интервале направлений выемки от простирания до падения пласта определяется выражением

$$C_л \leq \frac{b - C}{tg\,\varphi} \qquad (2.4)$$

или

$$v t_p \leq \frac{b - C}{tg\,\varphi} \quad , \qquad (2.5)$$

где $C_л$ – величина отставания в плане зоны вскрытия водоносного горизонта от очистного забоя, м;

b – длина лавы или ширина выработанного с полным обрушением кровли пространства выемочного столба, м;

C – расстояние в плане от контуров зоны вскрытия водоносного горизонта до неподвижных контуров выработанного пространства, м;

φ – отклонение направления выемки угольного пласта от направления его падения, град;

$t_р$ – отставание зоны вскрытия водоносного горизонта от очистного забоя во времени (время развития водопроводящих трещин до водоносного горизонта с момента подработки), сут. (мес.);

v – скорость подвигания очистного забоя за время $t_р$ до расчетного момента, м/сут. (м/мес.).

Метод оценки параметров $C_л$, C и $t_р$ подробно рассматривается в разделе 3.I.2.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ПРИТОКОВ ВОДЫ В ОЧИСТНЫЕ ВЫРАБОТКИ

Надежность прогноза притоков воды в очистные выработки зависит от полноты учета природных и технологических факторов, влияющих на величину притока, и наличия их достоверных параметров. Наиболее полно учесть и оценить взаимосвязь природных и технологических факторов, определяющих приток воды в очистные выработки, позволяют аналитические методы прогноза. Однако применение их ограничивается недостаточной изученностью гидрогеологических параметров водоносных горизонтов на современных глубинах разработки (и даже невозможностью получения некоторых из них при разведке).

Это предопределяет необходимость использования при аналитических расчетах ожидаемых притоков воды в очистные выработки метода аналогии, основанного на гидродинамических зависимостях и позволяющего оценить недостающие гидрогеологические параметры обратным расчетом по фактическим притокам воды в выработанное пространство выемочных столбов-аналогов.

Шахтные наблюдения за водопроявлениями на столбах-аналогах позволяют также устанавливать закономерности и параметры вскрытия водоносных горизонтов, необходимые для прогнозирования пространственного положения зоны вскрытия и притоков воды к очистным забоям.

3.1. Оценка исходных расчетных параметров

Исходными расчетными параметрами, необходимыми для прогнозирования притоков воды в очистные выработки, помимо технологических параметров (размеров выемочных столбов, направления выемки угольных пластов, скорости подвигания лавы и др.), задаваемых при проектировании выемочных столбов, являются также гидрогеологические параметры водоносных горизонтов и параметры, определяющие пространственное положение зоны вскрытия водоносного горизонта относительно очистного забоя.

3.1.1. Гидрогеологические параметры водоносных горизонтов

Гидрогеологические параметры водоносных горизонтов определяются согласно "Методическим указаниям по определению гидрогеологических параметров при разведке и освоении угольных месторождений" [11]. Однако на современных глубинах разработки в Донбассе водоносные горизонты характеризуются крайне низкими фильтрационными свойствами, что затрудняет получение достоверных гидрогеологических параметров (особенно трещиноватых пород). Фактически на больших глубинах в Донбассе с помощью массового опробования водоносных горизонтов пластоиспытателями удается получить (более или менее достоверно) средние по шахтному полю или его участку значения коэффициента фильтрации.

В большинстве случаев опробование водоносных горизонтов производится лишь единичными скважинами. Такое опробование нельзя считать достаточно достоверным, поскольку расстояние между водоносными трещинами для условий осваиваемых глубин Донбасса может достигать 2-3 м. Практика гидрогеологических исследований показывает, что для получения достоверных фильтрационных параметров (коэффициентов фильтрации и пьезопроводности) опробование водоносного горизонта должно производиться выработками с сечением, на порядок и более превышающим размер блоков породы (расстояние между водоносными трещинами). Для Донбасса таким условиям отвечают стволы шахт, а также очистные выработки, которые вскрывают водоносный горизонт на значительных площадях. Причем каждые сутки очистной выработкой вскрывается площадь водоносного горизонта в 200-600 $м^2$ и более.

Исходя из этого, для оценки фильтрационных параметров водоносных горизонтов рекомендуется метод обратного расчета, позволяющий с помощью гидродинамических зависимостей получить числовые значения фильтрационных параметров подрабатываемого водоносного горизонта по фактическим притокам воды в выработанное пространство столбов-аналогов. Определение ожидаемого притока воды в очистные выработки по параметрам, полученным обратным расчетом по фактическим притокам воды на столбах-аналогах, позволяет значительно уменьшить возможную ошибку прогноза даже при ориентировочной оценке таких расчетных гидрогеологических параметров, как напор воды и коэффициент фильтрации водоносного горизонта.

При оценке фильтрационных параметров основными критериями аналогии для выбора столбов-аналогов являются: глубина залегания водоносного горизонта, литологический тип водоносных пород, тектоническая структура и ее элементы (в том числе степень нарушенности), степень литификации водоносных пород (марка угля).

Поскольку изменение фильтрационных параметров водоносных пород с увеличением глубины может быть учтено существующими зависимостями (см. рис. 2.2), а литотипы водоносных пород в Донбассе достаточно стабильны (песчаники, реже известняки), выбор столбов-аналогов для оценки фильтрационных параметров не представляется затруднительным. В большинстве случаев столбами-аналогами являются столбы, действующие на верхних горизонтах шахтопласта, на котором проектируется оцениваемый столб, или же столбы смежных шахтопластов.

Коэффициент фильтрации водоносного горизонта k (м/сут) может быть определен (при отсутствии или для уточнения разведочных данных) по фактическим притокам воды из оцениваемого водоносного горизонта в стволы шахт с помощью эмпирической зависимости А.А.Краснопольского [I2]:

$$k = \frac{Q}{2\pi M \sqrt{r H}}, \qquad (3.I)$$

где Q – приток воды в ствол шахты из оцениваемого водоносного горизонта, м³/сут;

M – мощность водоносного горизонта, м;

r – радиус ствола, м;

H – напор воды в водоносном горизонте, м.

На основе результатов анализа фактических притоков воды в стволы шахт Восточного Донбасса И.М.Ксендой были получены

обобщенные зависимости изменения коэффициентов фильтрации водоносных горизонтов от глубины залегания (см. рис. 2.2). По конкретным пластам подобные зависимости приведены в работе [8]. Они могут быть использованы для ориентировочной оценки коэффициентов фильтрации, а также для экстраполяции на глубину их уточненных значений, полученных методом обратного расчета по фактическим притокам в стволы шахт или в выработанное пространство столбов-аналогов (см. рис. 2.2).

Наиболее точные значения фильтрационных параметров могут быть получены методом обратного расчета по фактическим притокам воды в выработанное пространство выемочных столбов-аналогов, в частности, расположенных по простиранию пласта.

Для расчета используются уточненные, применительно к условиям Донбасса, гидродинамические зависимости [13-15], основанные на известной формуле Ж.Дюпюи для одностороннего "напорно-безнапорного" потока воды к горизонтальной дрене:

$$q = kM\frac{2H - M}{2R}, \qquad (3.2)$$

где q – приток воды на единицу длины контура зоны вскрытия водоносного горизонта, $м^3$/сут;

M – мощность водоносного горизонта, м;

H – напор воды в водоносном горизонте до подработки, м;

R – радиус влияния дренажа, м.

Напор воды в расчетной точке водоносного горизонта H (м) вблизи ранее отработанных площадей (рис. 3.1) определяется по гидронаблюдательным скважинам или рассчитывается ориентировочно по формуле

$$H = \Delta H + \frac{H_o}{1{,}5\sqrt{a\,t_o}}\sqrt{3x\sqrt{a\,t_o} - x^2}, \qquad (3.3)$$

где ΔH – увеличение глубины разработки, или разность абсолютных отметок подошвы водоносного горизонта в оцениваемой точке и на нижней границе отработанных площадей, м;

H_o – начальный (естественный) напор на нижней границе отработанных площадей, соответствующий разности глубины залегания подошвы водоносного горизонта и статического уровня (который для Донбасса составляет примерно 30-50 м);

x – минимальное расстояние от оцениваемой точки до отработанных площадей, м;

a – коэффициент пьезопроводности водоносного горизонта, $м^2$/сут;

t_o – время с начала разработки (дренажа) нижних горизонтов отработанных площадей, сут.

Формула (3.3) действительна для расчета напора воды в пределах зоны активного влияния дренажа, т.е. при $x < 1{,}5\sqrt{a\,t_o}$; вне зоны влияния дренажа H соответствует начальному (естественному) напору воды в водоносном горизонте.

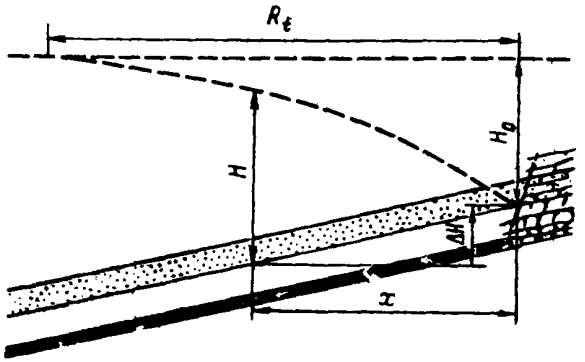


Рис. 3.1. Схема к расчету напора в водоносном горизонте вблизи ранее отработанных площадей

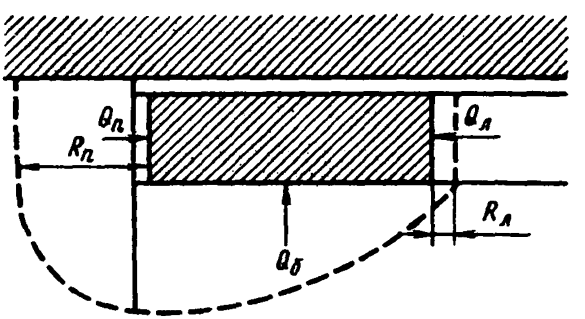


Рис. 3.2. Схема к расчету радиуса влияния дренажа при выемке угольного пласта по простиранию

Радиус влияния дренажа относительно отдельных участков контура зоны вскрытия имеет разные значения, поскольку размеры выемочного столба изменяются во времени (рис. 3.2).

Радиус влияния дренажа со стороны разрезной печи $R_п$ (м) (неподвижного контура зоны вскрытия) определяется по зависимости [I2]

$$R_п = I,5\sqrt{a\,t}\,, \qquad (3.4)$$

где t – время с момента вскрытия водоносного горизонта, сут.

Радиус влияния дренажа со стороны забоя лавы $R_л$ (м) (перемещающегося контура зоны вскрытия) определяется с учетом скорости подвигания очистного забоя [I7]:

при $t \geqslant \frac{a}{2v^2}$ $\qquad R_л = \frac{a}{2v}$, $\qquad (3.5)$

где v – среднемесячная скорость подвигания очистного забоя, м/сут;

при $t < \frac{a}{2v^2}$ $\qquad R_л = 1{,}5\sqrt{a\,t} - vt$. $\qquad (3.6)$

Формула (3.6), как правило, применима лишь в начальный период работы лавы, поэтому при установлении расчетных зависимостей использована формула (3.5).

Радиус влияния дренажа со стороны бортовых выработок $R_б$ (м) (удлиняющихся контуров зоны вскрытия) при выемке угольного пласта по простиранию с небольшим занижением можно определить как среднее значение радиусов влияния со стороны разрезной печи и забоя лавы [I5]:

$$R_б = \frac{R_п + R_л}{2} \,. \qquad (3.7)$$

Приток воды в выработанное пространство выемочного столба Q ($м^3$/сут) при выемке угольного пласта по простиранию определяется как сумма притоков воды с соответствующих его сторон (см. рис. 3.2):

$$Q_п = kM\,\frac{2H - M}{3\sqrt{at}} \cdot b' \,; \qquad (3.8)$$

$$Q_л = kM\,\frac{2H - M}{a} \cdot b'v \,; \qquad (3.9)$$

$$Q_б = kM \frac{2H - M}{1{,}5\sqrt{at'} + \frac{a}{2v}} \cdot L \; ; \qquad (3.10)$$

$$Q = Q_п + Q_л + Q_б \; , \qquad (3.11)$$

где b' – ширина зоны вскрытия водоносного горизонта, м. В общем случае она соответствует длине лавы b, а при залегании водоносного горизонта на высоте $h > 15$ м от кровли угольного пласта

$$b' = b - 2C \; , \qquad (3.12)$$

где C – расстояние в плане от контура зоны вскрытия водоносного горизонта до неподвижных контуров выработанного пространства – разрезной печи и бортового целика (см. разд. 3.1.2), м;

L – длина зоны вскрытия водоносного горизонта, м. Она соответствует разности длины выработанного пространства выемочного столба L_c, величин отставания зоны вскрытия водоносного горизонта от очистного забоя $C_л$ и ее расстояния в плане от разрезной печи C :

$$L = L_c - C_л - C \; . \qquad (3.13)$$

При значительной длине выработанного пространства выемочного столба величина C может не учитываться.

Из формул (3.8)–(3.11) при известном значении общего притока воды в выработанное пространство выемочного столба-аналога определяется значение коэффициента фильтрации подработанного водоносного горизонта:

$$k = \frac{Q}{M(2H - M)\left(\frac{b'}{3\sqrt{at'}} + \frac{vb'}{a} + \frac{L}{1{,}5\sqrt{at'} + \frac{a}{2v}}\right)} \cdot \qquad (3.14)$$

При расчете коэффициента фильтрации подработанного водоносного горизонта по фактическим притокам воды в выработанное пространство выемочных столбов-аналогов по формуле (3.14) следует учитывать, что первое вскрытие водоносного горизонта часто происходит на большой площади и скорость вскрытия в начале отработки выемочного столба больше, чем при его дальнейшей отработке, когда она соответствует скорости подвигания очистного забоя. В связи с этим фильтрационные параметры водоносного горизонта

следует рассчитывать не по максимальным, а по стабилизированным притокам воды в выработанное пространство столбов-аналогов. Для получения среднего значения фильтрационных параметров по нескольким столбам-аналогам усредняются их технологические параметры и величины стабилизированных притоков воды. Максимальное значение фильтрационных параметров рассчитывается по максимальной величине стабилизированных притоков воды.

Коэффициент пьезопроводности водоносного горизонта a при больших глубинах залегания разрабатываемых пластов угля и крайне низкой водоотдаче пород современными методами получить не удается. Поэтому его так же целесообразно определять обратным расчетом по фактическим притокам воды в выработанное пространство столбов-аналогов, расположенных на участках с известными значениями коэффициента фильтрации. Коэффициент пьезопроводности оценивается подбором по зависимости (3.13) с использованием среднего значения коэффициента фильтрации водоносного горизонта, полученного при разведке. При отсутствии разведочных данных коэффициент фильтрации может быть определен по притокам воды в стволы шахт по формуле (3.1) и ориентировочно по графикам (см. рис. 2.2) или эмпирическим зависимостям для конкретных пластов [8]. На основании данных расчета определяется отношение коэффициентов пьезопроводности и фильтрации, отражающее упругоемкие свойства водоносных пород и имеющее выдержанные для отдельных литотипов пород значения.

По результатам нескольких определений отношения a/k для песчаников, залегающих на глубинах от 200 до 600 м на различных участках антрацитовых районов Донбасса, установлено постоянное соотношение:

$$a/k = 0{,}2 \cdot 10^5. \qquad (3.15)$$

Решая систему уравнений (3.13) и (3.15) относительно a или k, можно для условий антрацитовых районов Донбасса получать значения их параметров, имея лишь данные о притоках воды в выработанное пространство выемочных столбов-аналогов.

Получение подобных соотношений для других районов Донбасса позволит производить оценку фильтрационных параметров водоносных горизонтов на шахтопластах с неизученными при разведке гидрогеологическими условиями.

3.1.2. Пространственное положение зоны вскрытия водоносных горизонтов

Пространственное положение зоны вскрытия водоносного горизонта относительно очистного забоя обусловливает поступление подземных вод к очистному забою. Определение контуров зоны вскрытия водоносного горизонта традиционными методами наблюдений в скважинах за изменением проницаемости пород подрабатываемой толщи [4] весьма трудоемко, особенно на больших глубинах разработки угольных пластов.

На основании изучения условий формирования притоков воды в очистные выработки разработан более простой и надежный метод определения пространственного положения зоны вскрытия водоносного горизонта водопроводящими трещинами [10]. Этот метод позволяет без проведения дорогостоящих буровых работ оценивать на действующих выемочных столбах-аналогах и прогнозировать для проектируемых столбов основные параметры, определяющие пространственное положение зоны вскрытия водоносного горизонта. Сущность этого метода заключается в следующем.

Для прогнозирования пространственного положения зоны вскрытия водоносного горизонта выбираются столбы-аналоги по следующим критериям аналогии: вынимаемая мощность пласта, высота залегания водоносного горизонта над кровлей пласта, литологический тип пород водоупорной толщи, степень литификации водоупорных пород (марка угля).

На столбах-аналогах регистрируются места водопроявлений с кровли выработок, оконтуривающих выработанное пространство (забоев лав или бортовых выработок, охраняемых незначительным целиком или бутовой полосой, т.е. находящихся в пределах интенсивного опорного давления). Линии, проведенные от краевых точек этих водопроявлений по восстанию пласта, ограничивают положение над выработанным пространством зоны вскрытия водоносного горизонта водопроводящими трещинами. При выемке угольного пласта лавами по простиранию расстояние от разрезной печи до места водопроявлений с кровли нижнего бортового штрека соответствует расстоянию в плане от неподвижных контуров выработанного пространства до контуров зоны вскрытия водоносного горизонта C (рис. 3.3). Эта величина принимается постоянной для столбов-аналогов. Расстояние от очистного забоя до места водопроявлений с кровли нижнего бортового штрека соответствует отставанию зоны

вскрытия водоносного горизонта от забоя лавы $C_л$ (см. рис. 3.3). Эта величина на столбах-аналогах меняется в зависимости от скорости подвигания очистного забоя. Однако отставание зоны вскрытия водоносного горизонта от очистного забоя во времени $t_р$ имеет

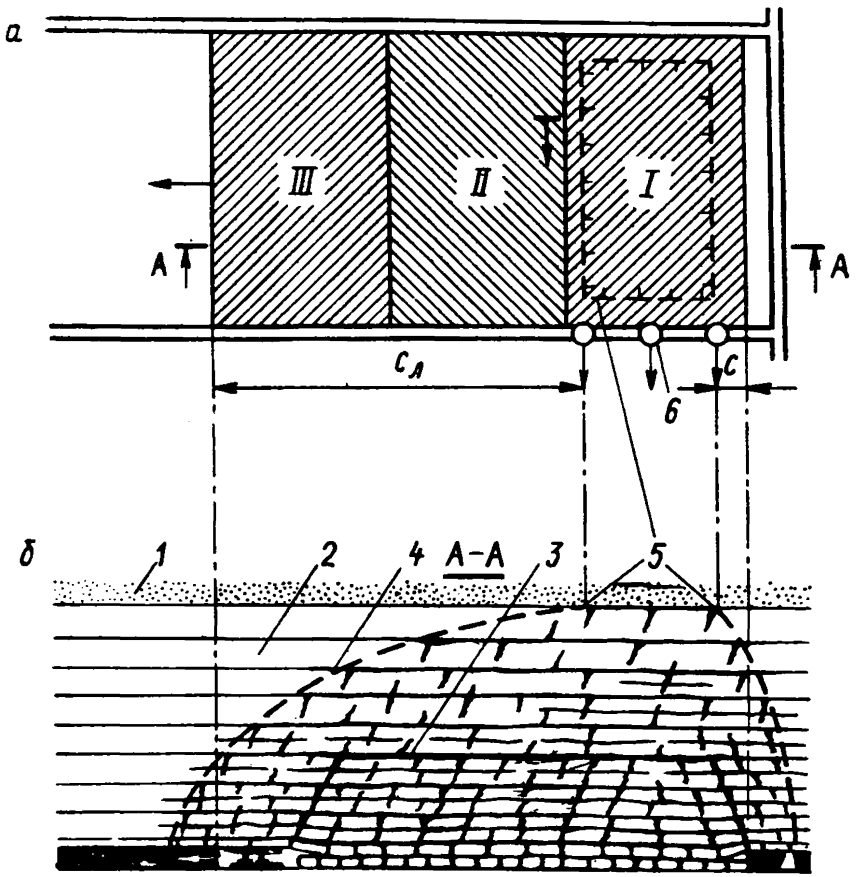


Рис. 3.3. Схема к оценке пространственного положения зоны вскрытия водоносного горизонта над выработанным пространством в плане (*а*) и разрезе (*б*):

1 – водоносные породы; *2* – водоупорные породы; *3* – граница зоны обрушения; *4* – граница зоны водопроводящих трещин; *5* – граница зоны вскрытия водоносного горизонта; *6* – водопроявления с кровли в оконтуривающих выработках

постоянное значение. Оно определяется по плану горных работ как разница между датами положений очистного забоя в момент обследования и в месте отмеченных водопроявлений. Для проектируемого выемочного столба величина $C_л$ определяется произведением ожида-

емой скорости подвигания очистного забоя v и временного отставания от него зоны вскрытия водоносного горизонта t_p, оцененного на столбах-аналогах:

$$C_л = v \cdot t_p \quad . \tag{3.16}$$

Расстояние в плане от контуров зоны вскрытия водоносного горизонта до разрезной печи или бортовых целиков C определяется высотой залегания водоносного горизонта над пластом $h_г$. Контур зоны вскрытия водоносного горизонта, залегающего в непосредственной кровле угольного пласта, распространяется за пределы выработанного пространства на несколько метров (см. рис. 2.1) и совпадает с контуром выработанного пространства при залегании водоносного горизонта на высоте 10–15 м над пластом ($C \approx 0$). При большей высоте залегания водоносного горизонта контур зоны вскрытия находится в плане в пределах контура выработанного пространства. В антрацитовых районах Донбасса при залегании водоносного горизонта на расстоянии от пласта близком к максимальной высоте развития водопроводящих трещин (при m = 1,0–1,2 м и $h_г$ = 40–45 м) величина C составляет 15–25 м.

Расстояние в плане от контуров зоны вскрытия водоносного горизонта до перемещающегося забоя лавы (величина отставания зоны вскрытия водоносного горизонта от очистного забоя) $C_л$ определяется также высотой залегания водоносного горизонта и скоростью подвигания очистного забоя. При залегании водоносного горизонта на высоте около 10–15 м контур зоны вскрытия водоносного горизонта совпадает с контуром выработанного пространства ($C_л = C \approx 0$). При большей высоте залегания водоносного горизонта величина $C_л$ для подвигающегося очистного забоя всегда больше величины C.

Величина отставания зоны вскрытия водоносного горизонта от очистного забоя $C_л$ при выемке угольного пласта по простиранию, как уже отмечалось, соответствует расстоянию от забоя лавы до места водопроявлений с кровли нижнего бортового штрека. Время, за которое очистной забой проходит это расстояние, соответствует времени развития водопроводящих трещин до высоты залегания водоносного горизонта t_p. Это время для столбов-аналогов имеет постоянное значение, однако его не следует отождествлять со временем от начала работы лавы до момента вскрытия водоносного горизонта, имеющим примерно в 1,5–1,75 раза большее значение, а также со временем до генеральной посадки основной кровли, так как в зависимости от высоты залегания водоносного горизонта вскрытие

его водопроводящими трещинами может происходить как в самом начале работы лавы, так и после двух-трех и более посадок основной кровли. В антрацитовых районах Донбасса при залегании водоносного горизонта на расстоянии от пласта близком к максимальной высоте развития водопроводящих трещин (при m = 1,0-1,2 м и $h_т$ = 40-45 м) $t_р$ составляет 2 месяца. При этом первое вскрытие водоносного горизонта происходит спустя 3-3,5 месяца после начала работы лавы. Примерно та же зависимость отмечена между отходом лавы от разрезной печи до первого вскрытия водоносного горизонта $L_о$ (м) и последующим отставанием зоны вскрытия от очистного забоя $C_л$ (м):

$$L_о \approx (1,50-1,75)\, C_л . \qquad (3.17)$$

Оцененные на столбах-аналогах по рассмотренной здесь методике параметры, определяющие пространственное положение зоны вскрытия водоносного горизонта ($t_р$ и C), позволяют при подстановке их в выражение (2.5) получить условие поступления воды к очистному забою проектируемого выемочного столба с учетом конкретных технологии и геолого-гидрогеологического разреза подрабатываемых пород.

Таким образом, предложенные методы изучения процессов развития в подрабатываемых породах водопроводящих трещин, вскрытия водоносных горизонтов и формирования притоков воды в выработанное пространство выемочных столбов и к очистным забоям позволяют по фактическим притокам на столбах-аналогах определить все параметры, необходимые для составления обоснованного прогноза гидрогеологических условий разработки угольных пластов, учитывающего изменение технологии ведения очистных работ.

3.2. Методика расчета притоков воды в очистные выработки при выемке угольных пластов лавами по падению

Изменение направления подвигания очистного забоя в сторону падения пласта[x)] даже при невысокой обводненности углевмещающих пород может существенно осложнить гидрогеологические условия разработки. В связи с этим при прогнозе притока воды в очистные

---

x) Под выемкой угольного пласта лавами по падению здесь понимается не только подвигание очистного забоя строго в направлении падения пласта, но также любое отклонение направления его подвигания от линии простирания пласта в сторону падения.

выработки следует выделять как общий приток воды в выработанное пространство выемочного столба, так и приток воды к очистному забою, т.е. непосредственно в рабочее пространство лавы.

3.2.1. Расчет притоков воды в выработанное пространство выемочных столбов

Приток воды в выработанное пространство выемочного столба Q определяется суммой притоков воды к контурам зоны вскрытия водоносного горизонта с различных сторон (рис. 3.4).

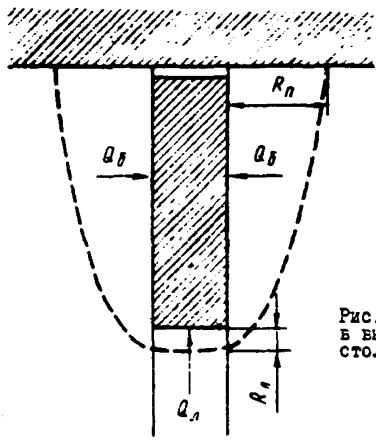


Рис. 3.4. Схема к расчету притоков воды в выработанное пространство выемочного столба при выемке угольного пласта по падению

Приток воды со стороны разрезной печи $Q_п$ практически отсутствует, так как при выемке угольного пласта лавами по падению в большинстве случаев разрезная печь располагается вплотную к вышерасположенным отработанным площадям.

Приток воды со стороны бортовой выработки $Q_б$ ($м^3$/сут) с учетом изменяющихся по мере отработки столба напоров воды в подрабатываемом водоносном горизонте (от десятков до нескольких сотен метров), времени дренажа на каждом элементарном участке контура зоны вскрытия и проектируемых скоростей подвигания лав v (1–6 м/сут), определяется по формуле [16]

$$Q_б = 0{,}77\,kMv\sqrt{\frac{t}{a}}\,(1{,}33H - M), \qquad (3.1а)$$

или с учетом увеличивающейся длины зоны вскрытия водоносного горизонта

$$Q_б = 0{,}77 k M v \sqrt{\frac{vL}{a}} (1{,}33H - M), \qquad (3.19)$$

где H – снижение напора воды на контуре стока со стороны забоя лавы [см. формулу (3.3)], м;

t – время с момента вскрытия водоносного горизонта, сут.;

L – длина зоны вскрытия водоносного горизонта, м.

Приток воды со стороны забоя лавы $Q_л$ ($м^3$/сут) определяется по формуле [16]

$$Q_л = kM \frac{2H - M}{a} b' v. \qquad (3.20)$$

При $t < \frac{a}{2v^2}$ в формуле (3.20) выражение (3.5) заменяется выражением (3.6).

Общий приток воды в выработанное пространство выемочного столба Q ($м^3$/сут) составляет

$$Q = 2Q_б + Q_л. \qquad (3.21)$$

Если вблизи выемочного столба, подготавливаемого к отработке по падению пласта, отсутствуют гипсометрически вышерасположенные отработанные площади (например, на подготавливаемых к освоению месторождениях закрытых площадей), напоры воды в подрабатываемом водоносном горизонте по всей длине выемочного столба изменяются незначительно и имеют сопоставимые значения. В этом случае приток воды в выработанное пространство выемочного столба может быть определен по усредненным значениям напоров воды и радиусов влияния с использованием зависимостей (3.8)–(3.10).

Приведенная методика расчета предназначена для прогноза притока воды в выработанное пространство первоочередного (на новом горизонте) столба. Ожидаемый приток воды в выработанное пространство последующих столбов всегда меньше, чем в первоочередной столб. В случае необходимости ожидаемый приток воды в последующий столб может быть ориентировочно рассчитан как приток к несмежным с первоочередным столбом сторонам. При этом влияние первоочередного столба на снижение напора в водоносном горизонте над последующим столбом определяется по формуле (3.3).

Ошибка в расчетах притоков воды по рекомендуемым зависимостям не превышает 15% [16] по сравнению с результатами аналогового электромоделирования.

3.2.2. Расчет притоков воды к очистным забоям

Поступление воды к очистному забою $Q_з$ определяется пространственным взаиморасположением забоя и зоны вскрытия водоносного горизонта (см. разд. 3.I.2). При строгом совпадении направления выемки угольного пласта с направлением его падения практически вся вода из выработанного пространства может поступать к очистному забою. При отклонении направления выемки угольного пласта от направления его падения на угол φ вода к очистному забою поступает при выполнении условия (2.5). В противном случае вода из выработанного пространства поступает на гипсометрически нижерасположенную бортовую выработку, не попадая к очистному забою.

Оценка возможности поступления подземных вод к очистному забою может быть проведена также графоаналитическим методом. Для этого непосредственно на плане проектируемого столба (для каждого расчетного положения очистного забоя) наносится контур зоны вскрытия водоносного горизонта с учетом параметров C и $C_п$ (см. разд. 3.I.2). Вода к очистному забою будет поступать при условии, если линии, проведенные от контура зоны вскрытия водоносного горизонта, пересекут линию очистного забоя.

Формирование притоков воды к очистному забою происходит на контуре зоны вскрытия водоносного горизонта, ограниченном в плане линией, которая проведена от точки сопряжения лавы с нижней бортовой выработкой по восстанию пласта (рис. 3.5). Этим положением обоснованы следующие расчетные схемы формирования притоков воды к очистным забоям и расчетные зависимости:

I. При залегании водоносного горизонта на расстоянии до 10–I5 м над угольным пластом (см. рис. 3.5а) вскрытие его водопроводящими трещинами происходит непосредственно над очистным забоем. В этом случае приток воды со стороны забоя лавы $Q_л$ определяется по формуле (3.2). Длина контура зоны вскрытия со стороны забоя лавы, участвующего в его обводнении $b_{обв}$, соответствует длине лавы b. Радиус влияния $R_л$ определяется из выражения (3.5) или (3.6). Приток воды со стороны контура зоны вскрытия над бортовой выработкой, участвующего в обводнении очистного забоя, определяется по формуле (3.2).

Длина участка ℓ (м) составляет

$$\ell = \frac{b_{обв}}{tg\,\varphi}\,. \qquad (3.22)$$

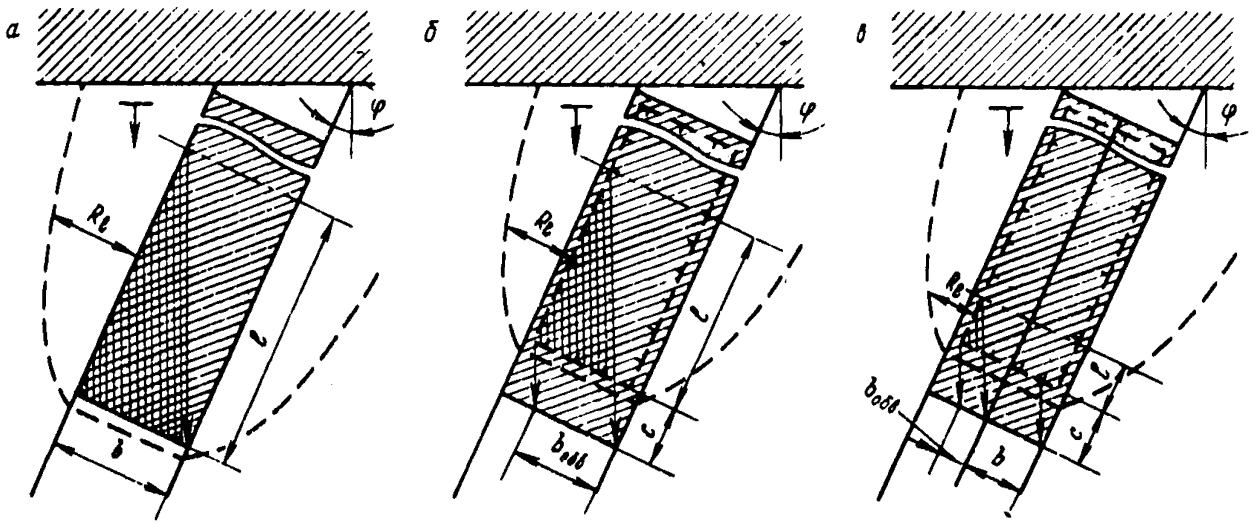


Рис. 3.5. Схема формирования притоков воды к очистному забою при вынимаемой мощности угольного пласта m = 0,7-1,8 м и высоте залегания водоносного горизонта:

а - $h_в \leq$ 10-15 м; б - $h_в >$ 15 м; в - $h_в >$ 15 м для двух спаренных лав

Расчетный радиус влияния R_ℓ(м) определяется зависимостью [I8]

$$R_\ell = \frac{a}{4v} + 0{,}75\sqrt{a\left(\frac{a}{2v^2} + \frac{b_{обв}}{v\,tg\,\varphi}\right)}\ . \qquad (3.23)$$

Общий приток воды к очистному забою $Q_з$(м) определяется по формуле

$$Q_з = 0{,}5kM\left(2H - M\right)\left(\frac{\ell}{R_\ell} + \frac{b_{обв}}{R_л}\right)\cdot \qquad (3.24)$$

2. При залегании водоносного горизонта на расстоянии более I5 м от кровли угольного пласта (см. рис. 3.5б) зона его вскрытия отстает от очистного забоя на величину $C_л$, которая определяется согласно разделу 3.I.2. В этом случае в обводнении очистного забоя будет принимать участие еще меньший контур зоны вскрытия со стороны бортовой выработки ℓ, а также часть контура зоны вскрытия со стороны забоя лавы $b_{обв}$. Соответствующие их значения определяются из выражений

$$\ell = \frac{b - C}{tg\,\varphi} - C_л\ ; \qquad (3.25)$$

$$b_{обв} = b - C - C_л \cdot tg\,\varphi\ . \qquad (3.26)$$

Приток воды к очистному забою определяется путем подстановки соответствующих значений в формулу (3.24). Величина $b_{обв}$ в формуле (3.26) определяет также длину обводненной части лавы.

3. При выемке угольного пласта двумя спаренными лавами (см. рис. 3.5в) (средняя выработка пройдена с нижней подрывкой или имеет водоотводную канавку) приток воды к очистному забою верхней лавы оценивается так же, как и в предыдущих случаях в зависимости от высоты залегания водоносного горизонта. Приток воды к очистному забою нижней лавы определяется лишь притоком к контуру зоны вскрытия со стороны забоя лавы: $Q_з = Q_л$. При этом в расчет принимается вся длина нижней лавы.

При подстановке в зависимости (3.I8)-(3.26) значений технологических (проектируемых или ожидаемых) и гидрогеологических (средних или максимальных) параметров, полученных при разведке или обратным расчетом по фактическим притокам воды на столбах-аналогах (см. разд. 3.I), можно определить ожидаемые (средние или максимальные) значения притоков воды в выработанное пространство и к очистным забоям проектируемых выемочных столбов.

Опыт прогнозирования притоков воды в выработанное пространство выемочных столбов, площадь которых значительно превышает площади столбов-аналогов, показывает, что ожидаемый приток соответствует фактическому при использовании в расчете значений фильтрационных параметров, полученных по среднему значению притоков воды на нескольких столбах-аналогах.

Однако при расчете ожидаемых притоков воды к очистному забою необходимо исходить из максимального притока воды в выработанное пространство выемочных столбов-аналогов, поскольку фильтрационная неоднородность водоносных пород в этом случае будет заметнее сказываться на притоке воды, формирующемся на относительно небольшом участке зоны вскрытия водоносного горизонта.

4. ПРИМЕРЫ СОСТАВЛЕНИЯ ПРОГНОЗА

В качестве образца составления прогноза притоков воды в очистные выработки приводятся два различных по сложности примера. Первый пример – прогнозирование условий поступления воды к очистному забою без оценки величины притока. Подобный прогноз может быть выполнен непосредственно шахтной геологической службой. Второй пример – прогноз величин притоков воды в выработанное пространство выемочных столбов и к очистным забоям. Составление подобного прогноза рассчитано на специалиста гидрогеолога.

Пример I. Требуется составить прогноз условий поступления воды к очистному забою по мере отработки выемочного столба с изменчивой по его длине гипсометрией угольного пласта (рис. 5.I) при следующих значениях расчетных параметров: высота залегания водоносного горизонта от угольного пласта h_r = 30 м, вынимаемая мощность угольного пласта m = I,0 м, длина выемочного столба L_c = 900 м, длина лавы b = I30 м, среднемесячная скорость подвигания очистного забоя v = I,5 м/сут.

Р е ш е н и е. Прогноз составляется по следующим этапам:

I) выбор столбов-аналогов для оценки расчетных параметров;

2) оценка расчетных параметров, определяющих формирование притоков воды на столбах-аналогах;

3) оценка условий поступления воды к очистным забоям проектируемого столба.

I. Выемочные столбы-аналоги выбираются по критериям аналогии, указанным в разделе 3.I.2. Наиболее соответствующими этим крите-

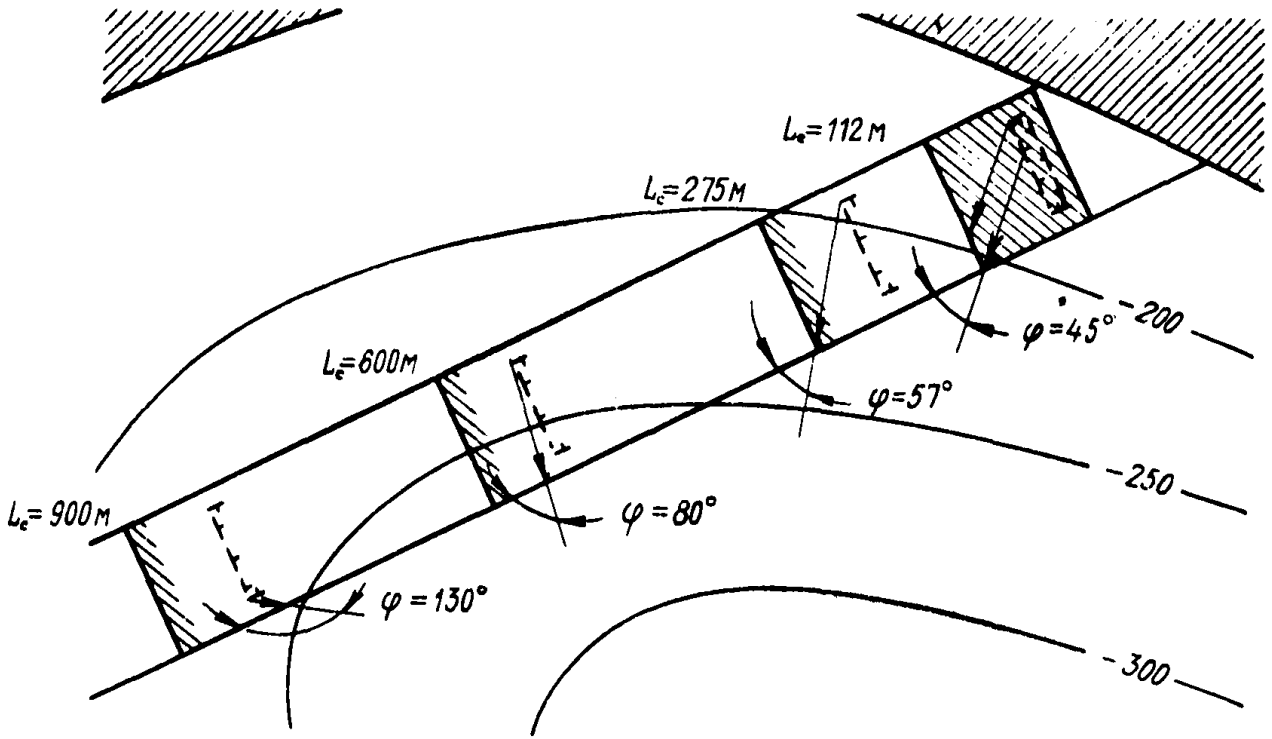


Рис. 5.I. Схематический план к составлению прогноза условий поступления воды к очистному забою

риям являются смежные столбы, расположенные по простиранию пласта. Нижний бортовой штрек охраняется бутовой полосой, что благоприятствует наблюдению водопроявлений с кровли.

II. На столбе, выбранном в качестве аналога, замеряется расстояние от мест краевых водопроявлений с кровли бортового штрека до разрезной печи C и до забоя лавы $C_л$ (см. рис. 5.3). Величина C составляет 17,5 м и является постоянной для столбов-аналогов. Величина $C_л$ при фактической среднемесячной скорости подвигания очистного забоя v, равной 1,2 м/сут, составляет на столбе-аналоге 60 м. По формуле (3.16) определяется время развития водопроводящих трещин до водоносного горизонта:

$$t_p = \frac{60}{1,2} = 50 \text{ сут.}$$

Величина t_p для столбов-аналогов имеет постоянное значение.

III. На проектируемом выемочном столбе при $v = 1,5$ м/сут величина отставания зоны вскрытия водоносного горизонта от очистного забоя рассчитывается по формуле (3.16): $C_л = 1,5 \cdot 50 = 75$ м. Первое вскрытие водоносного горизонта согласно зависимости (3.17) произойдет при отходе очистного забоя от разрезной печи на расстояние L_0, равное 112 м. Ширина зоны вскрытия водоносного горизонта определяется из выражения (3.12):

$$b = 130 - 2 \cdot 17,5 = 95 \text{ м.}$$

Прогноз условий поступления воды к очистному забою производится графоаналитическим методом. Для этого непосредственно на плане проектируемого столба (см. рис. 5.1) от контуров зоны вскрытия водоносного горизонта проводятся линии тока воды в направлении падения пласта. Из построения видно, что после вскрытия водоносного горизонта к очистному забою будет поступать вода. При этом длина обводненной части лавы $b_{обв}$ составит примерно 35–40 м. То же получается и при расчете по выражению (3.26):

$$b_{обв} = 130 - 17,5 - 75\, tg\, 45^0 = 37,5 \text{ м.}$$

При дальнейшем подвигании лавы со скоростью 1,5 м/сут забой будет обводнен на участке длины выемочного столба, где выполняется условие (2.4):

$$75 \leq \frac{130-17,5}{tg\,\varphi}.$$

Отсюда $\varphi \leq 57^0$, т.е. при отклонении направления подвигания очистного забоя от линии падения пласта φ менее 57^0 к очистному забою ожидается поступление воды. Этому условию при среднемесячной скорости подвигания забоя 1,5 м/сут соответствует участок длины выемочного столба, находящийся на расстоянии 112–275 м от разрезной печи. Дальнейшая отработка выемочного столба будет производиться без поступления воды к очистному забою.

Для исключения попадания воды к очистному забою при его положении от разрезной печи на расстоянии от 112 до 275 м необходимо, чтобы к моменту вскрытия водоносного горизонта выполнялось условие, обратное условию (2.4), т.е.

$$C_л > \frac{130-17,5}{tg\,45^0}, \text{ отсюда } C_л > 113 \text{ м}.$$

В соответствии с формулой (3.16) это условие может быть достигнуто при среднемесячной скорости подвигания очистного забоя к моменту вскрытия водоносного горизонта более чем

$$v = \frac{113}{50} = 2,3 \text{ м/сут}.$$

Поскольку такое увеличение скорости не всегда выполнимо, исключить поступление воды к очистному забою можно также путем дополнительного разворота выемочного столба относительно падения пласта (увеличения угла φ) или уменьшения длины лавы до выполнения условия, обратного условию (2.4).

Пример 2. Требуется определить максимально ожидаемые значения притоков воды в выработанное пространство первоочередного (на новом горизонте) выемочного столба к очистному забою при следующих значениях расчетных параметров: глубина разработки $H_р$ = 500–600 м, высота залегания водоносного песчаника от угольного пласта $h_г$ = 40 м, мощность водоносного песчаника M = 10 м, напор воды в песчанике над нижней частью выемочного столба H = = 400 м, длина выемочного столба L_0 = 1500 м, длина лавы b = 180 м, вынимаемая мощность угольного пласта m = 1,2 м, среднемесячная скорость подвигания очистного забоя v = 3 м/сут, отклонение направления подвигания очистного забоя от направления падения пласта $\varphi = 30^0$, коэффициент фильтрации (средний для глубины 600 м) k = 0,05 м/сут. данных о значении коэффициента пьезопроводности a нет. Шахтное поле расположено в районе развития крупных линейных складок.

Р е ш е н и е. Прогноз составляется по следующим этапам:

I) выбор столбов-аналогов для оценки расчетных параметров;

2) оценка расчетных параметров, определяющих формирование притоков воды на столбах-аналогах;

3) расчет ожидаемых притоков воды в выработанное пространство проектируемого столба;

4) расчет ожидаемых притоков воды к очистному забою проектируемого столба.

I. Выбор столбов-аналогов производится по критериям аналогии, указанным в разделах 3.I.I и 3.I.2. Выемочные столбы, выбранные в качестве аналогов, расположены в пределах того же шахтопласта, отрабатываются по простиранию и характеризуются следующими данными: H_p = 400-500 м; H = I50 м; L_c = 800 м; v = = I,5 м/сут; φ = 90^0; значения h_r, M и m идентичны значениям соответствующих параметров проектируемого столба, данных о значениях коэффициентов фильтрации и пьезопроводности нет. Максимальные притоки воды в выработанное пространство выемочных столбов Q_{max} достигали 9,5-20,0 $м^3$/ч при среднем значении - I4,0 $м^3$/ч; стабилизированные притоки воды Q составляли 5,0-I3,3 $м^3$/ч при средней величине - 8,5 $м^3$/ч.

П. На столбах-аналогах определяются расчетные параметры, необходимые для прогноза притоков воды в проектируемый выемочный столб: расстояние в плане от неподвижных контуров выработанного пространства (бортов столба или разрезной печи) до контуров зоны вскрытия водоносного горизонта, C ; время развития водопроводящих трещин до водоносного горизонта, t_p ; соотношение коэффициента фильтрации и коэффициента пьезопроводности, a/k .

Величина C определяется согласно разделу 3.I.2 путем замера расстояния от разрезной печи до водопроявлений с кровли в нижнем бортовом штреке и составляет 23 м.

Для определения величины t_p устанавливается согласно разделу 3.I.2 величина отставания зоны вскрытия водоносного горизонта от очистного забоя $C_л$, которая соответствует расстоянию от забоя лавы до места краевых водопроявлений с кровли в нижнем бортовом штреке. При скорости подвигания лавы v= I,5 м/сут $C_л$ составляет 90 м. По формуле (3.I6) определяется время развития водопроводящих трещин до водоносного горизонта:

$$t_p = \frac{90}{I,5} = 60 \text{ сут.}$$

Для определения значения a/k устанавливается длина L и ширина b' зоны вскрытия водоносного горизонта, а затем обратным расчетом – коэффициенты фильтрации k и пьезопроводности a водоносного горизонта.

Длина зоны вскрытия водоносного горизонта определяется по формуле (3.13): $L = 210-90-23 = 97$ м.

Ширина зоны вскрытия водоносного горизонта определяется по формуле (3.12): $b = 150-2\cdot23 = 104$ м.

Коэффициент фильтрации водоносного горизонта для глубин расположения выемочных столбов-аналогов 400–500 м определяется ориентировочно, путем экстраполяции (см. раздел 3.1.4) известных значений коэффициента на глубине 600 м с использованием закономерности его изменения в зависимости от глубины (см. рис. 2.2). В данном случае известное значение коэффициента фильтрации совпало с обобщенными его значениями для месторождений крупных линейных складок. Для глубины залегания песчаников 400–500 м среднее значение k равно 0,15 м/сут.

Коэффициент пьезопроводности определяется обратным расчетом (или подбором) по фактическим притокам воды. При этом в расчет принимается максимальное значение стабилизированных притоков воды по столбам-аналогам ($Q = 13{,}3$ м^3/ч), поскольку в поставленной задаче требуется определить максимально ожидаемые притоки воды в проектируемый столб, которые будут достигаться к концу его отработки (см. рис. 2.4). Из выражения (3.14), подставляя в него расчетные значения для столбов-аналогов, получаем

$$0{,}15 = \frac{13{,}3\cdot24}{10\,(2.150-10)\left(\frac{104}{3\sqrt{a\,50}} + \frac{1{,}5\cdot104}{a} + \frac{710}{1{,}5\sqrt{a\,50}} + \frac{a}{2\cdot1{,}5}\right)}.$$

Отсюда $a = 2250$ м^2/сут.

Соотношение a/k (м), определяющее упругоемкие свойства водоносного горизонта, составляет

$$\frac{a}{k} = \frac{2250}{0{,}15} = 0{,}15\cdot10^5.$$

Параметры C, t_p и a/k имеют постоянные значения как в пределах столбов-аналогов, так и проектируемого выемочного столба.

III. Расчет ожидаемых притоков воды в выработанное пространство проектируемого выемочного столба производится с учетом следующих параметров: величина отставания зоны вскрытия водоносного горизонта от очистного забоя согласно выражению (3.16) составит $C_л^{'} = 3 \cdot 60 = 180$ м; длина зоны вскрытия водоносного горизонта к концу отработки выемочного столба согласно (3.13) равна $L = 1500 - 180 - 23 = 1297$ м; ширина зоны вскрытия водоносного горизонта согласно (3.12) – $b = 180 - 2 \cdot 23 = 134$ м; коэффициент пьезопроводности определяется из известного соотношения a/k: $a = 0{,}15 \cdot 10^5 \cdot 0{,}05 = 750$ м^2/сут.

Приток воды в выработанное пространство проектируемого столба Q определяется из выражений (3.19)-(3.21):

$$Q_б = 0{,}77 \cdot 0{,}05 \cdot 10 \sqrt{\frac{3 \cdot 1297}{750}} (1{,}33 \cdot 400 - 10) = 454 \text{ м}^3\text{/сут};$$

$$Q_л = 0{,}05 \cdot 10 \frac{2 \cdot 400 - 10}{750} 134 \cdot 3 = 212 \text{ м}^3\text{/сут};$$

$$Q = 2 \cdot 454 + 212 = 1120 \text{ м}^3\text{/сут} \approx 47 \text{ м}^3\text{/ч}.$$

IV. Для расчета притока воды к очистному забою по зависимостям (3.25) и (3.26) вначале определяются размеры участков ℓ и $b_{обб}$ контура зоны вскрытия водоносного горизонта, участвующих в формировании притоков воды к очистному забою (см. рис. 4.2б), и по зависимостям (3.23) и (3.5) – радиусы влияния R_ℓ и $R_л$ соответствующих сторон контура зоны вскрытия:

$$\ell = \frac{180 - 23}{0{,}5774} - 180 = 93 \text{ м};$$

$$b_{обб} = 180 - 23 - 180 \cdot 0{,}5774 = 55 \text{ м};$$

$$R_\ell = \frac{750}{4 \cdot 3} + 0{,}75 \sqrt{750 \left(\frac{750}{2{,}9} + \frac{55}{3 \cdot 0{,}5774}\right)} = 238{,}5 \text{ м};$$

$$R_л = \frac{750}{2 \cdot 3} = 125 \text{ м}.$$

Приток воды к очистному забою $Q_з$ определяется по формуле (3.24):

$$Q_з = 0{,}5 \cdot 0{,}05 \cdot 10 \cdot (2 \cdot 400 - 10) \left(\frac{93}{238{,}5} + \frac{55}{125}\right) =$$

$$= 164 \text{ м}^3\text{/сут} = 6{,}8 \text{ м}^3\text{/ч}.$$

При проектной скорости подвигания очистного забоя $v = 3$ м/сут вода к забою будет поступать при условии (2.4):

$$tg\varphi \leqslant \frac{180-23}{180},$$

т.е. при $\varphi \leqslant 42^0$.

Таким образом, максимальный приток воды в выработанное пространство проектируемого выемочного столба ожидается равным 47 м^3/ч, а к очистному забою – до 7 м^3/ч. Для исключения поступления воды к очистному забою (при условии поддержания его проектной скорости подвигания) должно соблюдаться условие $\varphi > 42^0$. Иначе говоря, выемочный столб необходимо развернуть от направления падения пласта дополнительно не менее чем на 12^0.

В настоящий пример (с целью его упрощения для лучшего понимания общего порядка расчета) не включен расчет напоров воды в водоносном горизонте над столбом-аналогом и проектируемым столбом. В обоих случаях эти величины заданы условиями примера. Фактически же величины напоров воды в подрабатываемых водоносных горизонтах, как правило, неизвестны. Настоящие рекомендации позволяют учитывать влияние отработанных площадей на величину напора в подрабатываемых водоносных горизонтах.

Учет величины напоров воды над столбами-аналогами производится непосредственно при расчете фильтрационных параметров по фактическим притокам воды на столбах-аналогах. Для этого до начала расчета в формулу (3.14), определяющую фильтрационные параметры, подставляется формула (3.3), определяющая величину напора.

После получения расчетных фильтрационных параметров величина напора воды над проектируемым столбом может быть рассчитана непосредственно по формуле (3.3).

Все расчетные параметры, необходимые для определения напора в подрабатываемых водоносных горизонтах с учетом влияния отработанных площадей, имеются на планах горных работ. Поэтому учет напора воды вблизи отработанных площадей по предлагаемой в рекомендациях методике не вызывает затруднений.

5. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ

Методические рекомендации предназначены для прогнозирования притоков воды из подрабатываемых водоносных горизонтов в очистные выработки шахт, разрабатывающих тонкие и средней мощности

(0,7–1,8 м) угольные пласты с углами падения до 12^0, на которых широко применяется система разработки длинными столбами с выемкой угля лавами по падению.

Методические рекомендации могут использоваться и при вынимаемой мощности угольного пласта более 1,8 м, если имеется соответствующий столб-аналог для установления закономерностей вскрытия водоносного горизонта водопроводящими трещинами.

При выемке по падению угольных пластов с углом падения до 18^0 основные положения методических рекомендаций и расчетные зависимости сохраняют силу.

Область применения методических рекомендаций ограничивается глубинами преимущественно от 300 до 1000 м, т.е. зоной замедленного водообмена, и зависит в основном от приуроченности выемочного столба к различным тектоническим структурам и элементам структур, в пределах которых отдельные выдержанные пласты углевмещающих пород, ограниченные водоупорами, имеют систему гидравлически связанной трещиноватости.

Отдельные положения методических рекомендаций могут быть использованы для прогноза условий поступления подземных вод к очистным забоям при любых направлениях выемки угольного пласта, а также на пологих и наклонных пластах.

Использование в методических рекомендациях метода аналогии позволяет применять их на шахтах с недостаточно изученными при разведке гидрогеологическими условиями как в Донецком, так и в других угольных бассейнах.

Рассмотренные в методических рекомендациях условия поступления подземных вод в очистные выработки позволяют при проектировании отдельных выемочных столбов или "раскройке" шахтного поля выбирать технологические параметры, исключающие или сводящие к минимуму притоки воды к очистным забоям.

Л И Т Е Р А Т У Р А

I. Прогрессивные технологические схемы разработки пластов на угольных шахтах. Т. 2. М., ИГД им. А.А.Скочинского, 1979, 247 с.

2. Газизов М. С., Скворцов А. Г. К оценке гидрогеологических и инженерно-геологических условий ведения очистных работ на "шахтах будущего". – В сб. "Всесоюзное совещание "Инженерно-геологическое обоснование условий разработки месторождений полезных ископаемых". Тезисы докладов. М., Мингео СССР, 1977, с. 106–108.

3. Временное руководство по спуску воды из затопленных горных выработок на шахтах Министерства угольной промышленности СССР. М., Минуглепром СССР, 1975, 23 с.

4. Методические указания по натурному определению высоты зоны водопроводящих трещин. Л., ВНИМИ, 1973, 32 с.

5. Панасенко Г. П. О мощности зоны трещиноватых пород над очистными выработками шахт Донбасса. – В сб. "3-я геологическая конференция "Дутугинские чтения". Тезисы докладов. Луганск, Луганскгеология, 1969, с. 84–86.

6. Чигринов И. П. Прогноз притоков воды в глубокие шахты северной мелкоскладчатой зоны Донбасса. – "Уголь Украины", 1971, № 4, с. 50–51.

7. Указания по определению условий безопасной выемки угля под водными объектами и их охране. Л., ВНИМИ, 1977, 55 с.

8. Ксенда И. М. Исследование гидрогеологических условий строительства и эксплуатации глубоких шахт Донбасса. Кандидатская диссертация. Днепропетровск, ДГИ им. Артема, 1972, 168 с.

9. Скворцов А. Г. Влияние направления отработки выемочного столба на величину водопритока и условия работы механизированного комплекса. – В сб. "Добыча угля подземным способом". Вып. 10 (130). М., ЦНИЭИуголь, 1977, с. 12–14.

10. Газизов М. С., Скворцов А. Г. Особенности вскрытия подрабатываемых водоносных горизонтов. – В сб. "Добыча угля подземным способом." Вып. 11(143). М., ЦНИЭИуголь, 1978, с. 17–19.

11. Методические указания по определению гидрогеологических параметров при разведке и освоении угольных месторождений. Л., ВНИМИ, 1974, 139 с.

12. Веригин Н. Н. Методы определения фильтрационных свойств горных пород. М., Госстройиздат, 1962, 180 с.

13. Гавриман Б. Я., Кацнельсон Н. Н., Бокенятов Б. Б. и др. Безопасная выемка угля под водными объектами. М., "Недра", 1977, 175 с.

14. Стрельский Ф. П. Влияние скорости поступательного перемещения контура стока на приток воды из осушаемого пласта. – В сб. "Труды ВНИМИ". Вып. 67. М., ВНИМИ, 1967, с. 320–325.

15. Мироненко В. А., Норватов Ю. А., Сердюков А. И. и др. Гидрогеологические исследования в горном деле. М., "Недра", 1976, 352 с.

I6. Скворцов А. Г. Аналитический метод прогноза обводненности выемочных столбов, отрабатываемых лавами по падению. – В сб. "Прогрессивная технология и средства комплексной механизации и автоматизации очистных работ" (научные сообщения, вып. I6I). М., ИГД им. А.А.Скочинского, I978, с. 45–52.

I7. Скабалланович И. А. Гидрогеологические расчеты по динамике подземных вод. М., Госгортехиздат, I960, 407 с.

I8. Скворцов А. Г. Оценка притока воды к очистным забоям при отработке диагональных столбов по падению. – В сб. "Добыча угля подземным способом". Вып. I(I33). М., ЦНИЭИуголь, I978, с. 22–24.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

I. Введение 3
2. Условия формирования притоков воды в очистные выработки 6
2.I. Приток воды в выработанное пространство выемочных столбов . . 7
2.2. Приток воды к очистным забоям I3
3. Методические рекомендации по прогнозированию притоков воды в очистные выработки I6
3.I. Оценка исходных расчетных параметров I7
3.I.I. Гидрогеологические параметры водоносных горизонтов . . I7
3.I.2. Пространственное положение зоны вскрытия водоносных горизонтов 24
3.2. Методика расчета притоков воды в очистные выработки при выемке угольных пластов лавами по падению 27
3.2.I. Расчет притоков воды в выработанное пространство выемочных столбов 28
3.2.2. Расчет притоков воды к очистным забоям 30
4. Примеры составления прогноза 33
5. Область применения методических рекомендаций 40
Литература 42

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ
УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЮ
ПРИТОКОВ ВОДЫ В ОЧИСТНЫЕ ВЫРАБОТКИ
ПРИ ВЫЕМКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ЛАВАМИ ПО ПАДЕНИЮ

Редактор И.П.Сидорова

Т-09142 Тираж 600 Цена 22 коп. Изд. № 8628 Заказ №1552

Типография Института горного дела им. А.А.Скочинского
2,9 уч.-изд.л. Подписано к печати 8/У 1981 г.

gost.e-ecolog.ru