

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Забайкальский государственный университет»

(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Г.П. Сидорова
А.Г. Верхотуров
А.А. Якимов

**Гидрогеология месторождений полезных ископаемых и новейшие
технологии защиты от фильтрационных процессов**

Учебное пособие

Чита

Забайкальский государственный университет

2020

УДК 556/3(075).622.58

Рекомендовано к изданию учебно-методическим советом
Забайкальского государственного университета

Рецензенты

С.А. Эпштейн, д-р техн. наук, профессор
Национальный исследовательский технологический университет НИТУ «МИСиС»,
г. Москва

С.В. Борзенко, д-р геол.- минерал. наук
Институт природных ресурсов, экологии и криологии
СО РАН, г. Чита

Сидорова, Галина Петровна

Гидрогеология месторождений полезных ископаемых и новейшие технологии
защиты от фильтрационных процессов: учеб. пособие / Г.П. Сидорова, А.Г.
Верхотуров, А.А. Якимов; Забайкал. гос. ун-т.- Чита: ЗабГУ, 2020. - с

ISBN

В учебном пособии рассмотрены вопросы, касающиеся общих гидрогеологических условий месторождений полезных ископаемых. Изложены рекомендации по составу, содержанию и методикам гидрогеологических исследований на стадиях разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Рассмотрены варианты защиты горных выработок от фильтрационных процессов. Отдельная глава посвящена защите подземных вод от загрязнения и истощения в горнодобывающих районах.

Издание предназначено для студентов и аспирантов, обучающихся по направлениям 21.05.02 – *Прикладная геология*; 21.05.04 – *Горное дело*, а так же может быть использовано специалистами горнодобывающих предприятий.

УДК 556/3(075).622.58
ББК

ISBN

Забайкальский государственный
университет, 2020

Оглавление

Предисловие.....	7
Введение.....	8
Раздел I Гидрогеология месторождений полезных ископаемых.....	10
Глава 1 Гидрогеологическое строение месторождения полезных ископаемых.....	10
1.1 Обводненность месторождений полезных ископаемых.....	11
1.2 Деформация горных выработок под воздействием подземных вод.....	12
1.3 Природные и искусственные факторы формирования режима рудничных вод.....	15
1.4 Гидрогеологические классификации и типы обводненных месторождений.....	20
Глава 2 Гидрогеологические исследования месторождений полезных ископаемых для обоснования проекта осушения.....	29
2.1 Основные задачи гидрогеологических исследований.....	29
2.2 Состав исследований и общий порядок их проведения.....	29
2.3 Изучение гидрогеологического строения месторождения.....	35
2.4 Основные фильтрационные параметры, определяемые опытными работами	42
2.5 Виды опытных гидрогеологических работ и методы их проведения.....	47
2.5.1 Опытные откачки.....	47
2.5.2 Опытные нагнетания и наливывы.....	54
2.5.3 Геофизические исследования.....	55
2.5.4 Объемы опытных гидрогеологических работ.....	56
2.6 Стационарные режимные наблюдения.....	58
Глава 3 Методы определение водопритоков в горные выработки.....	68

3.1 Методы гидрогеологических аналогий.....	68
3.2 Метод водного баланса.....	70
3.3 Аналитические методы.....	72
Раздел II Новейшие технологии защиты от фильтрационных процессов горных предприятий.....	77
Глава 4 Проектирование осушения месторождений полезных ископаемых.....	77
4.1 Осушение месторождения.....	77
4.2 Характеристика способов осушения месторождений полезных ископаемых.....	82
4.2.1 Поверхностный способ осушения.....	82
4.2.2 Подземный способ осушения.....	90
4.2.3 Комбинированный способ осушения.....	92
4.2.4 Противофильтрационные завесы.....	93
Глава 5 Системы и схемы осушения шахтных и карьерных полей...100	
5.1 Обязательные требования при выборе системы защиты горных выработок от фильтрационных процессов.....	101
5.2 Виды систем осушения.....	102
5.3 Схемы осушения.....	105
5.4 Схемы осушения шахтных полей.....	108
5.5 Схемы осушения карьерных полей.....	111
5.6 Расчеты осушения шахтных и карьерных полей.....	113
5.7 Осушение отвалов пустых пород.....	118
5.7.1 Внутренние и внешние отвалы.....	118
5.8 Оптимизация системы осушения.....	130
Глава 6 Гидрогеологические исследования при разработке месторождения полезных ископаемых.....	141
6.1 Наблюдения в подземных горных выработках.....	141
6.1.1 Подземная гидрогеологическая съемка.....	141

6.1.2 Наблюдения за притоком воды в шахты.....	143
6.1.3 Наблюдения за уровнем, температурой, химическим составом воды в горных выработках.....	148
6.2 Средства водопонижения.....	150
6.2.1 Дренажные канавы и водопонижающие колодцы.....	150
6.2.2 Водопоглощающие скважины.....	153
6.3 Прогноз осадки пород при осушении месторождений полезных ископаемых.....	154
6.4 Рациональное использование дренажных вод.....	155
Глава 7 Охрана подземных вод при разработке и осушении месторождений полезных ископаемых.....	158
7.1 Влияние горных работ на окружающую среду.....	158
7.2 Прогноз процессов распространения загрязнений в подземных водах.....	159
7.3 Самоочищение подземных вод в процессе фильтрации в трещиновато-пористых средах.....	161
7.4 Методы определения параметров массопереноса.....	164
7.5 Гидрогеофизические исследования в задачах охраны подземных вод.....	166
7.6 Оценка качества условно чистых дренажных и рудничных вод.....	169
7.7 Рациональное использование условно чистых дренажных и рудничных вод.....	170
7.8 Сброс дренажных и рудничных вод.....	173
7.9 Методы охраны водных ресурсов в горнодобывающих районах.....	181
Глава 8 Техника безопасности и правила эксплуатации при осушении месторождений полезных ископаемых.....	188
8.1 Общие положения.....	188

8.2 Дренажные шахты.....	191
8.3 Химическая обработка скважин.....	193
8.4 Дренирование вод, выделяющих вредные и опасные газы.....	195
8.5 Оборудование и устройства для откачки воды.....	196
Заключение.....	199
Библиографический список.....	200
Термины и определения.....	204

Предисловие

Гидрогеология месторождений полезных ископаемых занимается изучением подземных вод применительно к задачам геологопромышленной оценки месторождений, их освоения и разработки. Рядом исследователей, такими как С.В. Троянский, М.В. Сыроватко, Н.И. Плотников, П.П. Климентов и др., на основании специфики разведки, освоения и добычи этих полезных ископаемых, было выделено два направления развития Гидрогеологии месторождений полезных ископаемых: Гидрогеология твердых полезных ископаемых и Гидрогеология нефтегазоносных месторождений. В отдельное направление выделена Рудничная гидрогеология, разрабатывающая мероприятия по защите горных предприятий от подземных вод.

Данное учебное пособие рассматривает два направления: основные вопросы гидрогеологии твердых полезных ископаемых и вопросы рудничной гидрогеологии, связанные с защитой горных предприятий от фильтрационных процессов, т.е. обводнения.

Введение

Гидрогеологические условия месторождений полезных ископаемых определяются комплексом природных факторов, выявление которых и глубокий анализ позволяют правильно оценить горнотехнические условия отработки месторождений.

Гидрогеологическая структура, к которой приурочено месторождение полезных ископаемых, формируется под влиянием эндогенных и экзогенных процессов. К числу собственно эндогенных процессов следует отнести геолого-структурные условия, сложившиеся за длительный период развития территории и не изменяющиеся в период разведки и эксплуатации месторождений полезных ископаемых. Эндогенными процессами определяются первоначальные условия проницаемости и пористости пород, которые подвергаются существенному изменению при эксплуатации месторождения.

Условия формирования подземных вод определяются геолого-структурными особенностями и первичными коллекторскими свойствами пород, рельефом, природно-климатическими и гидрографическими факторами, которые подробно рассматриваются в данном учебном пособии.

При разработке месторождений полезных ископаемых практически всегда приходится вести борьбу с водой, которая затрудняет ведение горных работ, а иногда и создает угрозу безопасности работающих людей и в целом горному предприятию.

Развитие гидрогеологии, как науки, позволяет в современных условиях спрогнозировать степень опасности и возможные проблемы при проведении горных работ, связанные с обводненностью месторождения и своевременно запланировать мероприятия по их устранению. Борьбе с водой в горных выработках способствует и современные методы

защиты горных предприятий от обводнения, а так же достаточно совершенная техника, которой оснащаются горные предприятия.

Защита горных выработок от поверхностных и подземных вод регламентируется сводом Правил (СП 103.13330.2012), которые распространяются на проектирование защиты от подземных и поверхностных вод горных выработок с применением водопонижения, водоотлива, противодиффузионных завес и регулирования поверхностного стока при открытой и подземной разработках месторождений твердых полезных ископаемых.

Для успешного проведения осушения обводненных месторождений полезных ископаемых, выполнения прогнозных расчетов, моделирования и разработки новых конструктивных решений по защите горного предприятия от диффузионных процессов в период эксплуатации месторождения, горный инженер, работающий в данном направлении, должен знать: основные положения учения о подземных водах; закономерности формирования, движения, режима и химизма вод; процессы, возникающие в природе под воздействием рудничного водоотлива и горных работ в целом, способы предупреждения проникновения воды в горные выработки.

Раздел I Гидрогеология месторождений полезных ископаемых

Глава 1. Гидрогеологическое строение месторождения полезных ископаемых

Под *гидрогеологическим строением участка земной коры* понимается совокупность факторов, определяющих общую характеристику условий существования и циркуляции подземных вод в пределах этого участка. К числу таких факторов относятся границы распространения и формы залегания водоносных горизонтов, а также комплексов относительно водоупорных пород, литолого-структурная характеристика пород, слагающих выделенные водоносные и водоупорные комплексы и положение естественных контуров (областей) питания и стока, а также поверхностей естественных уровней (напоров) водоносных горизонтов. Основным материалом для составления схемы гидрогеологического строения месторождения позволяет анализировать результаты геологоразведочных работ (в первую очередь буровых), а также результаты режимных наблюдений за подземными и поверхностными водами.

Гидрогеологическое строение месторождения определяется его геологическим строением, которое является объектом исследования при разведке и оценке запасов полезного ископаемого. Геологические материалы содержат сведения по литологии и стратиграфии пород, слагающих участок месторождения, его тектоническому строению. Эти материалы должны лечь в основу построения гидрогеологической схемы, выделить границы распространения однородных осадков, контуры размывов и другие детали, которые могут определить характер фильтрации подземных вод и влияние их на устойчивость пород в откосах. Важно выявить и оконтурить погребенные речные долины.

1.1 Обводненность месторождений полезных ископаемых

При промышленном освоении месторождений полезных ископаемых существенную роль играют подземные воды, которые представляют собой один из неблагоприятных природных факторов, оказывающих влияние на ритмичную работу горнотранспортного оборудования. Подземные и поверхностные воды, проникающие в горные выработки, называют *рудничными* или *шахтными* (рис 1).



Рисунок 1- Обводненная подземная горная выработка

Обводненность рудных месторождений зависит, главным образом, от водобильности пород, вмещающих рудное тело, и бывает наиболее значительной при наличии среди покровных отложений водоносных обломочных или карбонатных карстующихся пород.

На угольных, особенно бурогольных месторождениях, обычно водоносны один или несколько надугольных и подугольных слоев песка, песчаника или известняка, содержащих напорные или безнапорные воды. Приток воды в шахту или карьер характеризуется

коэффициентом водообильности, представляющим отношение количества откачиваемой воды (в м³) к количеству добытого полезного ископаемого (в тоннах) за год, месяц или сутки. Коэффициенты водообильности месторождений зависит от их обводненности.

Объем откачиваемой из горных выработок воды иногда в несколько раз превышает количество добываемого полезного ископаемого.

1.2 Деформация горных выработок под воздействием подземных вод

Осушительные мероприятия на шахтных и карьерных полях проводятся в целях предупреждения деформации подготовительных и эксплуатационных горных выработок в неустойчивых породах, связанных с проявлением гидростатического и гидродинамического давления подземных вод.

Влияние на устойчивость горных выработок весьма разнообразно, а интенсивность этого проявления определяется гидрогеологическими условиями и физико-механическими свойствами пород, способом и системой разработки, размерами выработок и сроками их проведения. Поэтому необходимо учитывать весь комплекс этих условий при проектировании мероприятий по предупреждению деформаций. Осушение проводится также в целях уменьшения притока вод в устойчивых породах.

На открытых горных работах наибольшее распространение получили оползни, развивающиеся на постоянных и рабочих бортах карьеров и разрезных траншей. В соответствии с классификацией П. Н. Панюкова различают следующие их виды:

-оскользни (простые и сложные) - смещение пачек горных пород массива по поверхностям ослабления, происходящие при подрезке их откосами (рис 2);



Рисунок 2- Оползень на борту карьера

- собственно оползни - смещение пород по поверхностям скольжения сложного очертания при наличии глинистых слоев в основании откоса;
- оползни выдавливания - оползню предшествует пластическое выдавливание слабых глинистых пород под действием веса вышележащей толщи, что нарушает ее равновесие;
- оползни оплывания - оползню предшествует оплывание и переотложение неустойчивых пород нижней части откоса, где высачивается подземная вода. Оплывание обычно захватывает широкую полосу откоса и является одним из важнейших видов деформации на открытых горных работах. Его интенсивность зависит от высоты участка высачивания и крутизны откосов. Оплывание песков обычно влечет обрушение покрывающих связных пород;
- оползни проседания - оползню предшествует уплотнение пород основания.

Другие виды деформаций, влияющие на устойчивость откосов карьеров:

- прорывы пльвуна и напорной воды, а также выпоры грунта в слоях слабопроницаемых глинистых пород;

- «подземная эрозия», развивающаяся при движении воды к откосу по трещинам в слабых песчаниках, в результате чего образуются подземные пещеры и ходы, правильные воронки на уступах карьера и конусы выноса породы в их основании. Чем круче откосы, тем интенсивнее деформации;

- суффозионный вынос мелких частиц грунта в результате механического действия подземных вод при выклинивании ее на откосе. Суффозия развивается в неоднородных несвязных грунтах в пределах участка высачивания воды, а ее размеры зависят от величины гидравлического градиента и неоднородности пород.

На подземных горных работах основными являются нарушения, связанные с прорывом пльвунов и подземных вод в горные выработки, а также явлениями пучения и текучести пород.

Прорывы пльвунов и подземных вод происходят из почвы и из кровли выработок в результате «взламывания» под действием гидростатического давления водоупорных слоев, отделяющих эти выработки от напорных водоносных горизонтов. Они деформируют шахтную крепь, затопляют и заиливают выработки.

Пучение проявляется в виде повышения давления на крепь, что приводит к ее разрушению и заполнению выработок породой. Указанные деформации при подземной разработке месторождения особенно резко проявляются в период эксплуатации шахт при нарушенной сплошности пород в зоне их сдвижения.

Осушительные мероприятия на шахтных и карьерных полях должны быть увязаны с горными работами и проводиться в две стадии, в зависимости от необходимых сроков дренирования.

В период строительства, еще до начала проходки околоствольных выработок шахты или въездной траншеи карьера дренирование осуществляется в два этапа:

- предварительное осушение необходимо, когда для обеспечения безопасного проведения подготовительных выработок, должно быть заблаговременно произведено частичное или полное снижение напоров (или уровней) подземных вод. В комплекс мероприятий по предварительному осушению должны быть включены работы по отводу рек и ограждению горных разработок от затопления атмосферными водами.

- параллельное осушение осуществляется в течение всего времени строительства и эксплуатации шахты или карьера, одновременно с проведением горных выработок. Его задачей является дальнейшее снижение напоров (уровней) подземных вод, оставшихся после предварительного осушения.

1.3 Природные и искусственные факторы формирования режима рудничных вод

Вопрос о факторах формирования режима рудничных вод, при выборе варианта осушения месторождения, является главным, хотя очень часто ему уделяется недостаточное внимание, что в результате приводит к дополнительным проблемам и затратам.

Воды, поступающие в горные выработки в процессе строительства шахт и карьеров, а так же в период эксплуатации месторождений полезных ископаемых, называются рудничными или шахтными. Формируются эти воды в результате поступления в выработки подземных и атмосферных вод, фильтрации вод из рек, озер и других поверхностных водоемов.

Под режимом рудничных вод и режимом подземных вод, разрабатываемых месторождений полезных ископаемых, понимается изменение во времени притока воды в горные выработки, понижения уровней или напоров в пределах формирующейся депрессионной воронки, изменение химического и газового состава и температуры рудничных вод.

Изменение во времени отдельных элементов режима рудничных вод зависит от ряда взаимодействующих природных, естественноисторических и искусственных факторов.

Основные природные факторы:

К основным природным факторам относятся: характер рельефа; наличие водоемов и водотоков в пределах территории освоения; положение базиса эрозии; литологические особенности покровных отложений и коренных пород; тектонические условия; существование погребенных долин.

Рельеф территории освоения определяет условия, при которых атмосферная вода либо скапливается в депрессионных формах, восполняя запасы водоносных горизонтов, либо, при наклонной дневной поверхности, интенсивно стекает в естественные водоемы и водотоки. После проведения горных выработок и выемки полезного ископаемого на дневной поверхности возможно образование провальных воронок, способствующих обводнению подземных объектов и в ряде случаев прорыву в них значительных объемов воды.

Водоемы и водотоки влияют на обводненность горных выработок при повышенной водопроницаемости аллювия и толщ горных пород, на котором он формировался. Оценивая этот фактор, следует учитывать: состав аллювия (слабопроницаемый, как правило, на реках в пределах и высокопроницаемый для горных рек); вероятность приуроченности

водотоков к глубинным разломам; состав и свойства коренных пород, подстилающих аллювий.

Базис эрозии. Высотное положение тела полезного ископаемого или горных выработок по отношению к местному базису эрозии существенно сказывается на их обводненности. Если они располагаются выше, то обводненность, как правило, низкая, а их осушение происходит путем естественного оттока гравитационной воды (водоотлив самотечный). Такие условия характерны для горных районов и при наличии глубокой овражно-балочной системы. Расположение тела полезного ископаемого или горных выработок ниже местного базиса эрозии способствует формированию более высокой и стабильной обводненности, зависящей от коллекторских и фильтрационных свойств природного массива. В этом случае вода удаляется с использованием насосов или водоотливных скважин.

Покровные отложения в зависимости от фильтрационных свойств могут либо препятствовать, либо, напротив, способствовать водонасыщению коренных пород. Обычно покровные отложения представлены чередующимися песками, супесями суглинками и глинами. В целом, они препятствуют проникновению воды в недра. Районы, где покровные отложения отсутствуют или их мощность небольшая, называют открытыми, а те, где их мощность значительная, - закрытыми. Практически всегда покровные отложения водонасыщены и включают в себя верховодку, грунтовые и межпластовые воды. Проведение в них горных выработок сопряжено с необходимостью применения специальных методов. Покровные отложения, сформировавшиеся вокруг положительных форм рельефа, как правило, содержат напорные воды. Величина напора зависит от времени выпадения осадков и таяния снега и всегда выше в весенний период.

Коренные породы с гидрогеологической точки зрения целесообразно подразделять на водонепроницаемые и водопроницаемые, образующие водоносные горизонты, комплексы и обводненные зоны. Обычно водопроницаемые породы имеют низкие показатели физико-механических свойств и содержат быстрорастворимые минералы. К ним относятся известняки, доломиты, гипсы, мраморы, песчаники на глинистом и карбонатном цементе, трещиноватые сланцы. Магматические интрузивные, массивные эффузивные и метаморфические породы - чаще водонепроницаемые или слабопроницаемые. Обводненность их связана с трещиноватостью, сопровождающей зоны разрывной тектоники, с поверхностью коры выветривания, а также с контактами между телами горных пород, образующих массивы горных пород.

Каждая тектоническая структура характеризуется размерами, формой и строением геологического разреза. Поэтому роль тектоники в обводнении месторождений, участков строительства и горных выработок значительна. Например, обводненность в бассейнах горно-складчатого ниже, чем в бассейнах платформенного типа. Как уже отмечалось, на обводненность влияет нарушенность массива горных пород. При наличии разрывных нарушений, имеющих пространственное распространение, создаются благоприятные условия для перетекания подземных вод из одного водоносного горизонта или комплекса в другой.

Пересечение разрывных нарушений горными выработками часто сопровождается значительным возрастанием водопритоков. Возможны, однако, случаи, когда в результате отложения природных солей тектонические нарушения оказываются «залеченными», что приводит к уменьшению обводненности массива горных пород.

При складчатых нарушениях наиболее обводнены участки, подверженные растягивающим усилиям, они приурочены к верхним слоям антиклиналей и нижним слоям синклиналей.

Погребенные долины характеризуются значительными статическими запасами подземных вод, подпитываемых динамическими ресурсами, а захороненный аллювий обычно нелигифицирован; вместе это создает предпосылки для возможных катастрофических прорывов воды, ила, песка и глинистого материала в горные выработки.

Направленность и активность каждого из природных факторов в формировании режима рудничных вод и могут быть различными и определяются конкретными условиями их совокупного проявления.

Основные искусственные факторы:

способы и система разработки месторождения - карьер, шахта, с обрушением кровли над выработанным пространством и без обрушения;

способы осушения месторождения - предварительное, параллельное, комбинированное;

виды дренажных выработок - скважины, подземные дренажные горные выработки и их положение в пространстве (вертикальные, наклонные, горизонтальные);

изменение глубины разработки месторождения;

расширение фронта работ в плане;

интенсивность водоотлива из дренажных устройств;

длительность эксплуатации месторождения.

Режим рудничных вод, в зависимости от способа отработки месторождения (открытый или закрытый), существенно может отличаться в одних и тех же природных гидрогеологических условиях. Если при подземном способе эксплуатации месторождения не

обязательно осушение отдельных водоносных непродуктивных толщ, то при открытом способе отработки этого избежать нельзя.

Режим рудничных вод, в зависимости от применяемых способов осушения месторождения полезных ископаемых имеет свои особенности. При предварительном способе осушения месторождения предполагается полная изоляция горных выработок от проникновения в них воды. При комбинированном осушении значительная часть подземных вод перехватывается дренажными установками, сооруженными как на поверхности земли, так и из подземных горных выработок. В данном случае режим подземных вод будет зависеть от работы этих дренажных установок или устройств.

Режим рудничных вод изменяется при изменении фронта работ в плане и, особенно, при переходе на более глубокие горизонты отработки месторождения. Это связано с изменением параметров водоносных пород (K_f , уровнепроводности, пьезопроводности, водоотдачи), вовлечением новых водоносных горизонтов и поверхностных вод, размерами водоприемной части горных выработок.

От длительности эксплуатации месторождения и длительности дренажных работ меняются запасы подземных вод, их динамика и т.п.

Направленность и интенсивность воздействия каждого из природных и искусственных факторов и формирования тех или иных особенностей режима рудничных вод различны в каждом конкретном случае, что требует их тщательного изучения при решении задач водопонижения и осушения, а так же охраны водных ресурсов.

1.4 Гидрогеологические классификации и типы обводненных месторождений

По степени сложности геолого-гидрогеологических и инженерно-геологических условий шахтных и карьерных полей, числу водоносных

горизонтов, сложности условий и способа осушения по О. Б. Скиргелло выделяют четыре генетических типа месторождений полезных ископаемых, кроме соляных и расположенных в зоне многолетней мерзлоты.

К первому типу относятся месторождения, приуроченные к дислоцированному, часто метаморфизованному, комплексу устойчивых скальных пород. Условия осушения таких месторождений простые: организованный водоотлив, подземный способ осушения шахтных полей или организованный водоотлив карьерных полей.

Месторождения второго типа приурочены к осадочному недислоцированному комплексу пород сложного строения с переслаиванием неустойчивых песчано-глинистых и устойчивых скальных и полускальных пород.

При простых условиях осушения шахтных полей применяется подземный способ осушения, а на первоочередных участках - комбинированный.

При средней сложности осушения карьерных полей можно использовать поверхностный или подземный способы, а на первоочередных участках возможен и комбинированный.

При сложных и очень сложных условиях осушения карьерных полей, как правило, применяется комбинированный способ осушения.

Третий тип месторождений приурочен к дислоцированному комплексу скальных и полускальных пород, перекрытых толщей неустойчивых осадочных отложений.

При средней сложности осушения шахтных полей используются комбинированные и подземные способы осушения, при той же сложности осушения карьерных полей - поверхностный или подземный. На первоочередных участках - комбинированный, с большим числом дренажных устройств.

Месторождения четвертого приурочены к карстующимся или сильно раздробленным тектоническими нарушениями породам.

При простых условиях осушения шахтных полей применимы организационный водоотлив и подземный способ осушения, а для карьерных полей - организационный водоотлив и поверхностный способ осушения.

При средней сложности условий осушения шахтных полей можно использовать комбинированный способ, а для карьерных полей --- поверхностный, подземный и комбинированный.

При сложных условиях осушения шахтных полей рекомендуется комбинированный способ по специальным горным выработкам, для карьерных полей - комбинированный, без специальных горных выработок.

Таким образом, месторождения первого типа отличаются простыми условиями осушения карьеров, а на месторождениях остальных трех типов по гидрогеологическим условиям (число водоносных горизонтов, мощность, величины коэффициента фильтрации и напора водоносных горизонтов), выделяют четыре категории сложности условий осушения шахт и карьеров:

- простые;
- средней сложности;
- сложные;
- очень сложные.

От категории сложности зависит выбор типа дренажной системы.

Месторождения первого и второго типов не имеют больших запасов подземных и поверхностных вод и их осушение не вызывает больших трудностей.

К третьему и четвертому типам относятся месторождения со значительными запасами подземных вод, которые целесообразно и

необходимо использовать для хозяйственно-питьевого водоснабжения горного предприятия или района в целом.

Н. И. Плотниковым разработана и составлена новая геолого-промышленная группировка рудных месторождений, вне зоны многолетней мерзлоты, по сложности их промышленного освоения. В ее основу положены следующие факторы, определяющие степень сложности промышленной отработки рудных месторождений:

- степень сложности геологической среды;
- оценка техногенных процессов и их негативного влияния на геологическую среду;
- уровень сложности промышленного освоения рудных месторождений.

По классификации Н.И.Плотникова выделяют четыре группы месторождений, в зависимости от сложности их изучения, осушения и промышленного освоения.

Первая группа месторождений характеризуется сравнительно простыми гидрогеологическими и инженерно-геологическими условиями осушения и промышленной отработки. Геологическая среда на объекте представлена преимущественно устойчивыми трещиноватыми кварцитами, песчаниками, конгломератами и другими породами, содержащими пресные подземные воды и практически не изменяющими свои физико-механические свойства при обводнении. Незначительные водопритоки позволяют применить обычный внутрикарьерный или внутришахтный водоотлив. Предварительное осушение при эксплуатации объекта не требуется.

Вторая группа месторождений отличается сложными природными, гидрогеологическими и инженерно геологическими условиями осушения, промышленной отработки и защиты окружающей среды. Геологическая среда месторождений этой группы представлена полускальными трещиноватыми породами, рыхлые покровные

образования имеют большую мощность и, как правило, водоносны. При осушении месторождений этой группы проявляются техногенные процессы, вызывающие ухудшение свойств геологической и окружающей среды:

- нарушение природного ландшафта в районе шахт и карьеров;
- деформацию бортов карьеров при недостаточном их осушении;
- развитие фильтрационно-суффозионных процессов в обводненных в обводненных зонах тектонических нарушений;
- дренирование пресных подземных вод четвертичных отложений, ранее используемых для водоснабжения населенных пунктов.

Для устранения этих и других негативных техногенных процессов необходимо принимать меры по защите окружающей среды: рекультивацию земель, организацию централизованного водоснабжения населенных пунктов дренируемой территории. Для выбора рациональных мер защиты окружающей среды следует провести комплексные исследования.

Третья группа месторождений характеризуется очень сложным строением и высокой степенью обводненности рудовмещающих пород при общем притоке воды в горные выработки, шахты или карьеры до 5 тыс. м³/ час и при связи подземных вод объекта с речным стоком до 22 тыс. м³/час. Такие гидрогеологические условия требуют применения при промышленной отработке месторождения специальных и оригинальных мер горных разработок от обводнения.

На месторождениях этой группы распространены преимущественно два типа подземных вод: грунтовые воды покровных рыхлых образований и трещинно-карстовые воды карбонатных рудовмещающих пород. Они нередко имеют тесную гидравлическую связь с поверхностными водами, являющимися главным источником обводнения горных выработок. Химический состав подземных вод очень пестрый - от

пресных до минерализованных. При осушении месторождения развиваются суффозионно-карстовые процессы, достигающие поверхности земли, и фильтрационно-суффозионные процессы в горных выработках.

При разведке таких месторождений должен производиться весь комплекс исследований, причем особое внимание должно быть уделено изучению трещиноватости, закарстованности карбонатных пород и их фильтрационной неоднородности.

Четвертая группа месторождений - имеют особенно сложные гидрологические и инженерно-геологические условия отработки месторождения, сложное строение геологического разреза и условия защиты окружающей среды.

В геологическом строении таких месторождений принимают участие слабоустойчивые рудовмещающие метаморфические и изверженные породы, перекрытые мощной толщей (150 –300 м) переслаивающихся песчано-глинистых и карбонатных отложений, содержащих комплекс водоносных горизонтов с водами пестрой минерализации. Суммарные водопритоки в горные выработки на объектах изменяются от 1,5 до 3,5, иногда до 6 тыс. м³/ час.

Еще на стадии разведки производятся комплексные исследования для объектов всех групп и должны быть решены все принципиальные вопросы.

В таблицах 1 и 2 представлены классификации месторождений по дренированности по А.М. Гальперину [4].

Таблица 1- Классификация по дренированности месторождений, разрабатываемых открытым способом (А.М.Гальперин)

Категория месторождения	Характеристика гидрогеологических и инженерно-геологических условий эксплуатации карьера
-------------------------	--

по условиям осушения карьерных полей	Группа А – карьером вскрываются рыхлые песчаные и мягкие глинистые породы	Группа Б – карьером вскрываются полускальные породы, не склонные к размоканию и набуханию
I - простые	Притоки подземных вод в карьер не превышают 200 м ³ /ч. Горные работы могут выполняться с применением средств открытого водоотлива; на стадии строительства карьера возможно временное использование водопонижающих скважин с суммарным дебитом не более 400 м ³ /ч.	Притоки подземных вод в карьер не более 500 м ³ /ч. Горные работы выполняются с применением средств открытого водоотлива или нескольких водопонижающих скважин с суммарным дебитом до 500 м ³ /ч.
II- сложные	Притоки подземных вод в карьер от 200 до 1000 м ³ /ч. Горные работы возможны при использовании средств глубокого дренажа для сокращения водоприток в карьер, для ограничения фильтрационных деформаций пород или обеспечения общей устойчивости бортов (за счет снижения напоров не вскрытых карьером водоносных пластов)	Приток подземных вод в карьер от 500 до 3000 м ³ /ч. Горные работы возможны при использовании глубинного дренажа для сокращения водоприток в карьер и обеспечения общей устойчивости бортов.
III – особо сложные	Приток подземных вод в карьер превышает 1000 м ³ /ч. Необходим дренаж нескольких водоносных горизонтов во вскрышной толще и в подошве карьера с применением водопонижающих скважин или подземного дренажного комплекса	Приток подземных вод в карьер превышает 3000 м ³ /ч. Для сокращения водопритока в карьер применяется глубинный дренаж – водопонижающие скважины или подземный дренажный комплекс

Таблица 2- Классификация по дренированности месторождений, разрабатываемых подземным способом (А.М.Гальперин)

Категория месторождений по условиям осушения шахтных полей	Характеристика гидрогеологических и инженерно-геологических условий эксплуатации шахт	
	Группа А - подземными горными выработками вскрываются песчаные и мягкие глинистые породы	Группа Б - подземными горными выработками вскрываются скальные породы, не склонные к размоканию и набуханию.
I - простые	Притоки подземных вод в	Притоки подземных вод в шахту не

	шахту не превышают 100 м ³ /ч. В почве и кровле выработок залегают надежные водоупоры – проведение подготовительных выработок не требует предварительного снижения напоров для предотвращения прорывов подземных вод	превышают 400 м ³ /ч. Мощность толщи слабопроницаемых пород вынимаемого пласта в 60-80 раз меньше мощности перекрывающей его слабопроницаемой толщи. Проведение подготовительных выработок и очистных работ не требует специальных дренажных мероприятий.
II - сложные	Притоки подземных вод в шахту от 100 до 500 м ³ /ч. Необходимо предварительное снижение напоров при проведении подготовительных выработок. При проведении очистных работ требуются дренажные мероприятия для предотвращения прорывов вод и песков с дебитами до 20 м ³ /ч.	Притоки подземных вод в шахту от 400 до 2000 м ³ /ч. Мощность толщи слабопроницаемых пород в кровле вынимаемого пласта превышает его мощность в 40-60 раз. При ведении очистных работ возможны прорывы подземных вод с дебитом до 100 м ³ /ч. При проведении подготовительных выработок и очистных работ выполняются дренажные мероприятия.
III – особо сложные	Притоки подземных вод в шахту превышают 500 м ³ /ч. Требуются специальные дренажные мероприятия при проведении подготовительных выработок и очистных работ мероприятия для предотвращения прорывов вод и песков с дебитами более 20 м ³ /ч. Для обоснования параметров систем дренажа требуется выполнение опытно-эксплуатационного водопонижения.	Притоки подземных вод в шахту превышают 2000 м ³ /ч. Мощность толщи слабопроницаемых пород в кровле вынимаемого пласта превышает его мощность в 30 - 40 раз. Выше этой толщи расположен водный объект. При проведении подготовительных выработок и очистных работ требуются специальные дренажные мероприятия для предотвращения прорывов с возможными дебитами более 100 м ³ /ч.

Контрольные вопросы:

1. Что понимается под гидрогеологическим строением месторождения полезных ископаемых?
2. Какие подземные воды можно отнести к рудничным или шахтным?

3. Какое влияние оказывают подземные воды на состояние горных выработок?
4. Охарактеризуйте природные факторы формирования режима рудничных вод.
5. Какие факторы формирования режима шахтных вод относятся к искусственным?
6. Гидрогеологические классификации месторождений полезных ископаемых
7. Типы обводненных месторождений

Список литературы

1. Гальперин А.М., Зайцев В.С., Харитоненко Г.Н, Норватов Ю.А. Геология. Часть III – Гидрогеология. Учебник для вузов. – М: « Мир горной книги». Издательство московского горного университета, издательство « Горная книга». 2009.- 400 с.
2. Мироненко В.А., Мольский Е.В., Румынин В.Г., Горнопромышленная гидрогеология. Учебник для вузов.- М.: Недра, 1989.- 287 с.

Глава 2 Гидрогеологические исследования месторождений полезных ископаемых для обоснования проекта осушения

2.1 Основные задачи гидрогеологических исследований

Гидрогеологические исследования в период разведки месторождения должны охарактеризовать степень обводненности месторождения, оценить возможное влияние подземных и поверхностных вод на условия ведения открытых горных работ, дать анализ возможных методов борьбы с этим влиянием и выявить источники водоснабжения. Для этого должны быть получены достоверные сведения по следующим основным вопросам:

- гидрогеологическое строение месторождения;
- данные о поверхностных водоемах и реках и об их связи с подземными водами;
- условия питания, разгрузки и взаимосвязи основных водоносных горизонтов;
- физические и водные свойства водоносных и водоупорных пород, а также возможные изменения механических свойств (прочности) под влиянием воды;
- уровенный режим водоносных горизонтов;
- фильтрационные параметры водоносных горизонтов, а в ряде случаев и относительных водоупоров;
- химизм вод;
- предполагаемая эффективность дренажных устройств.

2.2 Состав исследований и общий порядок их проведения

При разведке месторождения производятся специальные гидрогеологические исследования: гидрогеологическая съемка, гидрогеологическое бурение и гидрогеологические горные работы, лабораторные исследования водно-физических и механических свойств пород, режимные наблюдения, опытные полевые работы, балансово-гидрометрические исследования, аналитические расчеты и моделирование, гидрогеологический анализ данных по соседним месторождениям.

На проведение гидрогеологических исследований при разведке должен составляться специальный проект, основой для которого являются материалы ранее проведенных исследований. Они должны содержать:

- качественную характеристику основных водоносных горизонтов, условий их питания и разгрузки;
- ориентировочные значения фильтрационных параметров водоносных слоев;
- данные по режиму уровней подземных вод;
- данные о поверхностных водоемах и водотоках;
- сведения о физико-механических свойствах водоносных и водоупорных пород.

Проектируемые гидрогеологические исследования должны быть тесно увязаны с общим проектом геологической разведки, что позволяет свести к минимуму, а иногда вообще исключить дополнительные буровые и горнопроходческие работы гидрогеологической направленности. Эффективность намечаемых исследований будет максимальной в том случае, когда при их проектировании учитываются также принципиальные соображения о возможном способе отработки месторождения и о способе осушения. Это позволит сконцентрировать основные исследования на намечаемом участке первоочередного

вскрытия, а также выбрать оптимальные методы и объемы исследований. Так, если заранее известно, что вскрытие месторождения будет осуществляться не экскаваторами, а средствами гидромеханизации, это дает возможность резко сократить объемы специальных гидрогеологических исследований в период детальной разведки. Для месторождений со сложными гидрогеологическими условиями следует признать обязательной привязку гидрогеологических исследований в период разведки к предварительно намеченным принципиальным схемам отработки и осушения месторождения. Она позволит отказаться от дополнительных гидрогеологических исследований, необходимость в которых нередко возникает ввиду отсутствия у изыскателей представления о возможной принципиальной схеме осушения. При назначении состава и объема исследований, а также охваченной ими площади или глубины целесообразно, используя данные оценочных работ, отнести изучаемое месторождение к одному из выделенных типов по степени сложности:

- **тип I** - простые месторождения, требующие применения только локального дренажа малой производительности с водопритоком до 300 м³/час или кратковременного глубинного дренажа лишь в первые 1 -1,5 года, а также глубинный дренаж, которых может быть осуществлен весьма ограниченными средствами (несколькими водопонижающими скважинами);

- **тип II** - сложные месторождения, требующие постоянного или длительного применения глубинного дренажа достаточно высокой производительности (более 300 --- 500 м³ / час). Надежное проектирование дренажа может базироваться полностью на данных разведки без проведения опытно-эксплуатационного или опытного водопонижения;

- **тип III** - особо сложные месторождения, требующие постоянного дренажа высокой производительности (700 -1000 м³/ час и более), причем надежное проектирование дренажной системы может быть осуществлено лишь в результате проведения опытно-эксплуатационного или опытного водопонижения.

Состав исследований зависит от степени сложности гидрогеологических условий месторождения.

На месторождениях с простыми гидрогеологическими условиями проводятся:

- крупномасштабное гидрогеологическое обследование;
- гидрогеологические наблюдения в процессе бурения скважин;
- стандартные лабораторные испытания гранулометрического состава и основных водно-физических свойств пород по небольшому числу образцов;
- геофизические работы гидрогеологической направленности (в отдельных случаях);
- кратковременные наблюдения за уровнями подземных вод в отдельных разведочных скважинах и по редкой сети наблюдательных скважин, а также за режимом поверхностных вод;
- анализ химического и бактериологического состава подземных вод;
- пробные и одиночные опытные откачки или нагнетания (наливы).

На месторождениях со сложными гидрогеологическими условиями проводятся:

- крупномасштабная гидрогеологическая съемка;
- гидрогеологические наблюдения в процессе бурения скважин;
- бурение специальных гидрогеологических скважин (в отдельных случаях);
- съемочные и каротажные геофизические работы гидрогеологической направленности;

- полный комплекс лабораторных исследований водно-физических свойств пород, в том числе и специальных;
- регулярные режимные наблюдения за уровнями подземных вод в течение 1-1,5 лет по всем пригодным разведочным скважинам и по развернутой сети наблюдательных скважин, а также за режимом поверхностных вод;
- регулярное наблюдение за изменением химического и бактериологического состава подземных вод;
- пробные и одиночные откачки или нагнетания (наливы), а также кустовые откачки.

На месторождениях с особо сложными гидрогеологическими условиями проводятся исследования, аналогичные исследованиям на месторождения предшествующего типа, но, как правило, в больших объемах. Проведение опытно-эксплуатационного водопонижения является обязательным. Иногда оно может быть заменено опытным водопонижением, проводимым как завершающий этап детальной разведки.

При проведении гидрогеологических исследований в период детальной разведки целесообразно соблюдать последовательность их выполнения, начиная с работ, имеющих целью качественную проверку исходных предпосылок, и лишь затем, переходя к работам, которые ставят своей целью выяснение деталей гидрогеологического строения месторождения и количественную оценку его вскрытия.

На первых этапах исследований проводятся гидрогеологическая съемка, гидрогеологические и метеорологические наблюдения, геофизические исследования, стандартные лабораторные испытания и анализируются данные наблюдений за поведением промывочной жидкости при бурении; закладывается редкая сеть скважин для наблюдений за уровнями (если они не были пробурены в период предварительной

разведки), по которым проводится короткий цикл наблюдений. Одновременно с этим могут проводиться первые одиночные откачки в пределах площади месторождения, имеющие целью выяснение относительной обводненности слагающих месторождение пород, выявление зон с повышенной проводимостью и проверку величин коэффициентов фильтрации (проводимостей), заложенных в проект опытных работ. После предварительного анализа полученных материалов может проводиться основной объем одиночных откачек (или нагнетаний), геофизических, гидрогеологических работ и режимных наблюдений, по результатам которых с большей уверенностью оценивается сложность месторождения по условиям вскрытия и вновь уточняются методы и объемы дальнейших исследований. На заключительных этапах выполняют кустовые откачки, а также некоторые специализированные исследования, направленные на детализацию условий на конкретных, особо важных для составления расчетной гидрогеологической схемы участках (выделяемых по результатам работ на первых этапах).

Объемы гидрогеологических исследований, а также охватываемая ими площадь и глубина, первоначально намеченные в проекте детальной разведки, подлежат уточнению и корректировке в процессе производства работ. Это относится к опытным полевым работам. Результаты первых экспериментов, проведенных в начальной стадии детальной разведки, должны немедленно анализироваться, чтобы последующие эксперименты корректировались и осуществлялись с учетом всех ранее полученных данных. Такой подход позволит изучить гидрогеологические условия месторождения с необходимостью при минимуме исследований. Совершенно недопустима жесткая рекомендация в проекте детальной разведки объемов исследований и охваченной ими площади в соответствии с какой-либо стандартной

сеткой скважин: в каждом конкретном случае эти показатели будут меняться в зависимости от результатов анализа предшествующих этапов работ. В процессе исследований может выявиться нецелесообразность, а в ряде случаев и невозможность достаточно детального изучения гидрогеологических условий месторождения в период разведки. В этих условиях объемы гидрогеологических исследований могут быть значительно сокращены, а основной упор должен делаться на опытно-эксплуатационное водопонижение, а также на проведение наблюдений в период строительства и в первые годы эксплуатации карьера.

Если вблизи рассматриваемого месторождения имеются горные выработки или водозаборы, то в период детальной разведки в них должны осуществляться наблюдения.

2.3 Изучение гидрогеологического строения месторождения

Для изучения гидрогеологического строения месторождения проводятся крупномасштабная гидрогеологическая съемка, гидрогеологическое бурение, геофизические работы, гидрогеологические наблюдения в процессе бурения скважин различного назначения.

Гидрогеологическая съемка обычно должна осуществляться на месторождениях, относимых к категориям сложных и особо сложных. При сравнительно глубоком залегании основных водоносных горизонтов или при слабой расчлененности рельефа вместо детальной съемки может проводиться специализированное гидрогеологическое обследование. Обычно съемкой должна покрываться площадь месторождения и непосредственно прилегающая к нему территория. Для месторождений с простыми гидрогеологическими условиями

можно ограничиться гидрогеологическим обследованием лишь в пределах площади месторождения.

Отдельные участки на площади месторождения, имеющие особое значение для выявления условий питания подземных вод (например, поймы близлежащих рек), могут покрываться гидрогеологической съемкой масштаба 1: 5000 - 1: 10 000.

Таким образом, пополняются сведения, полученные посредством гидрогеологической съемки района в период поисково-оценочных работ. Основное внимание при этом обращается на литологию водоносных и водоупорных пород, характер их залегания, трещиноватость, закарстованность; оконтуривание выходов водоносных пород на поверхность, а также под реки и водоемы; состав и мощность покровных отложений; источники и другие водопроявления; реки, поверхностные водоемы, заболоченные участки, состав подстилающих русло пород.

Гидрогеологическая съемка на стадии разведки должна увязываться с геоморфологией участка работ, так как рельеф оказывает решающее влияние на сток атмосферных осадков, на питание водоносных горизонтов и на возможный приток в карьер ливневых вод. В пределы территории, охваченные съемкой, должна попасть вся область поверхностного стока, тяготеющая к карьере, шахте.

Гидрогеологическая съемка должна быть направлена на выяснение условий питания подземных вод.

Гидрогеологическое бурение включает в себя проходку скважин для опытных полевых работ и наблюдательных скважин режимной сети. Если на каких-либо участках изучаемой площади, представляющих интерес с точки зрения гидрогеологического строения, отсутствуют геологические (пройденные с отбором керна) и инженерно-геологические скважины, а бурение опытных или наблюдательных

скважин не предполагается, то на последних стадиях разведки необходимо предусмотреть бурение дополнительных (опорных) скважин специально для уточнения гидрогеологического строения на этом участке. Необходимость в таких дополнительных скважинах возникает лишь на месторождениях со сложными и особо сложными условиями, когда требуемая площадь гидрогеологического изучения превышает площадь, охваченную геологической разведкой. Однако иногда дополнительные скважины могут потребоваться и на разведанной площади - в неравномерно трещиноватых и закарстованных породах.

Проходка скважин сопровождается комплексом гидрогеологических и геофизических наблюдений. По окончании бурения обычно целесообразно провести опытную откачку.

Гидрогеологические наблюдения в процессе проходки гидрогеологических и разведочных скважин могут дать материал для уточнения гидрогеологического строения и для постановки опытных фильтрационных работ. Они включают в себя наблюдения за появлением и установлением уровня подземных вод, за поглощением промывочной жидкости, за температурой воды, проведение кратковременных пробных откачек, желонирований или наливов (в частности, с расходомерией) в моменты остановок при бурении. В практику исследований широко внедряется метод опережающего опробования, позволяющий ускорить проводимые операции и резко увеличить объем получаемой информации при вращательном бурении скважин на глинистом растворе. Методика наблюдений при бурении подробно описана в соответствующих руководствах.

При проведении наблюдений за уровнями подземных вод и за поглощением промывочной жидкости следует учитывать:

- в пористых и в мелкотрещиноватых водоносных породах при бурении с глинистым раствором происходит заиливание прискважинной зоны, и получаемые в этих случаях данные наблюдений за уровнями могут рассматриваться как достаточно надежные лишь при условии предварительной разглинизации путем прокачки скважины или свабирования;
- как правило, при разведочном бурении не производится надежной изоляции одного водоносного горизонта от другого, что также может существенно повлиять на результаты измерений;
- в природных условиях, при ненарушенном режиме фильтрации подземных вод, уровни смежных водоносных горизонтов нередко лишь незначительно отличаются друг от друга, так что разницу в уровнях можно уловить только в моменты резких возмущений в характере питания водоносных горизонтов (в период затяжных дождей, паводков и т. д.);
- следует учитывать возможное влияние на режим подземных вод соседних буровых установок и плохо затампонированных скважин, устанавливающих связь по вертикали изолированных в естественном состоянии водоносных горизонтов;
- результаты пробных откачек, наливов и желонирования, проводимых при бурении, имеют ограниченную ценность ввиду их кратковременности и могут использоваться для качественного сравнения отдельных участков.

Для уточнения гидрогеологических условий месторождений полезных ископаемых проводятся *геофизические исследования*. Наибольший эффект дает при этом электроразведка ввиду простоты применяемого оборудования и надежной интерпретации данных.

Геофизические работы, проводимые для решения гидрогеологических задач, разделяются на съемочные (обнаружение и прослеживание

тектонических нарушений и закарстованных зон, контактов водоносных и водоупорных пород) и каротажные (оценка степени обводненности пород и получение ориентировочных количественных характеристик водоносных горизонтов по скважинам).

Геофизической съемкой следует покрывать участки сложного геологического строения - для увязки имеющихся разрезов по скважинам и участки предполагаемого питания подземных вод - для детализации гидрометрических и гидрологических данных. Каротажные работы проводятся для уточнения положения водоносных и водоупорных слоев и изучения их фильтрационных свойств, как на геологоразведочных скважинах, так и на специальных гидрологических скважинах. Широкое применение находит метод расходомерии, позволяющий достаточно надежно охарактеризовать изменчивость водообильности толщ неравномерно трещиноватых и закарстованных пород, а также многослойных водоносных толщ.

Важный материал для изучения гидрогеологического строения месторождения дают также наблюдения за уровнями и химизмом подземных вод по наблюдательным скважинам, инженерно-геологические изыскания с проведением буровых и горных разведочных работ, а также лабораторных исследований физических и водных свойств пород, опытные (полевые) гидрогеологические работы. Сочетание всех вышеперечисленных методов исследований должно дать возможность составить достаточно ясное представление о гидрогеологическом строении месторождения; о водоносных и водоупорных слоях (зонах), их мощности и площадном распространении, о составе пород, о границах водоносных горизонтов (в том числе и об их выходах под реки и поверхностные водоемы), о наличии крупных «окон» в водоупорных слоях, о мощности и составе

покровных отложений, о распространении отдельных зон повышенной обводненности.

Глубина изучения гидрогеологического строения месторождения не совпадает с глубиной залегания почвы пласта полезного ископаемого, а должна превышать ее.

При проектировании детальной разведки глубина изучения гидрогеологического строения назначается таким образом, чтобы изучением были охвачены водоносные слои лежащего бока, непосредственно подстилающие полезное ископаемое или отделенные от него водоупором относительно небольшой мощности, который не может предотвратить прорыв воды в карьер или исключить влияние водоносного горизонта на устойчивость бортов карьера. Необходимые количественные оценки возможного влияния водоносного горизонта на устойчивость могут быть проведены по данным предварительной разведки. После первых этапов детальной разведки намеченная таким образом глубина исследований уточняется.

В период разведки должны изучаться все водоносные горизонты лежащего бока независимо от степени их водообильности.

Если вмещающие полезное ископаемое трещиноватые породы не имеют фиксированного нижнего водоупора, то глубина изучения гидрогеологического строения в первом приближении совпадает с глубиной геологического изучения месторождения, т. е. с глубиной геологического бурения. При этом особенно важно проследить, как меняются трещиноватость и проницаемость с глубиной. После получения первых оценок фильтрационных параметров может потребоваться уточнение первоначально намеченной глубины исходя из рассчитанной (или определенной моделированием) глубины активной зоны фильтрации.

Если разведочные геологические скважины не обеспечивают получение необходимой информации о водоносных слоях (зонах), лежащих ниже пласта полезного ископаемого, то такая информация может быть получена по инженерно-геологическим скважинам режимной сети.

Необходимая площадь изучения зависит от границ области фильтрации, которые определяются границами самого водоносного горизонта (фациальное выклинивание водоносных пород, выход их на поверхность, размыв и т. п.), контуром обеспеченного питания водоносного горизонта и контуром, ограничивающим площадь рассредоточенного питания водоносного горизонта (например, за счет перетекания).

Изучение гидрогеологического строения может ограничиваться площадью месторождения, исследуемой в процессе геологической разведки полезного ископаемого лишь на месторождениях с простыми гидрогеологическими условиями.

На сложных и особо сложных месторождениях площадь изучения гидрогеологического строения должна распространяться до границ области фильтрации, если они выделяются по данным поисково-оценочных работ с достаточной достоверностью.

Во всех случаях, когда требуется необходимая площадь изучения гидрогеологического строения района выходит за пределы площади месторождения, исследуемой в процессе геологической разведки полезного ископаемого, следует предусмотреть бурение дополнительных гидрогеологических скважин.

Необходимое число дополнительных скважин должно примерно соответствовать намеченному для данной площади числу наблюдательных скважин режимной сети и опытных скважин. После первых этапов разведки и анализа материалов площадь, подлежащая

изучению, уточняется, и намеченное число дополнительных гидрогеологических скважин и корректируется.

На месторождениях с большой площадью распространения полезного ископаемого, которые намечаются к разработке несколькими очередями, допустимо ограничить детальное изучение гидрогеологического строения участком первоочередного вскрытия.

Гидрогеологическое строение месторождения, наряду с обычно принятыми геологическими картами и разрезами, характеризуются следующей документацией:

- карты изомощностей водоносных горизонтов в пределах площади, подлежащей изучению;
- карты изомощностей водоупорных пород с выделением гидрогеологических «окон»;
- карты изогипс кровли водоупорного ложа с выделением всех значительных понижений;
- карты распространения и мощностей водоносных и водоупорных комплексов, приуроченных к трещиноватым породам, с выделением зон повышенной трещиноватости (водообильности) и закарстованности;
- карты изомощностей покровных отложений с нанесением участков выхода водоносных пластов на поверхность или под реки, водоемы, балки и т. д.;
- гидрогеологические разрезы;
- карты гидроизогипс (гидроизопьез).

2.4 Основные фильтрационные параметры, определяемые опытными работами

К основным фильтрационным параметрам, определяемым опытными работами, относятся: коэффициент фильтрации k или проводимость km , водоотдача μ , упругая водоотдача μ^* , коэффициенты

уровнепроводности a и пьезопроводности a^* , параметры перетекания ζ , b и параметр, характеризующий сопротивление ложа реки или водоема ΔL .

Величина коэффициента фильтрации в однородных рыхлых и мягких связных породах определяется их активной пористостью. Так как при откачке эффективные напряжения возрастают и пористость уменьшается, то коэффициент фильтрации при откачке должен снижаться. Однако на практике этими изменениями обычно можно пренебречь. Более существенными являются изменения коэффициента фильтрации в призабойной зоне скважин, происходящие в результате кольтматации или суффозии.

В твердых трещиноватых породах, где коэффициент фильтрации определяется в основном степенью развития и характером трещиноватости, его расчетная величина существенно зависит от площади поперечного рассматриваемой части потока подземных вод: чем больше неоднородность пород по степени трещиноватости, тем больше должна быть расчетная площадь потока в зоне влияния опытных работ. Особенно важно учитывать это обстоятельство при исследовании проницаемости массивов твердых пород, разбитых редкими тектоническими трещинами большой протяженности, так как расход потока, следовательно, и расчетный коэффициент фильтрации зависят в основном от числа и расположения именно крупных трещин (расход пропорционален третьей степени величины раскрытия трещины).

В закарстованных породах величины коэффициентов фильтрации, получаемые опытными работами, являются наиболее условными. Проницаемость карстового массива определяется главным образом пропускной способностью наиболее крупных каналов, поэтому рассчитанные по результатам опытов величины коэффициента

фильтрации будут резко меняться в зависимости от того, насколько близко расположена опытная скважина к одному из таких каналов. Интерпретация опыта существенно осложняется еще и тем, что фильтрация в крупных каналах подчиняется законам трубной гидравлики. Иногда коэффициент фильтрации может меняться в процессе откачки в результате перемещения заполнителя карстовых каналов и пустот. По этим причинам во многих случаях оценка проницаемости закарстованных пород может быть достаточно надежной лишь в результате проведения мощных опытных откачек, близко по своим условиям к эксплуатационным. Для карстовых массивов ограниченной протяженности основное значение приобретает не детальное определение проницаемости, а оценка статических запасов и суммарного питания на площади массива.

При оценке коэффициента фильтрации слоистых и трещиноватых пород необходимо иметь в виду анизотропию их проницаемости, которая может оказать решающее влияние на результаты опытных работ.

В глинистых слабофильтрующих породах коэффициент фильтрации особенно важно устанавливать для оценки связи водоносных горизонтов между собой и с возможными источниками питания (за счет поверхностных и атмосферных вод).

Водоотдача - основной параметр, характеризующий статические запасы подземных вод в условиях безнапорной фильтрации, является величиной, зависящей от времени дренирования и скорости снижения уровня. После снижения уровня безнапорного водоносного горизонта над депрессионной кривой в породе остается часть гравитационной воды, процесс стекания которой растягивается во времени. Аналогичное явление может возникнуть в неоднородно трещиноватых и особенно закарстованных породах: наиболее быстро здесь отдают воду крупные трещины или каналы, а стекание воды из более мелких трещин или

каналов отстает во времени. Иногда вода может вообще «консервироваться» в отдельных тупиковых каналах.

Ориентировочные значения водоотдачи для песчано-гравийных отложений можно принимать по табличным данным (табл.3). Для твердых полускальных пород водоотдача определяется в основном трещиноватостью (кавернозностью), хотя для некоторых пород (например, песчаников и мелов), большое значение имеет вода, заключенная в порах. Обычно величина водоотдачи трещиноватых полускальных пород не превышает 0, 01, но для некоторых сильно закарстованных карбонатных пород и для интенсивно трещиноватых углей она может достигать 0, 03 - 0, 05 и даже 0, 1.

*Таблица 3 - Параметры водоотдачи несвязных грунтов
(по В.Д. Ломтадзе)*

Название грунта	Водоотдача, %	Коэффициент водоотдачи
Гравий	95-98	0.30-0.35
Пески: Крупные	80-95	0.25-0.35
Средней крупности	65-80	0.20-0.25
Мелкие	50-65	0.15-0.20
Пылеватые	30-50	0.10-0.15

Породы глинистого состава, нередко классифицируемые по проницаемости как относительный водоупор, могут содержать большие запасы воды, частично «срабатываемые» при откачке. Это должно учитываться при производстве опытных работ и обработке их результатов. В частности, именно поступлением воды из водоупорных слоев часто объясняется быстрое достижение квазиустановившегося режима фильтрации при опытных откачках в безнапорных водоносных горизонтах двухслойного строения.

Величина водоотдачи чаще входит в фильтрационные расчеты не непосредственно, а через коэффициент уронепроводности.

Упругая водоотдача характеризует упругие запасы водоносных толщ и связана со сжимаемостью пород и воды. Для песчаных и многих твердых пород эта величина оказывается обычно на несколько порядков ниже, чем величина водоотдачи. Однако твердые породы с высокой пористостью (например, мел) могут отдавать большие объемы воды в результате сжатия под возникающими при откачке депрессионными нагрузками. Такая «принудительная» водоотдача, обусловленную трещиноватостью указанных пород. В глинистых водоупорных породах упругая водоотдача может измеряться величинами, превышающими на несколько порядков упругую водоотдачу водоносных пород. Упругая водоотдача обычно входит в фильтрационные расчеты не непосредственно, а через коэффициент пьезопроводности.

Коэффициент уровнепроводности является расчетным параметром неустановившейся безнапорной фильтрации.

Коэффициент пьезопроводности характеризует упругий режим фильтрации и является аналогом коэффициента уровнепроводности для условий неустановившейся фильтрации в напорных водоносных пластах.

Коэффициент пьезопроводности зависит от понижения уровня подземных вод и времени дренирования.

Параметры перетекания характеризуют взаимосвязь водоносных горизонтов, разделенных слабопроницаемым слоем, а также упругие запасы последнего.

Для характеристики гидравлической взаимосвязи водоносных горизонтов в фильтрационных расчетах используются два показателя: параметр неустановившегося перетекания $b = k_0/(m_0\mu)$ и параметр установившегося перетекания $\varepsilon = k_0/(m_0k \mu)$, называемый иногда коэффициентом связи (k_0 и m_0 - коэффициент фильтрации и мощность слабопроницаемых пород; m - мощность водоносных пород).

Сопротивление ложе реки (водоема) принято характеризовать расчетным параметром, определяемым из условия, что участок длиной Δl в рассматриваемом водоносном слое (гидравлически связанном с рекой) будет эквивалентен в фильтрационном отношении породам, образующим ложе реки (на единицу ширины фильтрационного потока). Этот параметр целесообразно определять в тех случаях, когда в предполагаемую зону влияния водопонижения попадает река (водоем), отделенная от рассматриваемого грунтовых вод комплексом относительно слабопроницаемых пород.

2.5 Виды опытных гидрогеологических работ и методы их проведения

Определение фильтрационных параметров в период разведки месторождения наиболее надежно осуществляется опытными полевыми работами, среди которых основное значение имеют откачки или выпуски, меньшее нагнетания, наливывы, опыты с индикаторами, геофизические опытные работы.

2.5.1 Опытные откачки

Преимущество откачек перед другими видами опытных работ состоит в том, что они наиболее близко моделируют процесс осушения под влиянием карьерного водоотлива. При откачке выносятся мелкие фракции из грунта, так что, если и имеется изменение фильтрационных свойств пород в процессе опыта, то оно идет в запас. Часто к тому же откачку предпочитают по соображениям технического характера.

Опытные откачки в зависимости от числа опытных скважин, продолжительности и объема затрат разделяют на одиночные, кустовые и опытно-эксплуатационные.

Одиночные откачки относительно кратковременные, они дают обычно лишь ориентировочные сведения о фильтрационных свойствах (проводимости) водоносных горизонтов. Результаты таких откачек зависят от сопротивления фильтра и прифильтровой зоны, степени вскрытия водоносного горизонта, неравномерности работы насоса.

Одиночные откачки в период разведки следует использовать для сравнительного опробования водоносных слоев по величине удельного дебита и для ориентировочной оценки проводимости.

Кустовые откачки позволяют решить значительно больший круг задач и с большей точностью. Кустовая откачка (и опытное водопонижение) - наиболее надежный метод исследований фильтрационных свойств пород в период детальной разведки, основной метод определения исходных расчетных параметров.

Для мощных комплексов трещиноватых или закарстованных пород (с целью выяснения изменения проницаемости с глубиной), а также для водоносных горизонтов, состоящих из двух-трех мощных слоев, могут применяться поинтервальные откачки. Наиболее надежные результаты такие откачки дают при проведении их по мере углубления центральной скважины в процессе бурения. Целесообразно при этом проводить бурение центральной скважины после проходки пробной (наблюдательной) скважины.

Центральная скважина должна быть, как правило, совершенной и по возможности конструктивно подобной намечаемым эксплуатационным скважинам.

Лишь в однородных изотропных пластах сравнительно большой мощности m (более 12 - 15 м) могут применяться несовершенные

скважины, длина фильтра которых должна превышать величину (0,1 - 0,2) *m*. Несовершенные скважины используются и при опробовании комплексов трещиноватых пород, в которых отсутствует фиксированный нижний водоупор. В этих условиях желательно принимать длину рабочей части скважины, равной ориентировочной мощности активной зоны, т. е. той зоны, из которой будет поступать 80 - 90% притока к скважине (определяется расчетом или моделированием по данным предварительной разведки или по первым данным детальной разведки).

При опробовании отдельных слоев двух-трехслойного водоносного горизонта фильтр устанавливается в середине опробуемого слоя.

При проведении зональных откачек наблюдательные скважины должны иметь короткие фильтры, устанавливаемые на ряде отметок по высоте (в разных скважинах).

Качество наблюдений решающим образом зависит от изоляции водоносных слоев вдоль ствола наблюдательной скважины.

Наблюдательные скважины при кустовой откачке располагаются на площади предполагаемого развития депрессионной воронки, в пределах той ее зоны радиуса, где ожидаемое расчетное понижение, определенное по данным поисково-оценочных работ или по первым данным разведки, превышает 20 - 30 см (при времени, равном намечаемой продолжительности откачки).

Во всех случаях, когда можно ожидать существенного искажения уровня в центральной скважине за счет дополнительного сопротивления прифилтровой зоны, целесообразно иметь затрубную наблюдательную скважину.

Число наблюдательных скважин, проходимых на опробуемый водоносный комплекс, намечается в зависимости от степени однородности слагающих его пород (в плане). Для оценки параметров

перетекания необходимо оборудовать парные наблюдательные скважины - на основной и взаимодействующий горизонты. Однако при необходимости учета неоднородности или фильтрационной анизотропии пород (например, трещиноватых или закарстованных) в зоне влияния откачки, а также при постановке откачки с целью оценки проницаемости на границе пласта (сброс, река, с закольцованным руслом и т. п.) опыт должен проводиться не менее чем при 4 - 6 наблюдательных скважинах, расположенных по двум взаимно перпендикулярным лучам. При заранее установленных границах неоднородности (или главных направлениях анизотропии) один из этих лучей следует располагать параллельно границе (или по главному направлению анизотропии).

При производстве мощных откачек большой продолжительности (несколько десятков суток) число наблюдательных скважин и наблюдательных лучей может быть и большим. В водоносном горизонте (комплексе) сложного строения при наличии тектонических зон, «окон», участков выклинивания наблюдательные скважины должны располагаться таким образом, чтобы учесть специфичность условий на всех участках, попадающих в зону влияния откачки. Для этого желательно использовать все существующие или намеченные к бурению скважины, пригодные для производства наблюдений и попадающие в зону влияния. При отсутствии таковых должны проходиться специальные наблюдательные скважины, которые впоследствии могут быть использованы для режимных наблюдений.

Для контроля естественных колебаний уровня подземных вод за период проведения откачки целесообразно использовать наблюдательную скважину, расположенную за пределами зоны влияния откачки.

Оборудование открытых наблюдательных пьезометров на слои слабопроницаемых глинистых пород не рекомендуется ввиду низкой

точности результатов. Надежные замеры в таких породах могут дать лишь скважины, оборудованные специальными датчиками.

Режим откачки. При проведении откачек, особенно одиночных, целесообразно обычно ориентироваться на режим заданного дебита скважины, равного номинальной подаче насоса. Следует считать обязательным прослеживание процесса восстановления уровня по прекращении работы насоса.

Надежность и ценность сведений, получаемых при откачке, существенно зависит от величины дебита. При малодебитной откачке ни число наблюдательных скважин, ни продолжительность откачки не компенсируют ничтожности влияния ее на природную обстановку, а это резко снижает точность опыта. Поэтому в условиях весьма водообильных водоносных горизонтов следует вести откачку из нескольких скважин, оборудованных достаточно мощными насосами. Впоследствии эти скважины могут использоваться в целях осушения.

Подача насоса должна назначаться с учетом всех имеющихся данных.

Кустовые откачки при нескольких понижениях могут быть признаны целесообразными лишь в относительно редких специальных случаях; например, при изучении зависимости «дебит - понижение» в целях оценки сопротивления прифилтровой зоны, при отдельном изучении проницаемости двухслойного пласта или комплекса трещиноватых и закарстованных пород с убывающей по (глубине) проницаемостью.

Одиночные откачки при двух понижениях могут рекомендоваться во всех тех случаях, когда основной задачей откачки является получение графика «дебит - понижение».

При ступенчатом изменении дебита (или понижения) в процессе откачки обычно наиболее целесообразно по возможности начинать откачку с больших величин дебитов (понижений). При этом

необходимо начинать новую ступень откачки после восстановления уровня, сниженного при проведении предшествующей ступени.

Продолжительность откачки. Кратковременное испытание, длительность которого находится в рамках резко неустановившейся фильтрации, трудно с достаточной надежностью интерпретировать из-за того, что определяющими при таком опыте являются не параметры водоносного горизонта в целом, а свойства прискважинной части этого горизонта, которая обычно претерпевает в процессе бурения и подготовки откачки наибольшие изменения состава и состояния, (вынос мелких фракций при промывке, кольматация при бурении) из-за недостатков обычно применяемых методов обработки откачки.

Продолжительность откачки не может быть стандартизована и должна назначаться с учетом уже имеющихся данных. Понижения уровня подземных вод в наблюдательных скважинах должна превышать 20 - 30 м, причем эти понижения должны быть, как минимум, в 7 -10 раз больше, чем естественные колебания уровней в период откачки. По ходу производства опыта предварительно намеченная продолжительность его уточняется по данным наблюдений за уровнями в центральной (при одиночной откачке) и наблюдательных скважинах. Опыт продолжается до достижения достаточно надежного результата.

Уменьшение скорости понижения в наблюдательной или центральной скважине до величин близких к погрешности замера, в общем случае отнюдь не является признаком достижения установившегося режима фильтрации и, следовательно, не может служить показателем для прекращения откачки. Лишь в тех случаях, когда уровни в течение 5 - 10 часов колеблются с небольшими отклонениями (порядка 1 -2 см) около некоторой средней величины, движение может считаться установившимися.

Продолжительность кустовой откачки даже в простейших случаях, когда требуется определить только коэффициент фильтрации или проводимость, может иногда достигать 3 - 5 суток и более (минимальная продолжительность - 1 - 2 суток) при производстве мощных кустовых откачек (с большими дебитами), а также при необходимости надежного изучения коэффициентов уровнепроводности (пьезопроводности) или перетекания она может возрасти до нескольких недель.

Исключением являются откачки, проводимые вблизи контуров обеспечения питания.

Повышенную длительность должны иметь откачки, проводимые в массивах закарстованных пород, так как большие статические запасы в сочетании со сравнительно малыми уклонами депрессионной кривой часто приводят к завышению расчетной проводимости при интерпретации кратковременных откачек.

Экспресс-методы могут применяться лишь для качественного опробования водоносных слоев и мало пригодны для надежного определения фильтрационных параметров

Замеры уровней при откачке должны проводиться с постепенно убывающей частотой, начиная с одного замера за 5 - 10 мин и кончая одним замером за 5 - 10 часов. При наблюдении за восстановлением уровня первоначальные отсчеты должны проводиться через 0, 5 - 1 мин.

Опытно-эксплуатационное водопонижение целесообразно проводить на месторождениях со сложными гидрогеологическими условиями, когда материалы детальной разведки оказываются недостаточными для выбора схемы осушения месторождения. Опытно-эксплуатационное водопонижение может оказаться полезным на месторождениях с неясными условиями на границах водоносных пластов (река с заиленным руслом), при нескольких взаимодействующих водоносных горизонтах с

высокой водообильностью, в неравномерно трещиноватых или закарстованных породах.

Опытно-эксплуатационное водопонижение осуществляется по специальному проекту в увязке с дренажными работами на участке первоочередного вскрытия месторождения. Число водопонижающих и наблюдательных скважин, продолжительность и интенсивность водопонижения оцениваются предварительным расчетом. Продолжительность и интенсивность водопонижения уточняются по результатам наблюдений. Обычно продолжительность должна быть не менее 3 - 6 месяцев.

2.5.2 Опытные нагнетания и наливы

Нагнетания могут использоваться для изучения фильтрационных свойств трещиноватых пород. Они дают возможность дифференцированно оценить водопроницаемость вскрываемой скважиной толщи.

Наливы проще нагнетаний с точки зрения их проведения, однако, данные по наливам характеризуют проницаемость толщи пород лишь суммарно и для расшифровки результатов требуется большой объем дополнительных наблюдений.

Стандартные нагнетания и наливы в одиночные скважины обычно могут, в какой-то степени, заменить лишь одиночные откачки трещиноватых породах, особенно при большой глубине откачки или при невозможности добиться заметного понижения имеющимся насосным оборудованием.

Более надежные результаты могут дать длительные нагнетания и наливы. При длительных нагнетаниях с допустимо большими напорами материал, кольматирующий трещины и поры, подвергается суффозии,

разносится на значительные расстояния и эффект промывки нагнетанием приближается к эффекту промывки откачкой. Для повышения точности результата максимальные напоры при таких нагнетаниях не должны существенно превышать глубину залегания почвы опробуемого материала.

Кустовые нагнетания и наливы при условии их достаточной продолжительности дают точность, близкую к точности кустовых откачек.

Самостоятельное значение наливов и нагнетания приобретают при оценке проницаемости пород в зоне аэрации. С помощью наливов должна изучаться проницаемость покровных отложений. Полученные значения проницаемости должны быть откорректированы с учетом заземленного воздуха в породе. Для этого после налива должен обязательно проводиться контрольный отбор ненарушенных образцов пород при бурении для определения их влажности.

Следует обратить внимание на влажность кратковременных наливов в периоды остановок при бурении скважин. Это помогает уточнить положение водоносных горизонтов и их уровни, а также качественно оценить водообильность пород.

Наливами может приближенно оцениваться сопротивление призабойной зоны скважины.

2. 5. 3 Геофизические исследования

Резистивиметрические и термометрические опробования скважин позволяют выделить проницаемые и водоупорные слои и количественно охарактеризовать их проницаемость. Опыты основаны на улавливании различий электрических свойств или температуры природных подземных вод и воды, подаваемой с поверхности в скважину.

В неравномерно трещиноватых и закарстованных породах, а также в многослойных водоносных толщах хорошие результаты дает применение метода расходомерии.

Опыты с запуском индикаторов дают наиболее надежные результаты в породах с высокой проводимостью, при больших скоростях движения воды. Эти опыты являются вспомогательными исследованиями, позволяющими проследить пути фильтрации, что особенно важно для карстовых массивов. Самостоятельное значение они приобретают при необходимости изучения действительных скоростей фильтрации и уточнения пористости (скважности) фильтрующих пород.

2.5.4 Объемы опытных гидрогеологических работ

Опытные работы проводятся в пределах намеченных глубины и площади изучения гидрогеологического строения месторождения.

Кустовые откачки следует проводить вблизи предполагаемого участка первоочередного вскрытия, если его можно наметить по результатам предварительной разведки. В противном случае они приурочиваются к наиболее характерным участкам в пределах площади месторождения, намечаемой к разработке (участки максимальной и средней проводимости). Кроме того, кустовые откачки следует проводить вблизи намеченных границ водоносного горизонта (реки, крупные тектонические нарушения и т. п.), находящихся в пределах площади месторождения или в непосредственной близости от него, если характер условий на этой границе не установлен с необходимой достоверностью и не может быть выявлен посредством режимных наблюдений.

Окончательному определению мест проведения кустовых откачек должно предшествовать опробование водоносного горизонта с помощью одиночных откачек или нагнетаний в трещиноватых породах.

Поэтому основной объем кустовых откачек должен проводиться на последних стадиях гидрогеологических исследований.

На остальной (не охваченной кустовыми откачками) части площади, подлежащей изучению, достаточно ограничиться проведением более простых и дешевых видов опытных работ: одиночных откачек, нагнетаний (в трещиноватых породах), наливов (для изучения проницаемости покровных отложений), геофизических опытных работ.

Первоначально ориентировочные объемы опытных работ на каждый водоносный горизонт могут проектироваться в зависимости от величины условного притока и площади, подлежащей изучению, в соответствии с табл. 4.

Таблица 4 – Число скважин и откачек в зависимости от степени сложности месторождения и условных притоков

Степень сложности месторождения	Условные притоки, м ³ /ч	Число одиночных скважин на 1 км ² при опробуемой площади, км ²			Общее число кустовых откачек
		< 3-5	5-15	< 15	
Простые	<200	0,5-0,7	0,3- 0,5	0,2- 0,3	1-2 2-3
	200-400	0,7-1,2	0,5- 0,7	0,3- 0,5	
	>400	1,2-1,5	0,7-1,2	0,5- 0,7	
Сложные	200 – 700	1,2-1,5	0,7-1,2	0,5-0,7	2-3
	700 -2000	1,5-2,0	1,2 -1,5	0,7-1,2	3-4
	>2000	2,0-3,0	1,5-2,0	1,2-1,5	3-4 и мощная кустовая откачка*
Особо сложные	>1000	2,0 -3,0	1,5 - 2,0	1,2 – 1,5	ОВ или ОЭВ**

*Продолжительность мощной кустовой откачки – 1-2 месяца

**Опытное водопонижение или опытно-эксплуатационное водопонижение

Выделенные водоносные горизонты опробуются опытными работами обособленно, в том числе, при необходимости, и водоносный горизонт, подстилающий полезное ископаемое.

2. 6 Стационарные режимные наблюдения

Режимные наблюдения проводятся с целью уточнения разделения толщи на отдельные горизонты, изучения режима уровней, химического состава, а также условий питания и стока подземных вод. При этом собственно гидрогеологические наблюдения должны сочетаться с метеорологическими и гидрологическими наблюдениями.

Наблюдения за уровнями подземных вод проводятся в специальных наблюдательных скважинах, которые оборудуются на выделенных в период предварительной разведки водоносных горизонтах.

На месторождениях выделяют один-два главных водоносных горизонта с наибольшим притоком воды или которые оказывают максимальное влияние на гидрогеологическую обстановку в районе месторождения. На эти горизонты оборудуется наибольшее число наблюдательных скважин. Если выделение главных горизонтов затруднительно, то можно в качестве первого ориентира рекомендовать проектирование наблюдательных скважин на все те водоносные горизонты, условный приток из которых в карьер, приближенно подсчитанный по результатам предварительной разведки, превышает 100 -200 м³/ час для рыхлых несвязных пород или 300 - 400 м³/ час для водоустойчивых трещиноватых пород. Оборудование наблюдательных скважин на первый от поверхности водоносный горизонт обязательно во всех случаях, поскольку площадное питание подземных вод инфильтрующимися осадками оказывает наибольшее влияние на колебания уровней грунтовых вод. Наблюдениями необходимо обязательно охватывать водоносный горизонт, непосредственно подстилающий полезное ископаемое или отделенный от него водоупором относительно небольшой мощности.

Необходимое число скважин на основной водоносный горизонт в пределах намеченной площади можно регламентировать лишь весьма приближенно. При выдержанности водоносного горизонта по простиранию и при отсутствии тектонических нарушений, разбивающих водоносную толщу на гидравлически изолированные по площади блоки, для ориентировочных оценок можно рекомендовать оборудование скважин по двум взаимно перпендикулярным направлениям в количестве, примерно отвечающим табл. 5

При частом выклинивании водоносных слоев или при наличии гидравлически изолированных блоков число скважин на площади отработки может быть увеличено 25 - 30 %. Если в пределы площади наблюдений попадают реки, крупные тектонические нарушения или другие граничные участки области фильтрации, то вблизи них должны также оборудоваться наблюдательные скважины, причем, если характер условий на границе вызывает сомнения, то скважины должны располагаться по обе стороны от нее.

Таблица 5- Рекомендуемое общее число наблюдательных скважин в зависимости от условий притока

Условный расчетный приток, м ³ /ч	Рекомендуемое общее число наблюдательных скважин					
	на площади, подлежащей отработке, км			за пределами площади, подлежащей отработке, км ²		
	<3-5	5-15	>15	<3	5-15	>15
< 200	2	4	6	-	-	-
200 -300	4	6	8	2	4	6
300 -700	6	8	10	4	6	8
700 -2000	8	12	16	6	8	10
>2000	12	16	20	8	12	16

Для прочих водоносных горизонтов, подлежащих наблюдениям, можно в первом приближении ограничиться 2 - 4 наблюдательными скважинами на площади, намечаемой к отработке.

Запроектированное число наблюдательных скважин должно уточняться по данным первых этапов детальной разведки. В целом не следует

опасаться завышения числа скважин, так как они могут быть использованы для наблюдений в период строительства и эксплуатации карьера.

Для наблюдений могут использоваться как соответствующим образом оборудованные разведочные скважины, так и специально проходимые гидрогеологические скважины, а также скважины наблюдательной сети действующих шахт и карьеров. Основное требование к оборудованию наблюдательной скважины --- сохранение естественных условий фильтрации в районе самой скважины и, главное, недопущение перетекания по стволу скважины при оборудовании на отдельные водоносные горизонты. Для этого целесообразно в водоносных горизонтах достаточно большой (более 4 -5 м) мощности сократить до разумного минимума приемную часть наблюдательной скважины (фильтр длиной 2 - 3 м). Кроме того, необходим тщательный тампонаж нерабочей части. Только в этом случае скважина будет характеризовать напор, зависящий в случае плохой изоляции по стволу скважины от условий перетока между смежными водоносными горизонтами. Поэтому при включении в наблюдательную сеть геологоразведочных скважин, не оборудованных соответствующим образом, следует относиться к их показаниям достаточно осторожно.

На ряде месторождений частое переслаивание пород настолько затрудняет их расчленение на водоносные и водоупорные слои, что их обычно рассматривают как единый комплекс. В подобных случаях следует оборудовать часть наблюдательных скважин на несколько (3-4) условных отметок по высоте разреза, а другую часть - на весь водоносный комплекс. Иногда допускается использование наблюдательных бесфильтровых скважин на весь комплекс вскрытых водоносных пород.

Для контроля надежности работы наблюдательных скважин целесообразно проводить периодические замеры их глубины, а также пробные наливки в них жидкости или откачки, желонирования с целью выявления возможной глинизации фильтра.

Частота замеров уровней должна соответствовать амplitудам и скоростям их колебаний, поскольку важно зафиксировать как абсолютные максимумы и минимумы графика колебаний уровня, так и характер поведения уровней в меженный период. Замеры уровней по скважинам должны проводиться не реже 2 - 3 раз в месяц, а в периоды паводков, снеготаяния и интенсивных дождей - через каждые 3 - 5 дней. Это позволяет достаточно надежно установить связь колебаний уровней с климатическими факторами: количеством осадков, величиной поверхностного стока, атмосферным давлением и т. д. Погрешность замера уровней обычно не должна превышать 1 - 2 см.

Основной характеристикой уровней подземных вод следует считать их отметки (абсолютные или относительно условной плоскости), от которых можно перейти и к глубинам залегания уровня, и к напорам. Величина напора подземных вод, относимая обычно к кровле водоносного горизонта, дает стабильную характеристику только в случае ровной горизонтальной кровли в пределах участка и является, поэтому довольно условной величиной.

В случае, когда минерализация вод отдельных горизонтов существенно различна или замер производится в буровом глинистом растворе, а также при значительных глубинах залегания водоносного горизонта необходимо осуществлять приведение напора с учетом удельного веса жидкости. В частности, этот фактор весьма существенен при оценке связи по вертикали двух водоносных горизонтов с различной минерализацией подземных вод.

Результаты наблюдений за уровневый режимом представляются в виде карт гидроизогипс (гидроизопьез) каждого из выделенных водоносных горизонтов, графиков колебаний уровней и таблиц замеров уровней и таблиц замеров уровней по наблюдательным скважинам и разведочным выработкам (с проведением геотехнического разреза этих выработок).

Результаты замеров уровней в наблюдательных скважинах в сочетании с результатами опытных работ могут быть использованы для оценки или уточнения фильтрационных параметров водоносных пластов, а также условий питания и разгрузки водоносных горизонтов. Таким образом, могут быть определены: соотношение коэффициентов фильтрации отдельных зон, инфильтрационное питание, коэффициенты уровнепроводности и пьезопроводности, сопротивление дна реки или водоема, коэффициента связи.

Соотношение коэффициентов фильтрации отдельных зон области фильтрации оценивается по лентам тока, выделенным на карте изогипс. Если в пределах ленты примерно вдоль ее осевой линии располагается створ наблюдательных скважин, то, используя результаты замеров уровней в период отсутствия инфильтрации и относительно стабильного положения депрессионной поверхности, можно получить:

$$(km)_{1-2} / (km)_{2-3} = (J_{2-3} b_{2-3}) / (J_{1-2} b_{1-2}), \quad (1)$$

где, J - уклон потока;

b - ширина ленты тока;

$1, 2, 3$ - номера наблюдательных скважин.

Формулой можно пользоваться при отсутствии перетекания из смежных водоносных горизонтов.

Если величина проводимости на каком-либо участке определена опытными работами, то проводимость смежного участка определяется по этой формуле.

Инфильтрационное питание безнапорного горизонта может быть оценено (при известных проводимостях) по формуле:

$$\varepsilon = 2 + \frac{(bkmJ)_{1-2} - (bkmJ)_{2-3}}{(\Delta x b)_{1-2} + (\Delta x b)_{2-3}} \quad (2)$$

где, Δx – расстояние между скважинами

В целом режимные наблюдения, проводимые при разведке месторождений, имеют ограниченную ценность, так как ввиду отсутствия значительных возмущений в потоке подземных вод и невозможности непосредственных замеров расхода потока точность результатов нередко оказывается низкой. Поэтому, учитывая возможность определения ряда показателей опытными работами, следует признать, что наиболее важные результаты режимные наблюдения дают для определения инфильтрационного питания - особенно в условиях закрытых гидрогеологических структур и сопротивления дна реки или водоема. При большом числе наблюдательных скважин и пределах междуречных массивов достаточно надежно определяются также параметры перетекания.

Изучение химического состава подземных вод способствует решению вопросов режима водоносных горизонтов.

Отбор проб воды на химический анализ должен производиться из скважин, в которых опробуемый водоносный горизонт надежно изолирован от других водоносных горизонтов, после предварительной прокачки скважины.

Целесообразно иметь данные, характеризующие состав подземных вод различных горизонтов в разное время года, чтобы иметь возможность сравнить абсолютное содержание компонентов, их соотношения и колебания во времени. Выводы о динамике подземных вод при их миграции через водоупорные слои, содержащие поровую воду и солевые компоненты, неопределяемые при разведке месторождения из-за сложности подобных исследований.

Данные по опробованию химического состава подземных вод должны представляться в виде таблиц фактического материала, гидрохимических карт, графиков. В краткой сводке следует указать критерий оценки отобранных в различных условиях проб применительно к изучаемому объекту.

Метеорологические и гидрологические наблюдения позволяют качественно объяснить особенности сезонных и годовых колебаний уровней грунтовых вод, установить соотношение статей баланса стока, определить возможные притоки атмосферных вод в карьер.

Климатические изменения могут существенно влиять на характер питания подземных вод.

В состав метеорологических наблюдений, помимо обычно практикуемых замеров количества выпадающих осадков, наблюдением за испарением с водной и земной поверхности, толщиной снегового покрова, глубиной промерзания, скоростью и направлением ветра, целесообразно включать также и определения запасов влаги в почвенном и подпочвенном слое (в зоне аэрации), используя для этого керн разведочных скважин, образцы из канав и мелких шурфов, а также специально устанавливаемую аппаратуру.

Гидрологические наблюдения на водотоках и водоемах в пределах области фильтрации преследуют цель выяснения статей баланса стока. При выборе створов для замеров расходов речных вод желательно по возможности располагать их на участках минимальной проводимости подруслового потока, приуроченного к аллювиальным отложениям речной долины или к зоне коренных пород с повышенной проводимостью.

Гидрологическими наблюдениями должна быть охвачена вся площадь, в пределах которой изучается гидрогеологическое строение месторождения, и участки за пределами этой площади, где можно

предполагать наиболее интенсивное дополнительное подпитывание водоносных горизонтов за счет поверхностных вод.

Особенно тщательно и в большом объеме метеорологические и гидрологические исследования следует проводить в карстовых районах, приуроченных к замкнутым гидрологическим структурам.

По окончании наблюдений составляется отчет, который входит в состав общего отчета о геологоразведочных работах на месторождении. При большом объеме исследований и полученных материалов отчет представляется отдельным томом (для месторождений со сложными гидрогеологическими условиями). Текстовая часть отчета должна в краткой форме освещать: физико-географические, геологические, гидрологические, гидрогеологические и инженерно-геологические условия района, месторождения и первоочередных участков вскрытия месторождения; гидрогеологическую изученность района и месторождения; виды, объемы, методику выполненных работ и полученные результаты; гидрогеологические и инженерно-геологические особенности условий разработки месторождений-аналогов; выбор расчетных показателей, результаты гидрогеологических прогнозов; обоснование и содержание предлагаемых рекомендаций по осушению месторождения и по охране подземных вод от истощения и загрязнения, рекомендации по рациональному использованию дренажных вод.

Текст иллюстрируется рисунками, схемами, фотографиями. Табличные приложения должны содержать: хронологические климатические характеристики; гидрогеологические параметры водоносных горизонтов, определенных опытным путем и по расчету; результаты опытно-фильтрационных работ; режим подземных вод и водоемов;

водоприитоки в горные выработки (разведочные и эксплуатационные на месторождениях аналогах); результаты химических анализов; каталог скважин и горных выработок.

Графические приложения: гидрогеологические карты района и месторождения; карта гидрогеологической изученности и фактического материала; карта районирования месторождения по гидрогеологическим условиям разработки; гидрогеологические разрезы по району и месторождению; листы откачек, нагнетаний; графики изменения параметров режима подземных и поверхностных вод (уровней и напоров, расходов водотоков и водоисточников, излива скважин, водоприитоков в горные выработки, температуры и химического состава и т. д.); расчетные схемы аналоговых и математических моделей гидрогеологических условий; карты, схемы, графики расчетных параметров, гидроизогипс (гидроизопьез), результатов прогнозных решений.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные задачи гидрогеологических исследований
2. Состав гидрогеологических исследований и порядок их проведения
3. Назовите основные задачи гидрогеологической съемки
4. Гидрогеологические наблюдения в процессе бурения скважин
5. Геофизические методы исследования в гидрогеологических скважинах
6. Назовите основные фильтрационные параметры, определяемые опытными работами
7. Охарактеризуйте виды опытных гидрогеологических работ
8. Методики опытных откачек
9. Опытные нагнетания и наливывы
10. От чего зависит выбор объемов опытных гидрогеологических работ?

11. Методика стационарных режимных наблюдений

Список литературы

1. Требования к гидрогеологическим исследованиям на месторождениях, осваиваемых открытым способом. Руководство по дренированию карьерных полей. - Л: ВНИМИ,1970.- 176 с.
2. Изучение гидрогеологических и инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых / под. ред. Г.Н. Кашковского.- М.: Недра,1986.- 172 с.
3. Боровский Б.В.,Самсонов Б.Г., Язвин Л.С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек – М.: Недра, 1973. – 303 с.
4. Мироненко В.А. Гидрогеологические исследования в горном деле.- М.: Недра,1976. – 352 с.

Глава 3 Методы определение водопритоков в горные выработки

Для определения общего водопритока в шахту или карьер в горной практике находят применение следующие методы прогноза: гидрогеологических аналогий, водного баланса и аналитические.

3.1 Методы гидрогеологических аналогий

Эти методы базируются на использовании фактических данных по водопритокам, полученным на действующих шахтах и карьерах, находящихся в аналогичных гидрогеологических условиях. Различают несколько приемов определения водопритоков, основанных на этих данных.

1. По величине понижения уровня подземных вод. Определение общего водопритока в этом случае производится по формулам:

а) для напорных условий

$$Q = Q_1 S / S_1 \quad (3)$$

б) в безнапорных условиях

$$Q = Q_1 \frac{(2H-S)S}{(2H_1-S_1)S_1} \quad (4)$$

где,

Q - ожидаемый общий приток подземных вод в горные выработки;

S -проектируемое среднее понижение уровня (напора) подземных вод на заданном участке;

Q_1 - фактический приток подземных вод на объекте, являющимся аналогом для рассматриваемого случая;

S_1 - наблюдавшееся среднее понижение уровня (напора) подземных вод, при которых был получен приток Q_1 ;

H и H_1 --- мощности водоносного пласта соответственно на рассматриваемом объекте и его аналоге.

С увеличением глубины горных выработок водопритоки часто возрастают не прямо пропорционально понижению уровня (напора), то взамен формулы 2, иногда применяется зависимость:

$$Q = \frac{Q_1 \sqrt{S}}{S_1} \quad (5)$$

2. По удельным дебитам и размерам горных выработок.

Наблюдениями установлено, что на некоторых шахтах водопритоки возрастают или пропорционально длине горных выработок, или же пропорционально площади подготовительных или очистных работ.

В первом случае общий приток воды в шахту может быть определен по выражению:

$$Q = gL \quad (6)$$

Во втором случае:

$$Q = g_2 F \quad (7)$$

где:

g - фактический удельный приток воды (приток на 1 м длины выработки), поступающей при проведении горизонтальных выработок на шахте-аналоге;

L - протяженность проектируемых выработок главных направлений на рассматриваемом объекте;

g_1 - фактический удельный приток воды, приходящийся на единицу площади (m^2) подготовленных и очистных выработок на шахте аналоге;

F - площадь подготовительных или очистных выработок рассматриваемом объекте в тех же единицах.

При значительном увеличении площади выработок и соответствующем расширении воронки депрессии, воронки растут не прямо пропорционально их площади, а более медленно то иногда вместо формулы 5, используется зависимость:

$$Q = \frac{Q_1 \sqrt[n]{F}}{F_1} \quad (8)$$

где:

F, F_1 - площади сопоставляемых полей;

Q - то же, что и предыдущих формулах;

n - принимается от 2 до 5, на основании имеющихся опытных данных.

3. По коэффициенту водообильности. Коэффициент водообильности представляет собой отношение количества откачиваемой воды $V(\text{м}^3)$ к количеству добытого за этот период полезного ископаемого P_1 (в тоннах), т.е.

$$k = V / P_1 \quad (9)$$

зная фактический коэффициент водообильности по какому – либо освоенному объекту, нетрудно посчитать ожидаемый общий водоприток воды к рассматриваемому объекту, используя зависимость:

$$Q = k_2 P / t \quad (10)$$

где, P - проектная добыча полезного ископаемого за определенный период (неделя, месяц, год);

t - время, соответствующее периоду добычи.

3.2 Метод водного баланса

В конкретных природных и инженерных условиях уравнение водного баланса может быть представлено в следующем виде:

$$D = A_1 + F\mu\Delta h = A_1 + V\mu \quad (11)$$

где, D - приток подземных вод к карьере или шахтному полю;

A_1 - инфильтрация атмосферных осадков, за вычетом потерь на испарение и транспирацию (м^3);

F - площадь водоносного пласта (м^3);

μ - водоотдача водосодержащих пород;

Δh - изменение уровня воды за рассматриваемый период (м)

V -объем водосодержащих пород, подлежащих дренированию за рассматриваемый период времени (м^3)

Водопритоки в горные выработки можно определить по следующей формуле:

$$Q_{\text{сум}} = Q_{\text{дин}} + Q_{\text{стат}} \quad (12)$$

а) за счет динамических притоков:

$$Q_{\text{дин}} = OF\eta / 365 \quad (13)$$

б) за счет статических запасов (по И. А. Скабаллановичу):

$$Q_{\text{ст}} = [F_1\mu/t \cdot HPR\mu/3t] = H\mu (F_1 + 0.33PR) \quad (14)$$

где: Q -количество атмосферных осадков, м. вод. ст.

F - площадь питания дренируемого водоносного горизонта в пределах развивающейся депрессии (м^2),

V_1 - объем водосодержащих пород, подлежащих дренированию (м^2),

H - средняя мощность дренируемого водоносного горизонта (м),

t - время дренирования (осушения), сутки;

F_1 - площадь разработок (м^2),

P - периметр контура горных разработок (м),

R - радиус депрессии, считая от контура разработок (м),

H_1 — коэффициент подземного стока в долях единицы.

Динамические потоки могут быть определены и по модулю подземного стока, а статические запасы по формуле Е. Е. Керкиса. Формула для определения динамических потоков по модулю подземного стока имеет вид:

$$Q_{\text{дин}} = \alpha FM_0 \quad (15)$$

где: $Q_{\text{дин}}$ - приток, $\text{м}^3/\text{час}$ (при $\alpha = 3, 6$);

F - площадь подземного водосбора, км^2 ;

M_0 - модуль подземного стока, л / сек с 1 км^2 .

3.3 Аналитические методы

Широкое применение здесь находит метод «большого колодца» или метод Форхгеймера, предложенный для горнорудных условий и экспериментально обработанный С. В. Троянским.

1. Расчет водопритоков к вертикальным горным выработкам (рис. 3).

В условиях установившейся фильтрации приток к шахтному стволу, вскрывающему безнапорный водоносный пласт на всю мощность, при расположении шахты у контура питания (река, водохранилище и т.д.), определяют по формуле:

$$Q = 1.366 KH^2 / \lg 2a / r_0 \quad (16)$$

где, Q - водоприток к шахтному стволу, м³/сут;

K - коэффициент фильтрации, м/сут;

H - мощность водоносного горизонта, м;

r_0 - радиус шахтного ствола, м;

a - расстояние от шахты до контура питания, м.

При нестационарной фильтрации для неограниченного в плане водоносного горизонта водоприток к шахтному стволу можно рассчитать по формулам:

$$Q = \frac{2.73KmS}{\lg \frac{1.5\sqrt{at}}{r_0}} \quad (17)$$

для напорной фильтрации (рис.3)

$$Q = 1.366 \frac{KS(2H - S)}{\lg \frac{1.5\sqrt{at}}{r_0}} \quad (18)$$

где, m и H - мощность водоносного горизонта, м;

S - заданное понижения уровня, м;

a - коэффициент пьезопроводности или уровнепроводности м²/сут;

t - время сооружения выработки, сут.

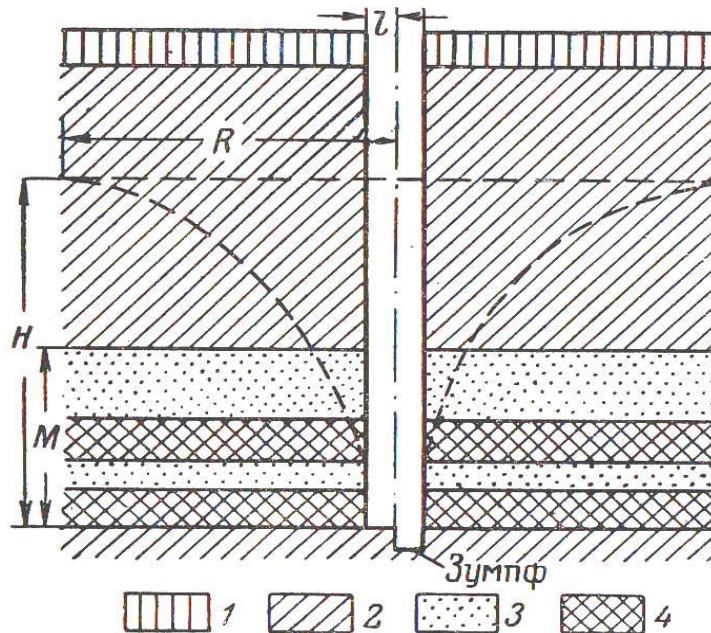


Рисунок 3 - Схема притоков из напорного горизонта при проходке шахтного ствола

1- суглинки; 2- глины; 3- пески; 4- пласт угля

2. Расчет водоприток в горизонтальные горные выработки

Водопристок в открытые горизонтальные горные выработки может происходить за счет наличия подземных и поверхностных источников.

Для расчета водоотливных установок эти водоприток оцениваются раздельно.

Водопристок в разрезную траншею за счет подземных вод при неустановившемся режиме рассчитывается по формуле:

$$Q = KB + \frac{H^2 - h^2}{R} \quad (19)$$

где Q - водопристок в траншею, м³/сут;

B - протяженность разрезной траншеи, м;

H - мощность водоносного горизонта, м;

h - величина участка высачивания (вскрытая мощность) водоносного горизонта.

3. Определение водопритоков к открытым горным выработкам.

Водоприток из безнапорного водоносного горизонта определяется как к совершенному грунтовому колодцу:

$$Q_{zp} = \frac{1,366k_{\phi}H^2}{\lg(R + r_0) - \lg r_0} \quad (20)$$

Q_{zp} – водоприток за счет грунтовых вод, м³/сут;

k_{ϕ} – средний коэффициент фильтрации безнапорного водоносного горизонта, м/сут;

H – мощность безнапорного водоносного горизонта, м;

R – радиус депрессионной воронки безнапорного горизонта, определяемый от контура карьера по формуле Зихардта, м;

r_0 – приведенный радиус карьера, м.

Водоприток из напорного водоносного горизонта определяется по формуле совершенного грунтово-артезианского колодца:

$$Q_n = \frac{1,366k_{\phi}(2H_n - M)M}{\lg(R + r_0) - \lg r_0} \quad (21)$$

Q_n – водоприток за счет напорных вод, м³/сут;

k_{ϕ} – коэффициент фильтрации напорного водоносного горизонта, м/сут;

H_n – величина пьезометрического напора, м;

M – мощность напорного водоносного горизонта, м;

R – радиус депрессионной воронки напорного горизонта, определяемый от контура карьера по формуле Зихардта, м;

r_0 – приведенный радиус карьера, м.

Водоприток в карьер за счет атмосферных осадков определяется по формуле:

$$Q_{oc} = \frac{h_{oc}F}{365} \quad (22)$$

Q_{oc} – водоприток за счет атмосферных осадков, м³/сут;

h_{oc} – годовое количество осадков, принимаемое для условий региона, м/год;

F – площадь карьера, м².

Суммарный водоприток в карьер составляет:

$$Q = Q_{зр} + Q_{н} + Q_{oc} \quad (23)$$

На рисунке представлена расчетная схема максимальных притоков воды в карьер (рис.4).

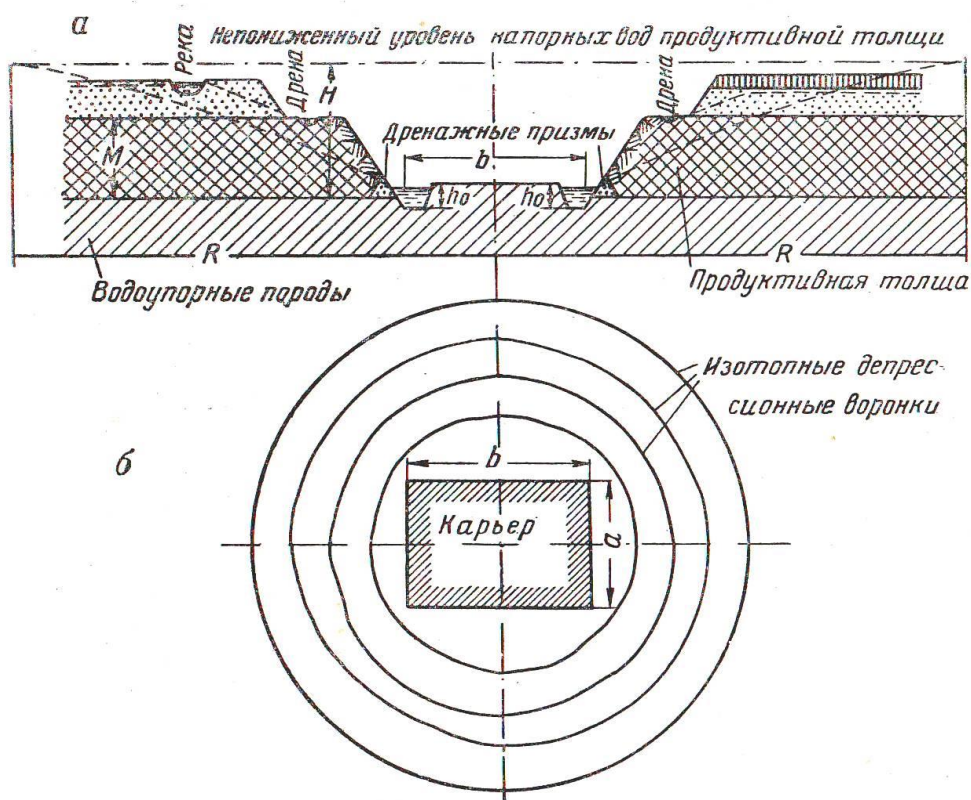


Рисунок 4 - Расчетная схема максимальных притоков воды в карьер
а- разрез; б - план

Контрольные вопросы

1. Определение водопритоков в горные выработки методом гидрогеологических аналогий
2. Метод водного баланса
3. Аналитические методы
4. Расчет водопритоков в горизонтальные горные выработки
5. Определение водопритоков к открытым горным выработкам
6. Расчет водопритоков к вертикальным горным выработкам

Список литературы

1. Гальперин А.М., Зайцев В.С., Харитоненко Г.Н, Норватов Ю.А. Геология. Часть III – Гидрогеология. Учебник для вузов. – М:» Мир горной книги». Издательство московского горного университета, издательство «Горная книга». 2009.- 400 с.
2. Мироненко В.А., Мольский Е.В., Румынин В.Г. Горнопромышленная гидрогеология . Учебник для вузов.- М.: Недра, 1989.- 287 с.
3. Справочник по осушению горных пород / под. ред. И.К.Станченко. – М.: Недра,1984.- 572 с.
4. Справочник гидрогеолога / под. ред. М.Е.Альтовского.- М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1962. – 615 с.

Раздел II Новейшие технологии защиты от фильтрационных процессов горных предприятий

Глава 4 Проектирование осушения месторождений полезных ископаемых

4.1 Осушение месторождения

Проект осушения является составной частью общего проекта разработки месторождений полезных ископаемых. На действующих предприятиях допускается по решению инстанции, утвердившей задание на проектирование, составление локального проекта.

Необходимость проектирования и выполнения мероприятий по осушению месторождений полезных ископаемых определяется совокупностью следующих основных природных и горнотехнических факторов:

- геологическим строением, инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями, числом и водообильностью водоносных горизонтов, обводняющих горные выработки;
- схемой вскрытия, системой и технологией разработки месторождений полезных ископаемых и типом применяемого при этом горного и транспортного оборудования;
- сроками строительства и разработками рудника;
- экономическими показателями.

Выбор того или иного способа осушения представляет главную задачу проектирования мероприятий по защите горных выработок и напрямую зависит от вышеперечисленных факторов.

Природные условия различных месторождений отличаются большим разнообразием, поэтому при осушении весьма важно правильно их оценить, т. е. выделить ведущие признаки, влияющие на выбор того или иного способа осушения.

1) Сложность геологического разреза, условия залегания пород и характеристика их устойчивости в горных выработках и в уступах

карьеров. Например, при простом, однородном строении шахтного или карьерного поля, когда природное ископаемое залегает среди устойчивых пород, осушение не вызывает особых затруднений. Осушение при сложном строении разреза (переслаивание устойчивых и неустойчивых пород), при явлениях пучения и плывучести пород, суффозии и оползнеобразованиях требует специальных проектных подходов.

2) *Количество водоносных горизонтов*, подлежащих дренированию, их водонепроницаемость, мощность и величина напора. Чем больше водоносных горизонтов и выше их напоры и чем меньше водопроницаемость (K_{ϕ}) водосодержащих пород, тем труднее дренировать шахтное или карьерное поле и тем больше требуется времени для формирования необходимых понижений уровня подземных вод и создания нормальных условий проходки горных выработок.

3) *Запасы подземных вод*, участвующих в обводнении месторождения, по видам подразделяются на естественные (статические – воды, находящиеся в порах и трещинах водоносного пласта в спокойном состоянии и динамические – расход движущихся подземных вод в естественных условиях, не измененных откачками, водозаборами и т. п.), эксплуатационные и искусственные (за счет пополнения) и привлекаемые (расход воды, поступающей в изучаемый водоносный пласт за счет фильтрации из рек, озер и других водоемов). При больших динамических ресурсах требуется постоянное поддержание заданных понижений уровней и систематическое расширение депрессионной воронки впереди движения фронта горных работ. В случае обводненности месторождения за счет статических запасов подземных вод нужны лишь временные и более простые дренажные мероприятия.

4) *Закарстованность и тектоническая раздробленность пород* имеет большое значение при выборе способа осушения. Разработка

месторождения в таких районах связана с возможностью катастрофического прорыва воды в горные выработки, поэтому очень важно обнаружить водоносные зоны и обеспечить эффективный дренаж.

5) *Многолетняя мерзлота* вызывает большие трудности при осушении месторождений, поскольку при неравномерном ее оттаивании ранее замороженные устойчивые пески превращаются в пльвуны и могут образовывать неожиданные прорывы в горные выработки.

Перечисленные гидрогеологические и инженерно- геологические признаки являются основными при определении способа осушения и общими для различных месторождений твердых полезных ископаемых, за исключением соляных. В последнем случае ведущим признаком является растворимость солей, которая требует полного ограждения горных выработок от подземных вод. Особые условия осушения, в известной мере, необходимы также на месторождениях серы из-за содержания сероводорода в подземной воде. Применение здесь подземного способа осушения затруднительно из-за опасности отравления людей. Таким образом, для определения способа осушения необходимо учитывать множество и разнообразность природных факторов.

Кроме этого, в проекте осушения месторождений полезных ископаемых необходимо, учитывая выше перечисленные факторы, предусмотреть разработку мероприятий, направленных на обеспечение:

- безопасных условий ведения горных работ;
- устойчивости открытых и подземных горных выработок, а также отвалов вскрышных пород;
- наиболее полного извлечения запасов полезного ископаемого;

- снижение гравитационной влажности добываемого полезного ископаемого;
- создания условий для высокопроизводительной работы горного оборудования и транспорта;
- охраны водных ресурсов и окружающей среды района;
- использования откачиваемых вод.

Эффективность того или иного способа осушения месторождений следует устанавливать соответствующими гидрогеологическими и экономическими расчетами.

Проектирование систем осушения может осуществляться в одну или две стадии. При одностадийном проектировании составляется рабочий проект со сводным сметным расчетом стоимости для технически несложных объектов. Для крупных и сложных объектов проектирование выполняется в две стадии - проект со сводным сметным расчетом стоимости и рабочая документация со сметами. Решение о стадийности принимается инстанцией, утвердившей задание на проектирование.

Разработке проектов и рабочей документации в отдельных случаях может предшествовать составление материалов с необходимыми расчетами в составе схем развития отрасли по экономическим районам и регионам Российской Федерации.

Состав проектной документации и перечень вопросов, разрабатываемый на каждой стадии проектирования, определяется общероссийскими нормативными документами и отраслевыми эталонами (стандартами).

Требования к исходным данным для проектирования осушения определяются стадией проектирования и сложностью гидрогеологических условий месторождения.

Основанием для разработки проекта осушения горнорудного предприятия является техническое задание на проектирование. Состав

технического задания на проектирование регламентируется стандартом предприятия.

Вместе с заданием на проектирование заказчик должен выдать исходные материалы:

- запасы, утвержденные ФБУ «ГКЗ»;
- отчеты и заключения по гидрогеологическим, инженерно-геологическим и геофизическим исследованиям, выполненным при разведке месторождений;
- материалы по горной, электромеханической, сметно-экономической частям проекта горнорудного предприятия;
- утвержденные проекты осушения на предыдущей стадии разработки и материалы по их рассмотрению и утверждению.

Кроме того, при проектировании должны быть использованы данные по другим участкам рассматриваемого месторождения. Наряду с этим, в качестве аналогов, следует использовать материалы по осушению соседних строящихся и действующих горнорудных предприятий

Если проект осушения выполняется одновременно с проектированием горнодобывающего предприятия, то некоторые исходные данные могут быть получены в процессе проектирования.

Степень изученности гидрогеологических, инженерно-геологических и горнотехнических условий месторождения при его разведке должна быть достаточной для проектирования горнодобывающего предприятия.

Основные требования к гидрогеологическим и инженерно-геологическим исходным данным для проектирования осушения:

- должны быть изучены водоносные горизонты, залегающие как выше, так и ниже полезного ископаемого даже при наличии сравнительно мощной разделяющей их толщи водоупорных пород;
- гидрогеологические и инженерно-геологические исследования должны учитывать принципиальные соображения о возможном способе

вскрытия и системе дренажа и концентрировать исследования на участке первоочередного освоения месторождения;

- изучение гидрогеологического строения при детальной разведке может ограничиваться площадью месторождения лишь при относительно простых гидрогеологических условиях. В других случаях исследования должны проводиться на большей площади, которая распространяется до границ области фильтрации, если их возможно определить с необходимой достоверностью. При значительной удаленности границ области фильтрации изучение должно охватывать область в пределах влияния строительного водопонижения.

Рабочее проектирование и сооружение систем осушения осуществляется, как правило, в несколько этапов, при этом на каждом этапе производится корректировка проектных решений по результатам эксплуатационных работ.

4.2 Характеристика способов осушения месторождений полезных ископаемых

В горной практике находят применение поверхностный, подземный и комбинированный способы осушения месторождений полезных ископаемых (рис.5) Для защиты горных выработок от притоков подземных вод могут использоваться противофильтрационные завесы (ПФЗ).

4.2.1 Поверхностный способ осушения

Поверхностный способ осушения называется также бесшахтным; основным его преимуществом является возможность предварительного

снижения напоров подземных с поверхности земли, т. е. до проходки горных выработок.

При поверхностном способе возможно в короткие сроки обеспечить безопасные условия ведения горных работ, оперативно управляя процессом осушения, т.е. интенсивностью снижения напоров (уровней) подземных вод и временем формирования депрессии.

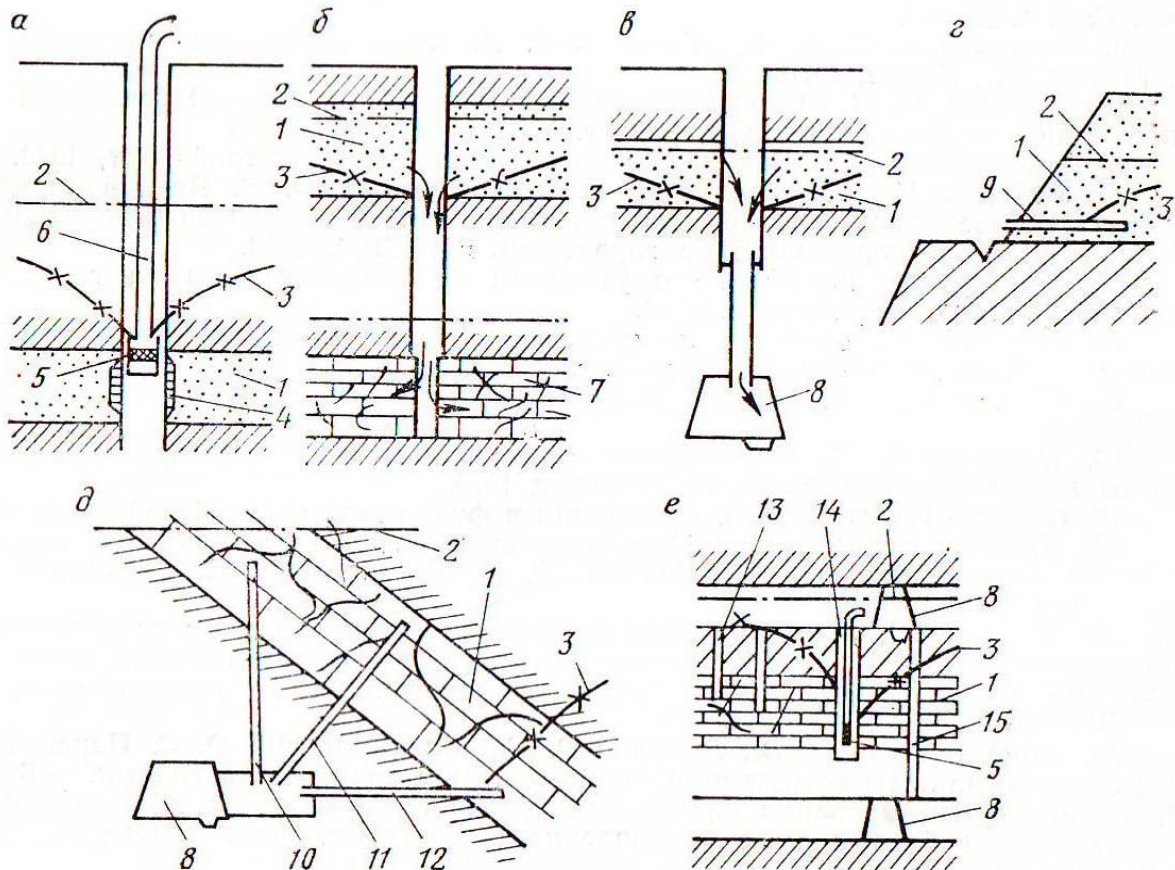


Рисунок 5 - Типы дренажных устройств

a - водопонижающая скважина; *б* – поглощающая скважина; *в* – сквозной фильтр; *г* – горизонтальная дренажная скважина; *д* – наклонно-восходящие дренажные скважины; *е* – шахтные дренажные устройства; 1- дренируемый водоносный горизонт; 2- статический уровень вод горизонта; 3- динамический уровень водоносного горизонта; 4- фильтровая часть; 5- водоподъемное устройство; 6- водоподъемные трубы; 7- поглощающий водоносный горизонт; 8- подземная горная выработка; 9 – горизонтальная дренажная скважина; 10- восходящая дренажная скважина; 11 – наклонно-восходящая скважина; 12- опережающая скважина; 13- разгрузочная скважина; 14- водопонижающая шахтная скважина; 15 – водосборная скважина

В соответствии с применяемыми техническими средствами этот способ состоит из следующих составляющих:

- глубокий дренаж, представляющий собой систему водопонижающих и водопоглощающих скважин,
- мелкий дренаж, состоящий из дренажных траншей, канав, иглофильтровых установок и понижающих колодцев.

Поверхностный способ используется в целях осушения карьеров обычно в строительный период, но нередко применяется и в течение всего периода эксплуатации. Для осушения шахт этот способ применяется, в основном, лишь на первом этапе освоения месторождений, например, для проходки шахтных стволов.

Глубокий дренаж. Глубокий дренаж широко применяется на различных месторождениях природных ископаемых, он наиболее эффективен на месторождениях, сложенных устойчивыми скальными породами, но может применяться и в тех случаях, когда необходимо осушить толщи рыхлых пород.

При переслаивании горизонтально залегающих водоносных и водоупорных пород глубокий дренаж не может обеспечить полного осушения пластов, так как с помощью водопонижающих скважин невозможно снизить уровень воды в водоносном пласте до его водоупорной подошвы.

Как показывает практика осушения, при работе скважин высота остаточного слоя воды над подошвой безнапорного водоносного горизонта обычно составляет 15 -35% его мощности.

Глубокий дренаж при помощи водопонижающих скважин дает хорошие результаты при высоких напорах, большой мощности и хорошей водопроницаемости дренируемых пород. Так, например, осушение безнапорных водоносных горизонтов эффективно при коэффициенте более 3 м/сутки, а напорных, при коэффициенте фильтрации не менее

0,5 - 0,3 м/сутки, если ставиться задача снизить пьезометрический уровень.

Водопонижающие скважины служат для откачки воды из безнапорных водоносных горизонтов, с коэффициентами фильтрации не менее 2 м/сутки, при помощи различных водоподъемников: насосы, эрлифты. Они подразделяются на простые и комбинированные. Первые оборудуются на один водоносный горизонт, вторые - на несколько. При водопонижении в напорных водоносных горизонтах допускается меньшее значение коэффициента фильтрации. При эксплуатации скважин их конструкция должна обеспечивать возможность замеров понижения уровня воды в дренируемых горизонтах и производительности применяемого водоподъемника.

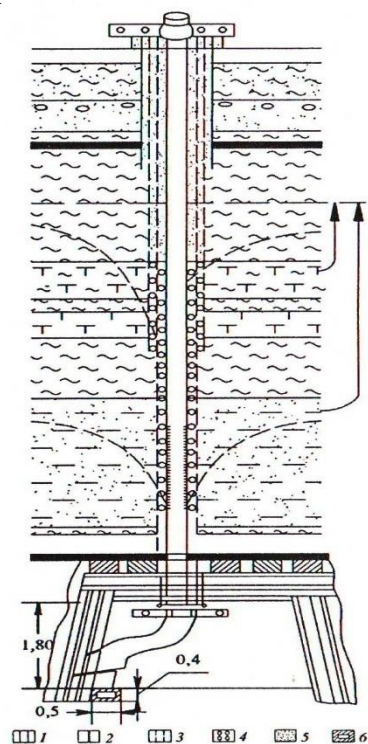
Поглощающие скважины предназначены для перепуска дренажных вод из осушаемых верхних водоносных горизонтов в нижележащие.

Эффективность работы таких скважин определяется положением статического уровня и поглощающей способностью водопримных водоносных горизонтов. Поглощающая способность их должна быть выше, чем в осушаемом горизонте, а уровень - ниже. Конструкциями поглощающих скважин должна предусматриваться надежная изоляция водоносных горизонтов, не подлежащих осушению. Минимальный диаметр труб поглощающих скважин - не менее 89 мм

Сквозные фильтры отличаются от поглощающих скважин тем, что дренируемые воды принимаются непосредственно подземными горными выработками (рис.б).

Рисунок б - Схема устройства сквозного фильтра:

1 – обсадные трубы; 2- перфорированная колонна; 3- извлекаемые обсадные трубы; 4- гравийная засыпка; 5- песчаная засыпка; 6- водоотводящая канавка



Водопонижающие скважины могут быть переоборудованы в сквозные фильтры, которые применяют при подземном и комбинированном способах осушения, когда дренируемые горизонты залегают на значительной высоте над горными выработками и их осушение с помощью восстающих скважин и забивных фильтров сложно или невозможно.

Конечный диаметр обсадной трубы сквозного фильтра принимается не менее 89 мм. Определение диаметра водосбросной колонны сквозного фильтра производится по расчету. Устье сквозного фильтра должно быть надежно закрыто. Затрубное пространство водосбросной колонны, от забоя до отметки не менее 10-15 м выше кровли подземной выработки, должно быть надежно зацементировано.

Горизонтальные дренажные скважины применяют для осушения пород, в которых проходят подземные горные выработки, бортов карьеров и отвалов горных пород в целях предотвращения оползневых и фильтрационных деформаций (рис. 7).

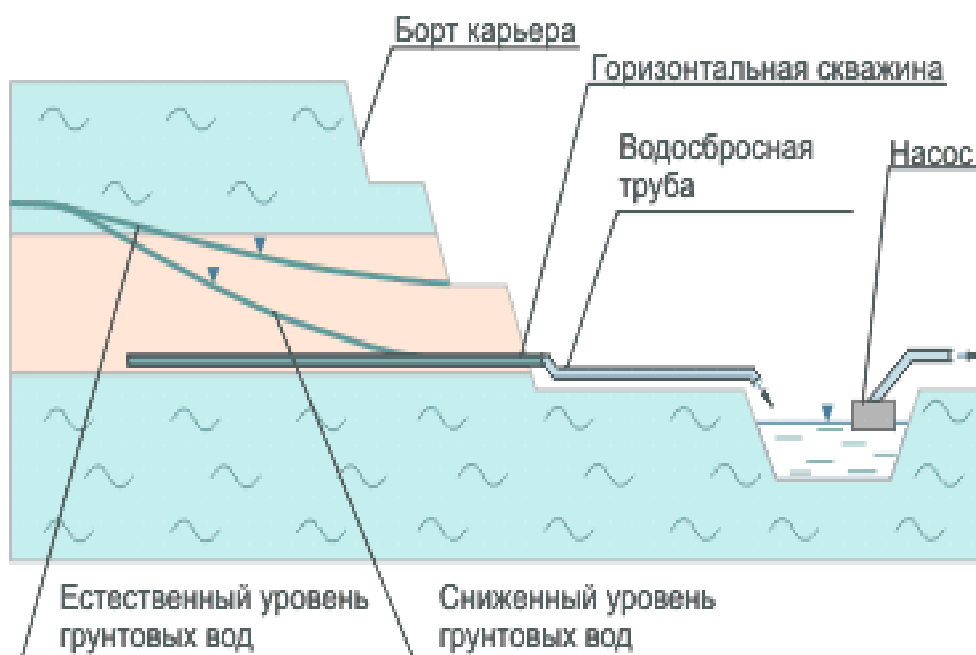


Рисунок 7 – Горизонтальные дренажные скважины

Основные преимущества горизонтальных скважин перед вертикальными заключаются в высокой водоохватной способности и возможности почти полного устранения влияния гидростатических и гидродинамических сил на устойчивость бортов карьеров и отвалов пород.

Мелкий дренаж широко и эффективно применяется для осушения карьеров. Он отличается большим разнообразием средств осушения, среди которых наиболее важное значение имеют иглофильтровые установки и дренажные траншеи. Иглофильтровые установки закладываются обычно на уступах карьеров в целях временного понижения уровня воды.

Легкие иглофильтровые установки представляют собой комплекс водопонижающих скважин, малого диаметра ограниченной глубины, и водосборных коллекторов, соединенных с вакуум-насосом. Максимально возможное снижение уровня подземных вод иглофильтровыми установками не превышает 5 -5,5 м (рис.8).

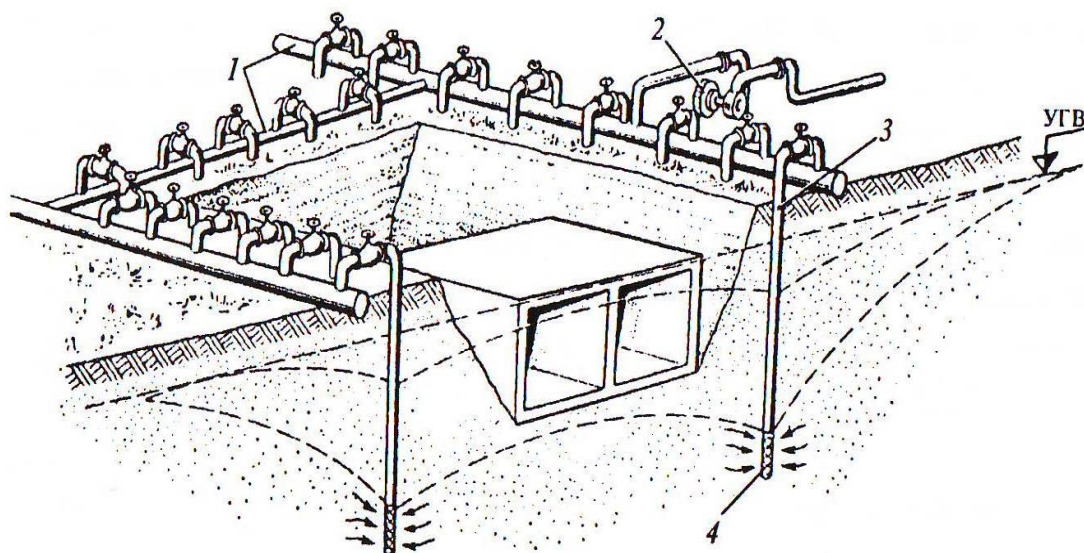


Рисунок 8 – Схема действия легкой иглофильтровой установки:

1- коллектор; 2- самовсасывающий вихревой насос; 3- легкие иглофильтры; 4 – фильтровая часть иглофильтра

Иглофильтровые эжекторные установки отличаются от предыдущих большей величиной снижения уровня - до 15- 20м (рис.9).

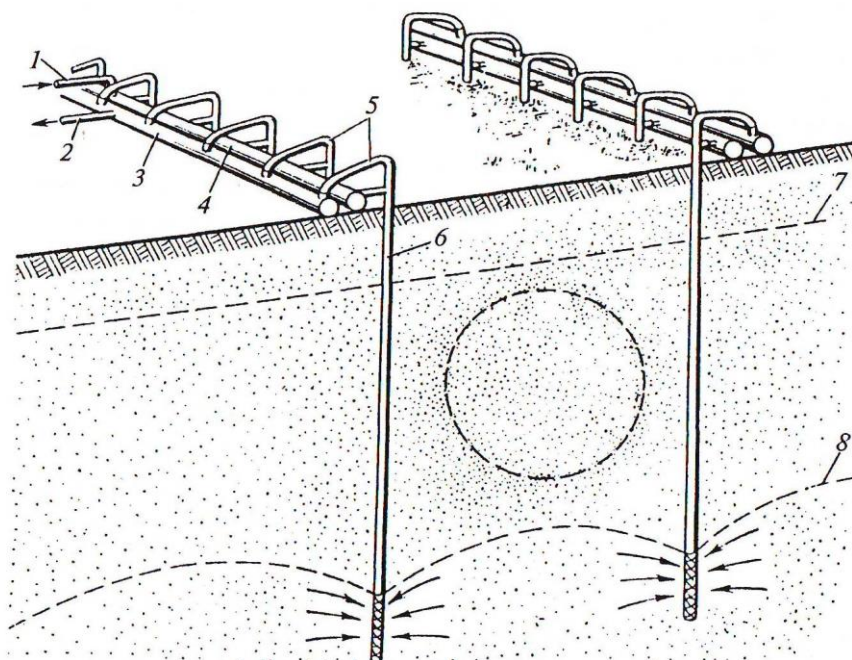


Рисунок 9 – Схема действия эжекторной иглофильтровой установки:

1- труба, подающая воду от насоса; 2- труба, подающая воду в циркуляционный резервуар; 3- водосборный трубопровод; 4- распределительный трубопровод; 5- соединительные шланги; 6- труба эжекторного иглофильтра ЭИ -2,5; 7- уровень грунтовых вод до начала понижения; 8- уровень грунтовых вод, установившийся при работе эжекторных иглофильтров; замкнутым штриховым контуром показано проектное положение тоннеля

Иглофильтровые установки используются для водопонижения на небольших площадках, могут применяться в комбинации с водопонижающими скважинами и другими дренажными устройствами. Иглофильтровые установки рекомендуется применять для осушения пород, коэффициенты фильтрации которых не превышают 1 - 50 м/сутки.

Иглофильтровальные установки применяются довольно часто, но следует отметить неэкономичность эжекторных установок. Чаще применяются легкие иглофильтровые установки типа ЛИУ, в основном

с целью сработки слоя воды, оставшегося на подошве уступов при работе водопонижающих скважин или других дренажных устройств.

Дренажные траншеи закладываются на бровке карьера или на его уступах для осушения водоносных горизонтов, находящихся выше полезного ископаемого, при сравнительно небольшой глубине их залегания. Дренажные траншеи используются при открытых горных работах очень широко (рис. 10).

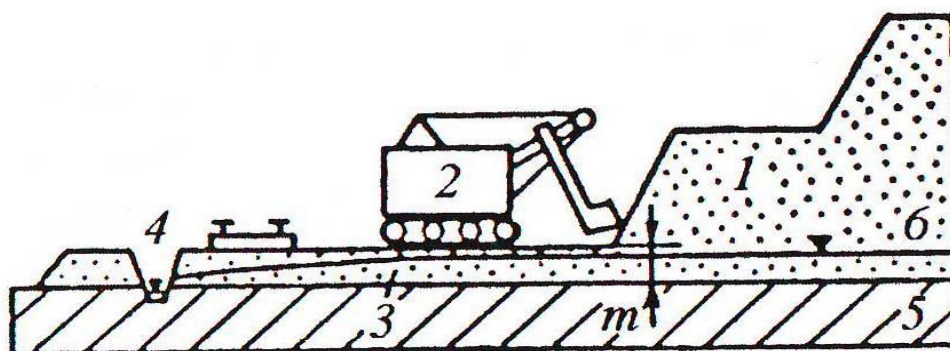


Рисунок 10 – Отработка уступа рыхлых песчаных пород с применением открытого дренажа на рабочем борту карьера:

1 – обрабатываемый уступ; 2- экскаватор; 3-« недобор» по рыхлым породам; 4- дренажная канава (траншея); 5 – водоупор; 6- уровень подземных вод ; m – мощность « недобора»

Весьма важное значение среди устройств мелкого дренажа имеет прибортовой дренаж, сооружаемый в целях обеспечения устойчивости нерабочих бортов карьеров. большей частью он осуществляется в виде неглубоких канав, проходимых на уступах в подошве водоносного слоя, в которые укладываются дренажные трубы с фильтрующей песчано-гравийной обсыпкой. Применяются так же и горизонтальные дренажные скважины, главным образом для осушения нерабочих бортов. Они закладываются в обводненном уступе веерообразными лучами или параллельными рядами.

4.2.2 Подземный способ осушения

Подземный способ осушения называется также шахтным, поскольку он осуществляется с использованием различных подземных горных выработок. Этот способ применяется, в основном, на стадии параллельного осушения шахт и карьеров.

В случае предварительного осушения карьеров подземный дренаж необходимо сооружать с большим опережением горнокапитальных работ, от 1,5 до 5 лет до начала вскрышных работ.

На карьерных полях подземный способ осушения включает создание системы дренажных штреков, которые проводят из специальных стволов, шурфов и штолен. Вначале штреки проводят на участках въездной и разрезной траншей, а затем уже, в период эксплуатации карьера, дренажную систему расширяют впереди продвижения фронта горных работ.

В зависимости от гидрогеологических условий карьерного поля дренажные штреки предназначаются:

- для непосредственного дренирования вскрываемых ими пород;
- для заложения из них осушительных устройств в целях дренирования выше и ниже лежащих водоносных горизонтов;
- для одновременного дренирования вскрываемых штреками пород, вышележащих и ниже лежащих водоносных горизонтов.

Система подземного дренажа, наряду с основным ее назначением, может также использоваться для приема и откачки атмосферных вод, что облегчает решение вопроса внутрикарьерного ливневого водоотлива. Атмосферные воды из карьера сбрасываются в дренажные штреки с помощью водосбросных скважин.

При осушении шахт подземным способом специальные дренажные выработки проходят лишь в исключительных случаях, на очень сложных в гидрогеологическом отношении месторождениях. Обычно, в

целях осушения, используют подготовительные горные выработки шахты, поэтому подземный способ осушения для шахтных полей является менее трудоемким, чем для карьеров.

В кровлях горных выработок, вслед за надвиганием их забоев, бурят забивные фильтры и восстающие скважины, а с поверхности земли - сквозные фильтры. В почву выработок закладывают водопонижающие колодцы и иглофильтры. Классический пример подземного способа осушения карьерного поля представлен на рисунке 11.

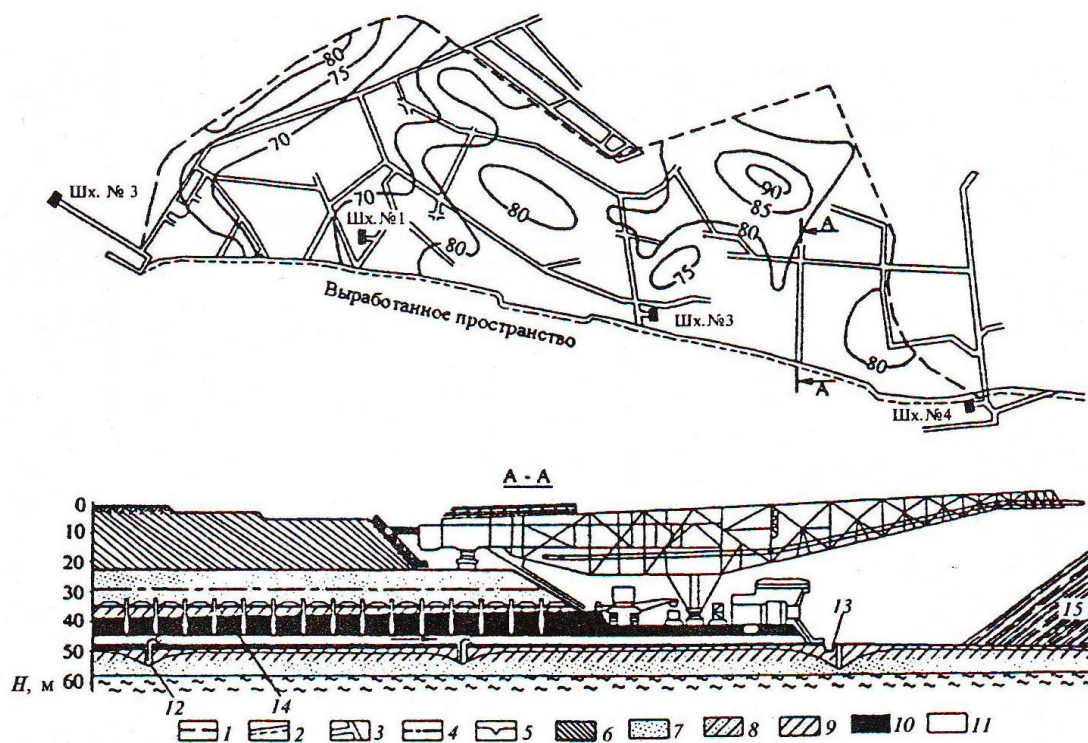


Рисунок 11 – Пример подземного способа осушения карьерного поля:

1- граница карьера на конец отработки; 2- граница на 1 января текущего года; 3- дренажные штреки; 4 – статический уровень надугольный и подугольных водоносных горизонтов; 5- динамический уровень надугольных и подугольных горизонтов; 6- суглинки; 7- пески; 8- пески углистые; 9- глины; 10- уголь; 11 – каолин; 12 – дренажный колодец; 13 – дренажные каналы; 14 – забивной фильтр; 15 - отвал

Подземный способ весьма эффективен в условиях, когда поверхностный способ не дает положительных, например, при

дренировании песков с малыми коэффициентами фильтрации (менее 3 м/сутки), или когда требуется осушить два или более слабопроницаемых, горизонтально залегающих горизонта, разделенных водоупорами. Эффект в этом случае достигается путем заложения большого количества дренажных устройств. Так, например, для осушения надугольных песков в Подмосковном угольном бассейне в кровле нарезных штреков, вслед за продвижением их забоев, нередко закладывали забивные фильтры через каждые 0,5 -1 м.

Недостатком подземного способа осушения (на карьерах) является относительно большая трудоемкость его осуществления и необходимость поддержания в рабочем состоянии дренажных горных выработок в течение длительного времени.

4.2.3 Комбинированный способ осушения

Этот способ имеет достоинства поверхностного способа осушения, так как в случае необходимости, с его помощью возможно создать предварительное снижение напоров (или уровней) подземных вод. В то же время он имеет преимущества и подземного способа, что обеспечивает эффективное осушение слабопроницаемых слоев водоносных пород, переслаивающихся с водоупорными.

Комбинированный способ осуществляется в два этапа. Вначале производится предварительное снижение напоров водопонижающими или водопоглощающими скважинами до безопасных величин, при которых возможна проходка подготовительных выработок шахты или дренажных горных выработок. На втором этапе вступает в действие подземный способ осушения и, при помощи сквозных и забивных фильтров, дренажных скважин и т. д., сбрасываются остаточные напоры и уровни воды в надпродуктивных и подпродуктивных

водоносных горизонтах. Заложенные ранее водопонижающие скважины подрезаются нишами и переоборудуются в сквозные фильтры.

Важнейшими преимуществами комбинированного способа являются маневренность осушения и строительство шахт и карьеров в сжатые сроки. Благодаря этому комбинированный способ нашел наибольшее распространение на месторождениях со сложными гидрогеологическими условиями, где другие способы неприменимы вообще или малоэффективны.

4.2.4 Противофильтрационные завесы

В отличие от традиционных методов осушения месторождений полезных ископаемых, когда срабатываются статические и динамические ресурсы подземных вод, метод создания противофильтрационных завес различного типа позволяет не только подготовить месторождение к освоению и обеспечить нормальные и безопасные условия производства горных работ, но и решить другие важные задачи:

- уменьшить или предотвратить водопритоки в зону горных работ и соответственно сократить объемы дренажных вод, сбрасываемых в открытые водоемы и водотоки;
- сохранить ресурсы подземных вод в прилегающем к месторождению районе;
- сохранить естественный режим подземных вод.

Последнее положение особенно важно для месторождений, где подземные воды приурочены к закарстованным массивам. При осушении таких месторождений нарушается застойный режим подземных вод и происходит подтягивание менее минерализованных вод, что приводит к активизации карстовых процессов. В связи с

существенным сокращением и даже исключением активного отбора вод из района, прилегающего к разрабатываемому участку месторождения, этот метод определяется как метод «пассивного осушения».

Противофильтрационные завесы различного типа все более широко применяются в промышленно развитых странах при строительстве и горных работах. Особенно часто применяются барражи типа «стенка в грунте» как один из прогрессивных, эффективных и экономичных способов предотвращения притока подземных и подрусовых вод (рис.12).

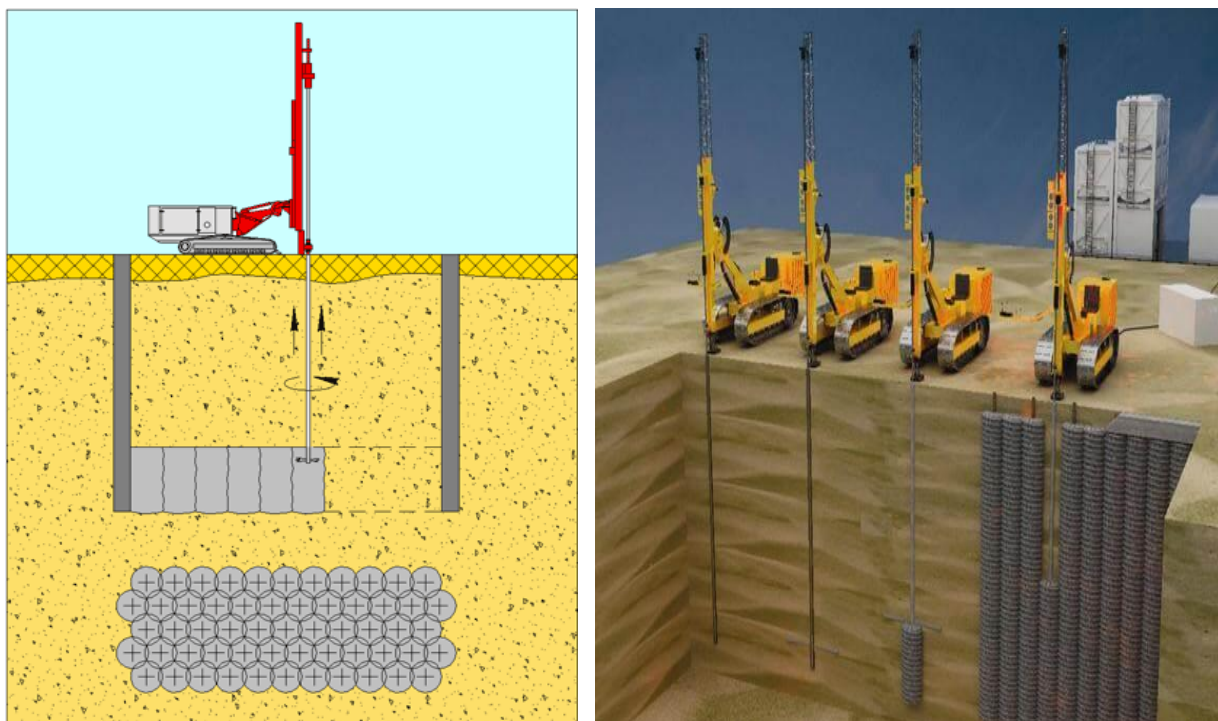


Рисунок 12 -Процесс строительства противофильтрационной завесы в грунте

Сущность способа заключается в устройстве вертикальных стенок из водонепроницаемых материалов, пересекающих водоносные горизонты и перекрывающих притоки грунтовых и подземных вод в горные выработки или в выемки при строительстве крупных промышленных и гражданских объектов.

Барражные завесы типа «стенка в грунте» широко применялись в Польше при ограждении серных карьеров от проникновения притоков инфильтрационных потоков вод Вислы, а также притоков грунтовых вод. Аналогичные работы проводились в Германии при разработке бурогольных карьеров и также подтвердили эффективность противофильтрационных барражей. В Украине этот способ был применен при строительстве Подорожненского серного карьера Роздольского ПО «Сера». Длина барражной траншеи составила 11 км. Противофильтрационные завесы для перехвата подземных вод в глубоко залегающих водоносных горизонтах выполняются посредством нагнетания через скважины различных тампонажных материалов (рис 13).

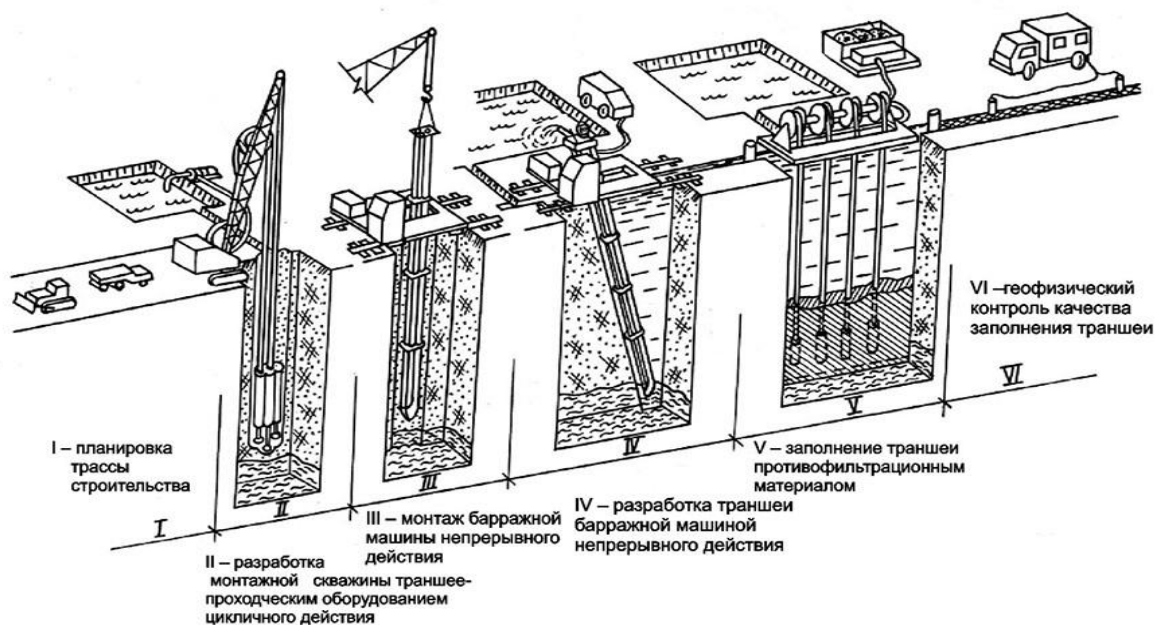


Рисунок 13 – Сооружение противофильтрационной завесы «стена в грунте»

Применение предохранительных мероприятий при разработке водообильных месторождений полезных ископаемых способствует сохранению природных водных ресурсов.

Для противofiltrационных завес, устраиваемых способом «стена в грунте», должны выполняться фильтрационные расчеты с целью:

- обоснования наиболее рациональных и экономичных размеров и конструкций - завес и сооружений, сопрягаемых с завесами и зависящих от параметров фильтрационного потока;
- обеспечения устойчивости и фильтрационной прочности завес, а также откосов и сооружений, расположенных в зоне их влияния.

Фильтрационными расчетами должны определяться следующие параметры фильтрационного потока:

- фильтрационный расход;
- напоры и градиенты напора на гранях противofiltrационных завес и расположенных в грунте сооружений, а также на характерных участках фильтрационного потока (подошва сооружений, на контакте разнородных слоев грунта, в местах выхода потока в нижний бьеф или дренаж и др.) в зависимости от требований, предъявляемых к проектируемому сооружению, сопрягаемому с противofiltrационной завесой;
- положение пьезометрической или свободной поверхности фильтрационного потока (депрессионной поверхности) у граней противofiltrационной завесы или расположенного в грунте сооружения, а также на характерных участках области фильтрации (на участках выхода потока на откосы, на участках сопряжения с другими сооружениями и др.).

Для предварительных фильтрационных расчетов, а также для окончательных фильтрационных расчетов при несложных гидрогеологических условиях площадки строительства допускается

пользоваться приближенными способами решения плоской или пространственной задачи теории фильтрации.

При сложных гидрогеологических условиях площадки строительства и сложной конструкции сооружения, сопрягаемого с противофильтрационными завесами, параметры фильтрационного потока следует определять экспериментальным путем, например по методу электрогидродинамических аналогий (ЭГДА).

Расчет фильтрационной прочности материала заполнения противофильтрационной завесы (при заданной толщине завесы) должен производиться с учетом фильтрационных и деформативных свойств вмещающего грунта. При этом должно соблюдаться условие

$$I < I_d, \quad (24)$$

Где, I - градиент напора на противофильтрационной завесе, определяемый фильтрационным расчетом;

I_d - допустимый градиент напора, определяемый экспериментальным путем; при отсутствии таких данных допускается ориентировочные значения (по опыту проведенных работ) принимать по табл.6.

Таблица 6 – Допустимые градиенты напора для противофильтрационных завес

Материал заполнения противофильтрационных завес	Допустимый градиент напора I_d для сооружений	
	постоянных	временных
Бетон	150	200
Глиноцементный раствор	100	150
Комовая глина	30	50
Заглинизированный грунт	20	30

Глубина противофильтрационных завес определяется их назначением и гидрогеологическими условиями площадки проектируемого объекта. Наиболее целесообразно устройство противофильтрационных завес, полностью прорезающих водоносные слои и частично заглубленных в

водоупорный слой грунта; при глубоком залегании водоупорного слоя и невозможности или нецелесообразности полного прорезания водоносных слоев грунта глубина противofильтрационной завесы должна определяться на основании фofильтрационных расчетов.

Контрольные вопросы

1. Состав проекта на осушение месторождения полезного ископаемого
2. Характеристика способов осушения МПИ
3. Охарактеризуйте поверхностный способ осушения
4. Что такое мелкий дренаж?
5. Конструкция водопонижительной скважины
6. Что такое глубокий дренаж?
7. Что такое горизонтальный дренаж?
8. Характеристики иглофiльтровых установок
9. Дренажные канавы и колодцы
10. Охарактеризуйте подземный способ осушения
11. Комбинированный способ осушения
12. Противofильтрационные завесы

Список литературы

1. Абрамов С.К., Скиргелло О.Б. Осушение шахтных и карьерных полей. – М: Недрa, 1968. – 254 с.
2. Гальперин А.М., Зайцев В.С., Харитоненко Г.Н, Норватов Ю.А. Геология. Часть III – Гидрогеология. Учебник для вузов. – М:» Мир горной книги». Издательство московского горного университета, издательство «Горная книга». 2009.- 400 с.
3. Мироненко В.А., Мольский Е.В., Румынин В.Г. Горнопромышленная гидрогеология . Учебник для вузов.- М.: Недрa, 1989.- 287 с.

4. Справочник по осушению горных пород / под. ред. И.К.Станченко. – М.: Недра,1984.- 572 с.
5. Справочник гидрогеолога / под. ред. М.Е.Альтовского.- М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1962. – 615 с.
6. Скабалланович И.А., Осауленко В.Т. Инженерная геология, гидрогеология и осушение месторождений. – М: Недра, 1989.-197 с.

Глава 5 Системы и схемы осушения шахтных и карьерных полей

Основные задачи систем осушения (защиты) горных выработок:

- не допускать притоков воды в размерах, при которых возникают затруднения с ее каптажем и отводом, в результате чего нарушается нормальное ведение горных работ;
- не допускать разрушения водой горных пород, окружающих выработки, за исключением случаев, способствующих разработке работ в забое (например, при применении гидромеханизации);
- предупреждать прорывы воды, вызывающие приостановку горных работ и являющиеся причиной несчастных случаев.

Следует учитывать необходимость сохранения окружающей среды, обеспечивая снижение до минимума причиняемого ей ущерба и предусматривая соответствующее восполнение.

Для решения указанных задач в системах осушения следует предусматривать сооружения, устройства и мероприятия по регулированию поверхностного стока, снижению напоров и притоков в выработки подземных вод, отводу всех видов рудничных вод к намеченным местам сброса с помощью:

- водопонижения с применением открытых и вакуумных водопонижительных скважин, иглофильтровых установок, дренажа и водоотлива из открытых и подземных горных выработок; противофильтрационных завес (траншейных, свайных, инъекционных, льдопородных и сооружаемых с помощью струйной технологии) гидротехнических сооружений, водоотводящих устройств и необходимых мероприятий по охране окружающей среды.

5.1 Обязательные требования при выборе системы защиты горных выработок от фильтрационных процессов

1. При выборе решения по системе защиты горных выработок необходимо прежде всего произвести всестороннюю оценку природных условий. Эта оценка, предварительно выполняемая по литературным, рекогносцировочным и другим данным еще до начала разведки месторождения и непрерывно уточняемая в процессе его разведки, анализа материалов разведки, предпроектной и проектной проработки вопросов освоения месторождения, должна быть направлена на выявление природных факторов, определяющих рассматриваемые в комплексе целесообразные способы и системы горных работ и защиты горных выработок от подземных и поверхностных вод.

2. В случае расположения месторождения в зоне возможных опасных геологических процессов (вулканических, сейсмических, оползневых, обвальных, селевых, лавинных, криогенных и др.) они должны быть учтены в проекте защиты проектируемого горного предприятия.

3. Необходимо учитывать, что в процессе разработки месторождения и осуществления систем защиты природные условия претерпевают значительные изменения. Изменяются условия стока поверхностных вод и питание ими подземных вод. Резко изменяется режим подземных вод. Области разгрузки превращаются в области питания; в районе месторождения изменяются не только уровни, но и скорости направления движения, температура, химический состав, газосодержание и другие характеристики подземного потока.

Все эти изменения находятся в прямой зависимости от методов защиты и применяемых сооружений и устройств.

4. В сложных условиях, когда необходимо предусматривать опытно-производственные работы, их следует выполнять по специальному

проекту с включением опытных защитных мероприятий (водопонижения, противодиффузионной завесы), а также осуществляемую под их защитой какую-то часть проектируемого строительства и комплекс исследований и наблюдений, намечаемых в соответствии с нормативными требованиями.

5. Опытно-производственные работы предназначаются для получения полноценных данных для проектирования защиты горных выработок на длительный период их строительства и эксплуатации, ускорения и снижения стоимости строительства путем сокращения времени, материальных и трудовых ресурсов, необходимых на сложные изыскания и строительные-монтажные работы.

6. Опытно-производственные работы относятся к строительным-монтажным и выполняются, как правило, строительной организацией, но для выполнения гидрогеологических и инженерно-геологических наблюдений и исследований возможно привлечение изыскательских организаций.

7. В проектах следует предусматривать поэтапное выполнение защитных мероприятий с тем, чтобы на каждом последующем этапе можно было вносить коррективы в проектные решения, если данные предыдущего этапа выявят необходимость в этом.

5.2 Виды систем осушения

Под системой осушения подразумевается порядок проведения осушительных мероприятий по определенным схемам, увязанным с горными работами в пространстве и во времени.

Иными словами, системой осушения является последовательность введения в работу дренажных устройств, располагаемых в плане и в высотном измерении по той или иной схеме с таким расчетом, чтобы

развитие депрессии подземных вод обеспечивало бы своевременное создание безопасных условий для проведения горных работ.

Системы осушения разрабатываются применительно к конкретным гидрогеологическим и инженерно-геологическим условиям шахтного или карьерного поля на основе плана и календарного графика горных работ.

В системе осушения определяется:

- схема расположения дренажных устройств в плане и разрезе, привязанная к участкам горных работ, в дальнейшем именуемая схемой осушения;
- последовательность введения дренажных устройств в работу в увязке с планом и графиком подготовительных и очистных работ.

При разработке системы осушения очень важно правильно, в соответствии с развитием горных работ, запроектировать своевременное дренирование тех или иных водоносных горизонтов.

Так, например, в период строительства шахты обычно необходимо осушить только те горизонты, которые создают опасность при проведении подготовительных горных выработок. Лишь к началу проведения очистных работ (с известным их опережением) должно планироваться осушение верхних горизонтов, которые будут захвачены зоной обрушения.

Выделяют следующие системы осушения:

- опережающее;
- параллельное;
- совмещенное, когда опережающее и параллельное осушения проводятся одновременно.

В системе опережающего осушения к дренированию карьерного или шахтного поля приступают до начала горных работ, а в дальнейшем осушительные мероприятия с опережением во времени; при этом

дренажные устройства располагаются, в основном, вне подготовительных и эксплуатационных выработок и с ними не связанных.

Система опережающего осушения применяется, в основном, на месторождениях с простыми гидрогеологическими условиями, но лишь в том случае, когда это месторождение необходимо дренировать заблаговременно.

При опережающем осушении различают две главные особенности:

- развитие депрессий подземных вод идет впереди движения фронта горных работ, как во время строительства шахты или карьера, так и в период их эксплуатации;
- развитие депрессии подземных вод происходит в период строительства, а во время эксплуатации депрессия поддерживается в стабильном состоянии.

В системе совмещенного осушения к дренажу приступают до начала горных работ, а затем, во время строительства и эксплуатации шахты или карьера, осушительные мероприятия проводят как с опережением горных работ, так и одновременно с продвижением их забоев. Эта система осушения является наиболее распространенной и применяется на месторождениях со сложными и очень сложными гидрологическими условиями.

В этой системе различают следующие основные особенности: последовательное наложение депрессионных воронок при опережающем осушении горных работ в период строительства, а затем и при параллельном осушении, одновременно с их проведением во время эксплуатации; наложение депрессионных воронок происходит в период строительства шахты, а затем, во время эксплуатации они поддерживаются в стабильном состоянии.

5.3 Схемы осушения

Схемы осушения определяют положение дренажных устройств в пространстве относительно горных работ, при этом в каждой системе может быть несколько схем осушения. Разработка схемы осушения является главным элементом проектирования системы осушения.

Схемы осушения по расположению дренажных устройств в плане, классифицируются на однолинейные, двухлинейные, сетчатые, одноконтурные, двухконтурные (концентрические и отдельные) и кустовые (рис.14).

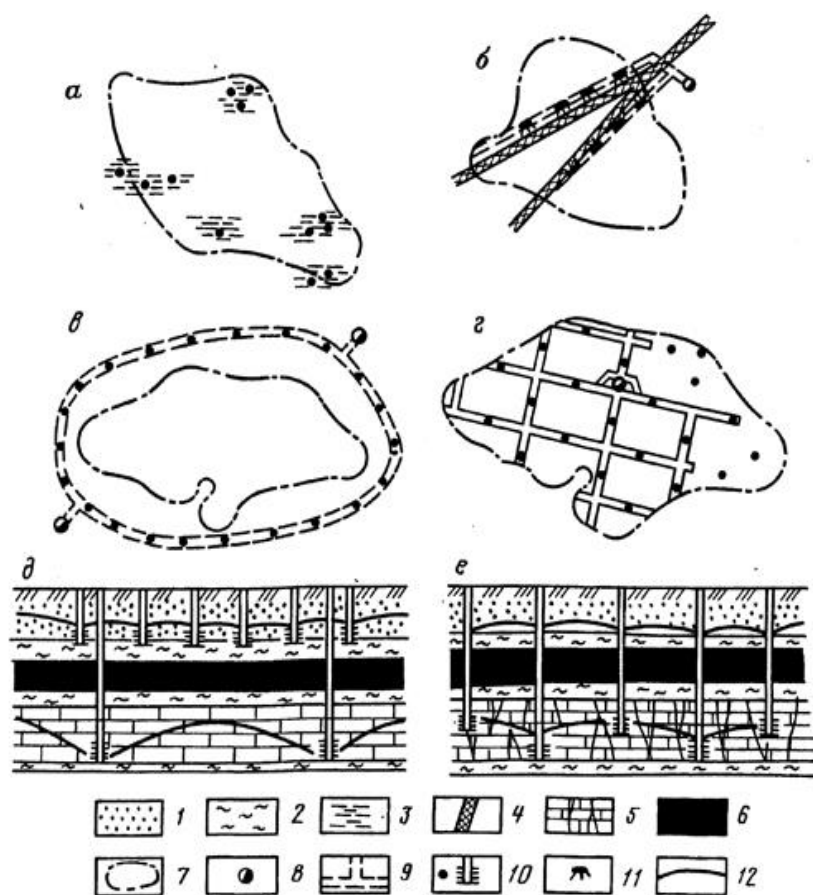


Рисунок 14- Схемы расположения дренажных устройств:

а — кустовая; *б* — линейная; *в* — контурная; *г* — сетчатая; *д, е* — двухгоризонтальные бесколлекторная и коллекторная. 1 — пески обводненные; 2 — глины; 3 — зоны закарстованных пород; 4 — зоны трещиноватых пород; 5 — известняки трещиноватые и закарстованные; 6 — уголь; 7 — техническая граница поля; 8 — ствол шахты; 9 — дренажные подземные выработки; 10 —

водопонижающие скважины (в плане и разрезе); 11 — горизонтальные или наклонные скважины; 12 — депрессионная кривая

Развивая эту классификацию, необходимо отметить, что в плане схемы осушения могут быть стабильными, т.е. иметь постоянное положение или скользящие, изменяющиеся в соответствии с продвижением горных работ.

В высотном отношении схемы осушения можно разделить на одноярусные двух- и многоярусные. Как показывает опыт проектирования осушения месторождений, в большинстве случаев разрабатываются наиболее экономичные «местные схемы осушения», непосредственно защищающие от подземных вод те или иные участки горных работ по этапам их проведения. Иногда схемой осушения охватывается все карьерное поле.

Выбор той или иной схемы осушения определяется формой и размерами защищаемых от подземных участков горных выработок и их гидрогеологическими условиями. В местных схемах осушения дренажные устройства располагаются вблизи защищаемых горных выработок, с учетом гидрогеологических условий, рельефа почвы осушаемого пласта и расположения наземных сооружений. В ряде случаев схемы осушения носят «районный» характер, при перехвате фильтрационных вод из рек и т.д.

Линейные схемы осушения состоят из одного или двух рядов водопонижающих скважин или колодцев, иглофильтров и других дренажных устройств вертикального типа или же из дренажных горизонтального типа - дренажных штреков, штолен, горизонтальных скважин и т.д.

В условиях местного осушения линейные схемы используются для въездных и разрезных траншей, для рабочих бортов карьеров, для квершлагов и штреков главных направлений.

В контурных схемах скважины и другие дренажные устройства вертикального типа размещаются в вершинах треугольника, неправильного многоугольника и по окружности, Дренажи горизонтального типа (например, дренажные штреки) в контурных схемах располагаются по эллипсу или же неправильному многоугольнику, а так же по окружности.

Контурные схемы, в основном, применяются при горизонтальном залегании водосодержащих пород, обладающих различной водопроницаемостью; они весьма эффективны, поскольку преграждают доступ подземных вод на защищаемый участок по всему его периметру. При местном осушении выработок контурные схемы получили наибольшее распространение на участках околовольных выработок и выемочных участках и на открытых разработках небольших размеров, когда схемой осушения охватывается все карьерное поле.

Двухконтурные схемы осушения образуют в плане две взаимодействующие, расположенные вблизи друг от друга контурные установки дренажных устройств, например, установки водопонижающих скважин на двух шахтных стволах или на двух выемочных участках. Могут найти применение и концентрические двухконтурные схемы осушения, когда одна малая контурная установка дренажных устройств, работает внутри другой большой контурной установки.

Сетчатая (линейная взаимоперекрещивающаяся) схема осушения не имеет широкого распространения и применяется лишь в условиях слабой водопроницаемости дренируемых пород, когда контурная схема не обеспечивает необходимого осушения. В данном случае дренажные горизонтальные выработки с вертикальными дренажными устройствами - сквозными и забивными фильтрами располагаются по более или менее правильной сетке.

Кустовая схема осушения, состоящая из водопонижающих скважин или других вертикальных устройств, обычно применяется при резко выраженной зональной трещиноватости или закарстованности водосодержащих пород. Водопонижающие скважины или другие устройства закладываются в этом случае группами, без определенной системы, в увязке с выявленными разведкой зонами высокой водообильности.

На одном и том же карьерном или шахтном поле возможно использование одновременно нескольких схем осушения. Дренажное водонесущих горизонтов на одних и тех же шахтных или карьерных полях может осуществляться по различным схемам не только в плане, но и по вертикали. Рассмотрим наиболее часто встречающиеся местные схемы осушения горных выработок по стадиям вскрытия шахтных и карьерных полей при системе совмещенного осушения и комбинированном способе дренажа.

5.4 Схемы осушения шахтных полей

Осушение выработок околоствольного двора. Своевременному дренажному участку околоствольного двора шахты должно придаваться особое значение, т. к. наибольшие трудности по достижению необходимого снижения уровней подземных вод встречаются в начальный период вскрытия шахтного поля и на этом участке особенно важно не допускать возникновения прорыва воды и песка в горные выработки, т. к. прорывы приносят здесь наибольший ущерб, вызывая деформации наземных сооружений шахты.

На участках околоствольного двора дренажному подлежат водонесущие горизонты, близко расположенные в почве и кровле природного ископаемого, а осушение верхних горизонтов обычно не

требуется. Для осушения этих участков обычно применяются контурные схемы и лишь в отдельных случаях, например, при высоких фильтрационных показателях напорных водоносных горизонтов, залегающих в подошве природного ископаемого или рабочего горизонта, дренажные устройства закладываются по линейной схеме (рис.15).

В целях предварительного осушения здесь бурятся водопонижающие или водопоглощающие скважины. Сработка остаточных столбов воды в водоносных горизонтах осуществляется с помощью линейных или контурных установок забивных фильтров, восстающих скважин, иглофильтров и т. д.

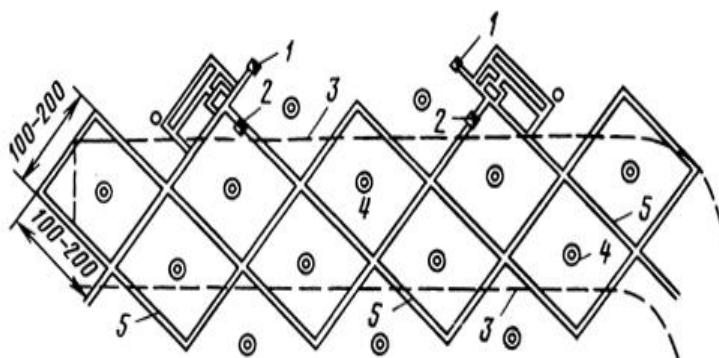


Рисунок 15- Схема подземного осушения (план): 1 — ствол дренажной шахты; 2 — вентиляционный шурф; 3 — контур разрезной траншеи; 4 — поглощающие колодцы; 5 — дренажные истреки. Размеры даны в метрах

Осушение участков истреков главных направлений и квершлагов.

При предварительном осушении этих выработок, как правило, применяется линейная схема расположения водопонижающих скважин, заложенных вдоль квершлагов или истреков. Кроме того, дополнительные скважины закладываются в понижения подошвы водоносных горизонтов, вблизи этих выработок. В дальнейшем, при параллельном осушении из рассматриваемых подземных выработок,

бурятся забивные фильтры, восстающие скважины и другие устройства, которые образуют однолинейные или двухлинейные установки.

На участках рассматриваемых выработок дренированию подлежат водоносные горизонты, близко к ним расположенные; верхние же горизонты, дренировать здесь обычно не требуется. Однако, имея ввиду необходимость ускорения осушения этих горизонтов на выемочных участках, часто целесообразно закладывать и на эти горизонты некоторое количество скважин на прилегающих к выемочным участкам штреках или квершлагах.

Осушение выемочных участков. При дренировании выемочных участков, разрабатываемых с обрушением кровли, уделяется большое внимание предварительному осушению верхних водоносных горизонтов, находящихся в зоне обрушения.

На первоочередных выемочных участках применяются контурные схемы водопонижающих скважин или же скважины располагаются по сетке. Для заложения скважин, по возможности, используются имеющиеся вблизи защищаемого участка понижения гипсометрии подошвы водоносного слоя. Водоносные горизонты, залегающие ниже выработок рабочих горизонтов, могут дренироваться линейными установками скважин. Внутришахтные дренажные устройства при параллельном осушении в плане образуют контурные и линейные схемы.

Осушение последующих выемочных участков в период эксплуатации шахты обычно осуществляется с помощью скользящих контурных установок скважин, передвигающихся впереди фронта горных работ и подземных дренажных устройств, закладываемых одновременно с нарезкой выемочных участков. В случае штокообразного залегания природного ископаемого, применяются контурные схемы осушения, охватывающие все, или практически все, шахтное поле. Они создаются

в период строительства или до освоения проектной мощности шахты. Такие схемы остаются без изменений до конца отработки поля. Вначале, обычно, производится предварительное водопонижение при помощи скважин, расположенных по границам поля, под защитой которого проходятся подготовительные шахтные выработки. Затем из этих выработок закладываются подземные дренажные устройства для дальнейшего осушения водоносных горизонтов, которые закладываются как по контурным, так и по линейным схемам.

5.5 Схемы осушения карьерных полей

Осушение разрезной и въездной траншей является наиболее ответственной частью дренажа всего карьерного поля. При системе совмещенного осушения предварительно вводятся в работу установки водопонижающих скважин, располагающихся по линейным схемам, вдоль траншеи, па одном или обоих его бортах (рис. 16).

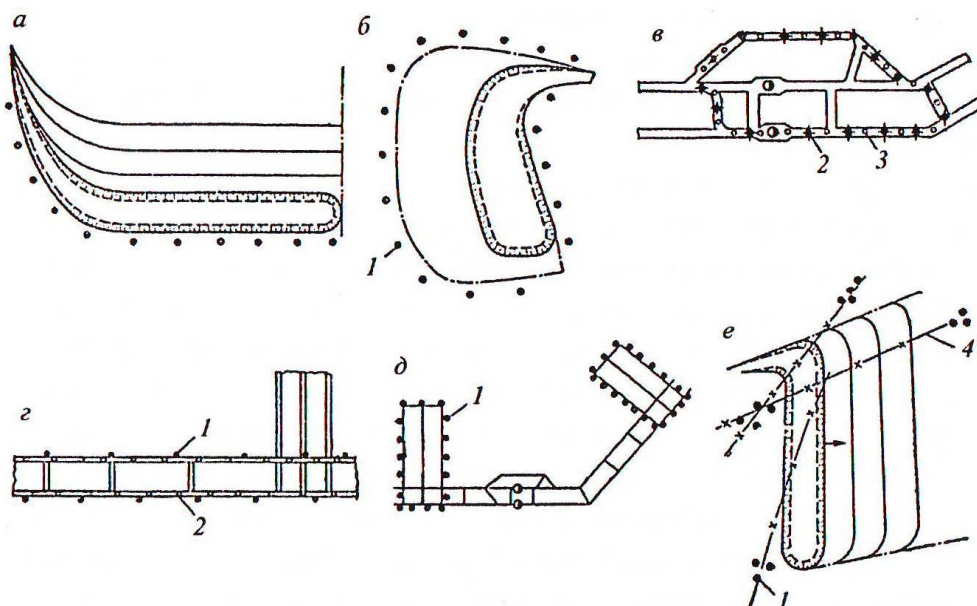


Рисунок 16 – Стабильные схемы осушения:

а – однолинейная схема осушения карьера; *б* – одноконтурная система осушения карьера; *в* – одноконтурная система осушения околоствольного двора; *г* – двухлинейная система осушения штреков главных направлений; *д* – двухконтурная система осушения выемочных участков; *е* – кустовая схема осушения карьера; 1-

водопонижающие скважины; 2- сквозные фильтры; 3- восстающие скважины или водопонижающие колодцы; 4 – тектонические напушения

В дальнейшем при развитии подземного дренажного комплекса, эти скважины переоборудуются в сквозные фильтры. Из дренажных штреков дополнительно бурятся восстающие скважины и трубчатые водопонижающие колодцы, так же образующие линейные установки

При углублении траншеи и приближения ее забоя к оставшемуся неосушенному слою водоносных пород в две траншеи могут быть пройдены расположенные по линейным схемам дренажные канавы, водопонижающие колодцы, иглофильтры и т. д.

Осушение нерабочего борта карьера обычно осуществляется при помощи устройств, входящих в схему дренажа разрезной траншеи. Кроме того, для обеспечения устойчивости борта и организованного приема воды, поступающей в обход водопонижающих скважин или сквозных фильтров, устраивается прибортовой дренаж или бурятся горизонтальные дренажные скважины, расположенные по линейной схеме. В некоторых случаях эти дренажные устройства являются самостоятельными и заменяют водопонижающие скважины.

Осушение рабочего борта. Для перехвата подземного потока, на пути его движения к рабочему борту карьера, по линии вдоль вскрышного уступа карьера, с опережением его подвигания на 2- 5 лет, закладываются линейные установки водопонижающих скважин. В дальнейшем, при подходе забоев подземных дренажных выработок, последние превращаются в сквозные фильтры. При подрезке уступов карьера линии водопонижающих скважин или сквозных фильтров первой очереди, в работу вступает заранее подготовленная линейная установка второй очереди, т. е. создается схема скользящих линейных установок (рис.17).

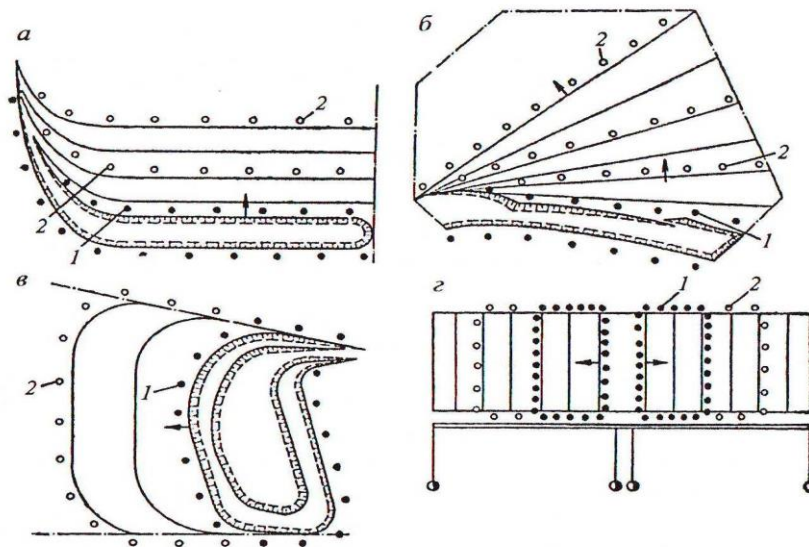


Рисунок 17 – Скользящие схемы осушения:

а – схема скользящих параллельных рядов на карьере; б – схема скользящих веерных рядов на карьере; в – схема скользящих контуров на карьере; г – схема скользящих контуров на выемочном участке; 1- водопонижающие скважины первой очереди; 2- водопонижающие скважины второй и последующих очередей

Нередко, при небольшой площади распространения природного ископаемого, осушение карьеров осуществляется по контурной схеме. В этом случае дренажные устройства закладываются по границам всего карьерного или отдельным его участкам, по очередям отработки.

5. 6 Расчеты осушения шахтных и карьерных полей

Существуют следующие методы расчета осушения шахтных и карьерных полей:

- теоретические – аналитические и графические методы, а так же метод конечных разностей;
- экспериментальные (метод электрогидродинамических аналогий - ЭГДА) и гидравлических аналогий;
- смешанные, представляющие совместное использование теоретических и экспериментальных методов.

В практике осушения месторождений природных ископаемых наибольшее распространение получили аналитические методы и, лишь

в последние годы, для месторождений с особо сложными гидрогеологическими условиями, начинают применяться и экспериментальные методы расчета (главным образом ЭГДА).

Следует отметить, что возможности применения аналитических методов в чистом виде сравнительно ограничены, т. к. расчетные формулы, основанные на этих методах, получены для геометрически правильных схем расположения дренажных устройств, при их заложении, главным образом, в водоносные пласты однородного строения.

Значительно большие возможности в этом отношении имеет метод ЭГДА. При помощи этого метода и последующих пересчетов представляется возможным строить сетки движения подземных вод, как в плане, так и в профиле для самых разнообразных (в т.ч. и сложных) схем расположения дренажных устройств, а также по этим сеткам подсчитывать соответствующие им дебиты, т. е. получить полную картину распределения напоров, скоростей и расходов в зоне действий дренажа в плане или профиле. При этом представляется возможным достаточно точно учесть и неоднородность строения горных пород в отношении их водопроницаемости как в профиле, так и в плане, а также степень несовершенства дрен на глубине вскрытия ими водоносного пласта. Метод ЭГДА основан на аналогии, т.е. моделирование системы по аналогии, а именно на аналогии (подобии) между различными физическими явлениями основанная на сходстве уравнений, лежащих в основе описания данных физических явлений. С этих позиций фильтрация жидкости, удовлетворяющую закону Дарси, имеет аналогию с распространением тепла, диффузией, постоянным электрическим током и т. д., например, по аналогии между физическими величинами, описывающими фильтрацию и электрический ток. На рисунке 18 представлена схема

электро моделирования фильтрации воды под плотиной на установке ЭГДА.

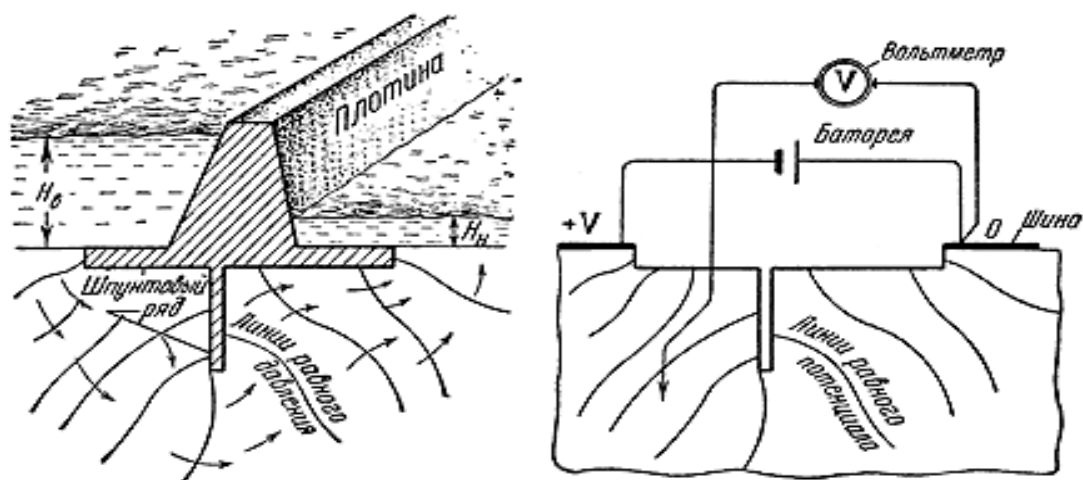


Рисунок 18- Решение задачи о фильтрации воды под плотиной методом электро моделирования на установке ЭГДА:

а - схема процесса, происходящего в натуре: $H_в$ и $H_н$ – уровни воды выше и ниже плотины; стрелки показывают направление фильтрации; б - электрическая модель этого процесса.

Метод ЭГДА достаточно прост, портативен и особенно эффективен, если сочетается с применением аналитических формул (смешанный метод), т.к. дает возможность произвести расчеты дренажных устройств различных типов при сложных схемах их расположения и условиях работы.

Метод ЭГДА имеет в виду установившееся движение подземных вод, но в последнее время, основываясь на методе последовательной смены стационарных течений, его начинают использовать и для расчета неустановившегося движения подземных вод.

Графический метод осушения весьма громоздок и трудоемок. При наличии метода ЭГДА графический метод обычно не используется. При расчетах дренажных устройств он может рассматриваться и применяться лишь как вспомогательный.

Метод конечных разностей, предложенный Г. Н. Каменским, обычно используется для решения задач по неустановившемуся движению

подземных вод, что позволяет при их помощи рассчитывать развитие депрессионных воронок во времени. Для методики конечных разностей характерна трудоемкость вычислительных работ.

В разделе «Системы осушения шахтных и карьерных полей» были подробно рассмотрены все схемы и системы, применяемые при осушении месторождений природных ископаемых. Так, по расположению дренажных устройств в плане они подразделяются на однолинейные двухлинейные, сетчатые, одноконтурные, двухконтурные и кустовые.

Линейные применяются при осушении месторождений с крутым или наклонным залеганием пластов; контурные - при горизонтальном залегании пластов (по контуру). Во всех схемах наиболее распространенным видом дренажных устройств являются скважины: вертикальные и горизонтальные; водопонижающие и водопоглощающие.

Под защитой водопонижающих скважин, располагаемых вдоль или по контуру горизонтальных выработок, котлованов, траншей или квершлагов главных направлений производится вскрытие полезного ископаемого. В дальнейшем водопонижающие скважины располагаются по контуру отработки полезного ископаемого и при сооружении дренажных горных выработок они переоборудуются в сквозные фильтры.

В зависимости от способа вскрытия полезного ископаемого и формы рудной залежи водопонижающие скважины располагаются по контуру прямой линии конечной длины, прямоугольнику, трапеции или кругу и представляют собой систему взаимодействующих дренажных устройств. В задачу гидрогеологического расчета в данном случае входит определение дебита взаимодействующей системы скважин для достижения заданного понижения уровня воды в пласте на линии

проведения горно-капитальных выработок в намеченные графиком строительства горнорудного предприятия сроки. Вначале обычно определяют суммарный дебит водопонижающих скважин, используя для этой цели получивший широкое распространение в подземной гидродинамике метод обобщенных систем.

Водопоглощающие скважины предназначены для сброса дренажных вод верхних водоносных горизонтов в более глубокие, залегающие ниже пласта полезного ископаемого, чем достигается осушение вышележащей толщи.

Вода может спускаться как в сухие, так и в обводненные пласты, но в последних уровень воды должен быть значительно ниже уровня верхнего горизонта, желательно ниже почвы осушаемого пласта или осушаемых горных выработок. Чем больше проницаемость поглощающего воду пласта и чем ниже его уровень по сравнению с осушаемым горизонтом, тем сильнее будет водопоглощение.

Учитывая, что нижние водоносные горизонты часто служат источником питьевого водоснабжения и поэтому подлежат санитарной охране, возможность сброса шахтных вод и вод вышележащих горизонтов, нередко загрязненных продуктами разложения органических веществ, должна определяться в каждом конкретном случае после детального изучения химического и бактериального состава сбрасываемых вод.

Например, в Подмосковном угольном бассейне, практикуется сброс по поглощающим скважинам вод, приуроченных главным образом к известнякам и частично к пескам, в подугольные известняки с одновременной откачкой и понижением уровня воды в последних мощными насосами установленными в водопонижающих скважинах.

Места заложения водопоглощающих скважин выбирают по возможности на участках понижения дренируемых верхних водоносных горизонтов. Скважины оборудуют фильтрами, как в осушаемых слоях,

так и в поглощающем водоносном горизонте, если стенки скважины неустойчивы. При устойчивых стенках скважин в поглощающем слое фильтр не ставят.

Конечный диаметр водопоглощающих скважин обычно составляет 75 – 100 мм, начальный -250 -300 мм. Оборудование скважин блоковыми фильтрами из пористого материала и увеличение диаметра до 500 мм повышает их эффективность.

Количество воды, поглощаемой скважиной, заложенной в напорном водоносном слое, определяют по формуле:

$$Q = 2.73 km (h - H) / \lg R - \lg r_c \quad (25)$$

а дебит поглощающей скважины в безнапорных водах - по формуле

$$Q = 1.36k (h^2 - H) / \lg R - \lg r_c \quad (26)$$

где $h - H$ - превышение уровня воды в скважине над естественным уровнем воды в поглощающем слое.

Использование водопоглощающих скважин целесообразно только в тех случаях, когда разность уровней воды в осушаемом H_1 горизонте и поглощающем H_2 слоях значительна и для поглощающего слоя произведение коэффициента фильтрации на мощность пласта k_2m_2 больше, чем для осушаемого пласта k_1m_1 .

5.7 Осушение отвалов пустых пород

На открытых горных работах деформации откосов приурочены главным образом и отвалам пустых пород.

5.7.1 Внутренние и внешние отвалы

Различают следующие четыре вида основных деформаций этих отвалов:

- *оползневые деформации* - сползание уступа отвала по определенным поверхностям скольжения, образующимся в перенапряженной зоне массива отвала, - «уступный оползень» или с захватом подошвы - «подошвенный оползень»;

- *пластические деформации*, т.е. выжимание и вытекание из тела отвала массы породы, находящейся в пластичном состоянии, - так называемые «выползны»;

- *поверхностные деформации* - осыпи, осы, обрушения и размывы откосов;

- *осадочные деформации*, обусловленные недоуплотненностью пород в теле и в подошве отвала (просадки)

По классификации П. Н. Панюкова основные деформации внутренних и внешних отвалов подразделяются на следующие виды:

- *надподошвенные оползны* - смещения горных масс отвала по поверхностям, проходящим в толще отвала:

- *подошвенные оползны* - смещения горных масс отвала по его основанию, наклоненному в сторону откоса;

- *подподошвенные оползны* - смещения горных масс отвала по поверхностям ослабления, проходящим в толще основания отвала;

- *оползны выдавливания* - оползню предшествует и сопутствует выдавливание пластических глинистых масс отвала или его основания;

- *оползны оплывания* - оползню сопутствует оплывание водонасыщенных масс отвала;

- *оползны проседания* - оползню сопутствует самоуплотнение свежесыпанных горных масс отвала.

Наибольший ущерб отвальному хозяйству приносят нарушения равновесия пород, слагающих отвал, в виде оползневых и пластических деформаций. Причинами нарушения устойчивости отвалов является

ряд естественных и искусственных факторов, среди которых основная роль принадлежит проникновению воды в тело отвала.

К естественным факторам нарушения устойчивости отвалов относятся:

-гидрогеологические условия почвы отвала, а также нерабочего борта карьера, к которому прислоняется отвал. Во многих случаях тело отвала может обводняться за счет водоносных горизонтов в породах, непосредственно залегающих в его подошве или отделенных от нее небольшим слоем глин. Следует отметить, что на устойчивость отвала влияет не только непосредственное насыщение водой его подошвы, но и капиллярное его увлажнение.

Например, Ю. Н. Малюшицкий установил, что откос отвала на Байдаковском угольном карьере (при высоте 37, 5 м) в сухом состоянии должен иметь угол наклона к горизонту $20 - 30^{\circ}$, а при капиллярном насыщении $19 - 20^{\circ}$.

Внешние отвалы также нередко складываются на заболоченные участки или на территории с залеганием подземных вод вблизи поверхности земли; в частности, это имело место на Магнитогорском руднике.

Внутренние отвалы обычно примыкают к нерабочему борту карьера. В этом случае имеется угроза проникновения подземных вод в тело отвалов из водоносных горизонтов, выклинивающимися в нерабочем борту карьера, при недостаточной их дренированности.

Обводнение тела отвала служит главной причиной образования оползней.

Литологический состав и фильтрационные свойства пород, складываемых в отвал. Содержание глинистых пород в теле отвала способствует его увлажнению. По данным К. Кегеля, при содержании глин в теле отвала более 25% нарушается его структурная связь и появляется опасность возникновения оползней.

Если глинистые породы составляют 40%, то оползни могут приобрести вид земляных потоков.

Наклон поверхности основания отвала. Наклон этой поверхности в сторону рабочего способствует интенсификации движения оползней внутренних отвалов.

В этом случае создается угроза «запечатывания» оползневыми рабочего уступа карьера. Складирование внешних отвалов на наклонную поверхность также благоприятствует развитию оползней; при этом накапливание за телом отвала атмосферных осадков, стекающих по склону, способствует интенсивному его насыщению водой.

Атмосферные осадки, выпадающие непосредственно на тело отвала и в его районе. Инфильтрация осадков на не спланированную поверхность отвала достигает значительных размеров и способствует их увлажнению.

К искусственным факторам нарушения устойчивости отвалов относятся:

-неправильное распределение пород различного литологического состава в теле отвала. При перемешивании песчаных и глинистых пород в отвале на их контактах образуются поверхности ослабления сил сопротивления сдвигу. Этому, в особенности, способствует складирование глин в основании отвала. Беспорядочная отсыпка пород в отвалы создает условия для накопления в них воды и весьма затрудняет дренаж отвала;

- складирование в отвал переувлажненных пород или пород со снегом.

В случае наличия глинистых пород в теле отвала этот фактор приводит к образованию «выползней» -уступообразных валов, выжатых из тела отвала в его нижней части. Они характеризуются неожиданностью и резкостью проявления в начальный период своего возникновения. Укладка в отвалы мокрой породы или со снегом повышает их

пластичность, уменьшает силы внутреннего трения и сцепления. В этом состоянии нижние слои под действием нагрузки вышележащих пород выжимаются в основание откоса;

- *неправильный выбор параметров отвальных уступов --- их высоты и крутизны откосов.* Завышение высоты и углов откосов отвалов приводят к осыпям и обрушениям, а при наличии увлажнения пород - также и к оползневым деформациям.

Обеспечение устойчивости отвалов является необходимым условием нормального ведения вскрышных и добычных работ на карьерах.

Опыт открытых горных работ показывает, что легче и дешевле и предупредить оползни, чем с ними бороться. Деформации отвалов являются следствием воздействия нескольких из описанных выше факторов, а поэтому меры по их предупреждению должны разрабатываться комплексно. Они заключаются в предотвращении:

- насыщения подземными водами тела отвала со стороны его подошвы;
- насыщения тела отвала со стороны бортов карьера;
- инфильтрации атмосферных осадков в тело отвала.

Защита отвалов от подземных и атмосферных вод осуществляется с помощью местных систем осушения, соответствующих конкретным условиям каждого карьера. Эффективность этих систем может быть достигнута при соблюдении следующих положений:

- крутизна откосов и их высота, а также параметры предуступов, должны выбираться на основании расчетов, исходя из физико-механических свойств складированной породы и несущей способности грунтов основания;
- отсыпку пород в отвалы необходимо производить селективно с таким расчетом, чтобы пески складировались в его основании, а глины в средней части; при этом складированные породы должны быть предварительно осушены и не содержать снега;

- не допускать складирования отвалов на бровке борта карьера.

Предотвращение насыщения подземными водами тела отвала со стороны его подошвы (питание снизу). В целях предотвращения насыщения отвала водоносными горизонтами, залегающими в его основании, применяются систематический и пластовый дренажи, которые должны обеспечить прием и отвод этих вод.

Систематический горизонтальный дренаж. В практике осушения отвалов наиболее часто применяется систематический дренаж, состоящий из сети горизонтальных дрен - осушителей и собирателей, сооружаемых на территории отвалов по мере их складирования. Вода из дренажной системы отводится самотеком в водосборник, который располагается в наиболее пониженных участках рельефа основания отвала. Такой водосборник часто требуется переносить по мере продвижения фронта отвала.

Решение этой задачи на внутренних отвалах значительно облегчается, если для осушения карьера в целом, применяются подземные дренажные выработки, с которыми связывается система осушения отвалов. В этом случае ее водосборником служит водосборник подземного дренажного комплекса.

Дрены-осушители прокладываются параллельно, а собиратели - перпендикулярно фронту отвала или под некоторым углом к нему. Те и другие дрены соединены между собой. Расстояние между дренами и их глубина устанавливаются расчетом. Ширина дрен-осушителей обычно принимается 0,8 - 1,0 м.

Дрены-осушители служат для сбора воды и прокладываются примерно на одинаковом расстоянии друг от друга, причем для этой цели частично используются также и внутрикарьерные приуступные дренажные каналы (рис.19).

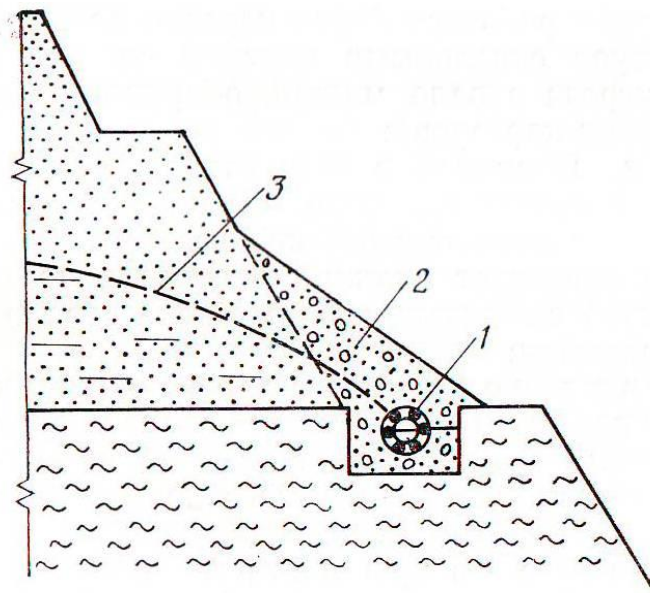


Рисунок 19 – Приуступная бортовая дрена трубочатого типа на нерабочем борту карьера:

1- трубчатая дрена; 2- фильтрующая песчано-гравийная обсыпка; 3- динамический уровень подземных вод

Дрены-сборатели должны проводиться по возможности в наиболее пониженных местах рельефа почвы отвала; по ним вода отводится в водосборник.

В траншеи собирателей и осушителей укладываются гончарные или перфорированные асбестоцементные трубы с песчано-гравийной обсыпкой. В отдельных случаях (при небольшой их длине) осушители устраиваются без укладки труб, но обязательно заполняются гравием или щебнем.

Иногда, по условиям рельефа основания отвала, наряду с проходкой траншей под дрены, приходится прокладывать трубы непосредственно по поверхности выработанного пространства. В этом случае над трубами устраивается песчано-гравийная насыпь высотой 1 - 1,5 м и шириной 2 - 3 м(рис.20-21).

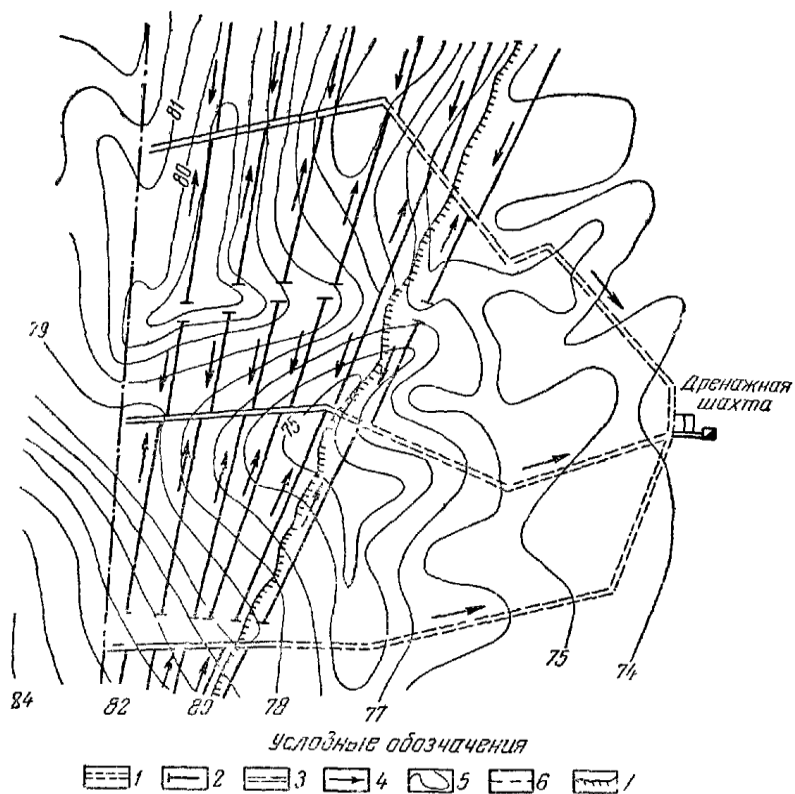


Рисунок 20 – систематический горизонтальный дренаж внутренних отвалов (по М.И. Чельцову):

1 – дренажные штреки, проводимые для осушения карьера; 2- дрены –осушители; 3- дрены –собиратели; 4- направление стока воды; 5- горизонталы поверхности основания отвала; 6- ось разрезной траншеи; 7- граница отвала

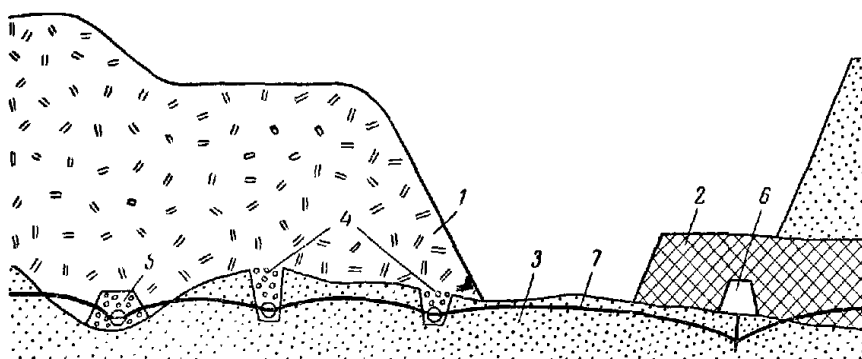


Рисунок 21 – Систематический горизонтальный дренаж внутренних отвалов:

1 – отвал; 2- руда; 3- подрудный песок; 4- дренажные каналы; 5- дренажная насыпь; 6 - дренажный штрек; 7- пониженный уровень подрудного водоносного горизонта

Систематический вертикальный дренаж. Устройство горизонтального систематического дренажа обычно затруднено, если подлежащий

осушению напорный водоносный горизонт отделен от основания отвалов глинами мощностью более 2 - 2,5м(рис. 22).

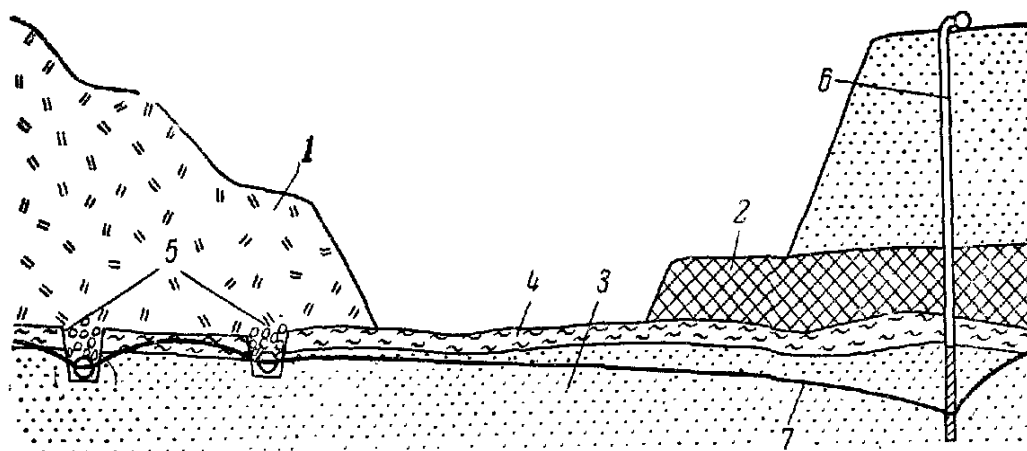


Рисунок 22 – Сочетание систематического горизонтального дренажа и водопонижающих скважин:

1- отвал; 2- руда; подрудный водоносный песок; 4- глина; 5- дренажные каналы; 6- водопонижающая скважина; 7- пониженный уровень подрудного горизонта

В этом случае возможно применение вертикального дренажа, который состоит из водопонижающих самоизливающихся скважин, закладываемых в выработанном пространстве рядами, параллельными фронту отвалов, по мере их продвижения. Вода из скважин самотеком отводится по трубопроводам в водосборники.

В целях осушения почвы внутренних отвалов возможно также сочетание системы водопонижающих скважин, оборудованных насосами, с системой горизонтального дренажа (рис. 22). В этом случае ряды водопонижающих скважин перемещаются впереди движения рабочего борта карьера, а горизонтальный дренаж наращивается по мере отсыпки отвала.

В литературе можно встретить ряд предложений по устройству вертикального систематического дренажа под внутренними отвалами. Для осушения рекомендуется использовать трубчатые

водопонижающие колодцы с откачкой воды при помощи сифонных трубопроводов. Колодцы, по мере отсыпке тела отвала, пробуриваются в выработанном пространстве рядами, параллельными его откосу.

Вместо колодцев предлагается также использовать иглофильтровые установки и даже электроиглофильтровые установки. Отметим, что контроль за работой таких вертикальных дренажей затруднен или вообще невозможен, а их применение чрезвычайно осложнило бы эксплуатацию отвального хозяйства карьера.

Пластовый дренаж представляет собой песчаную или гравийную дренирующую подушку мощностью 2 -3 м, которая отсыпается в основании отвала, по мере его складирования; применяется в случае слабой водопроницаемости пород основания отвала. Обычно его используют в сочетании с горизонтальным дренажом.

Пластовый дренаж устраивается также для дренирования самого тела отвала, в особенности, если в нем содержатся глинистые грунты. Для отвода воды из дренажа в основании фильтрующей подушки проходят с учетом рельефа местности траншеи и в них укладывают перфорированные трубы с обсыпкой, по которым вода и стекает в водосборники. Траншеи и трубопроводы наращивают по мере отсыпки фильтрующего слоя (рис. 23).

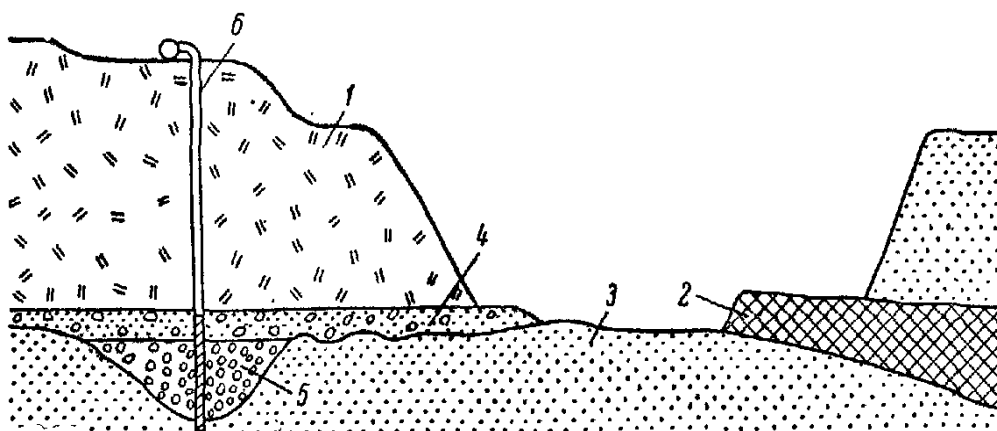


Рисунок 23 – Пластовый дренаж:

1- отвал; 2-руда; 3- подрудный водоносный песок; 4 – пластовый дренаж – песчано-гравийная подушка; 5- понижение в рельефе выработанного пространства, заполняемого крупным гравием; 6- водопонижающая скважина

Следует иметь в виду, что не всегда возможно по условиям рельефа территории, на которую складывается отвал, организовать самотечный отвод воды. В этом случае для откачки воды необходимо использовать водопонижающие скважины, которые бурят с поверхности отвала. Для заложения скважин выбирают наиболее глубокие мульдообразные понижения в рельефе выработанного пространства. При этом их предварительно заполняют крупным гравием или щебнем, и они служат коллектором дренажных вод.

Предотвращение насыщения тела отвала со стороны бортов карьера (питание сбоку). Внутренние отвалы обычно непосредственно прислоняются к нерабочему борту карьера, вследствие чего могут насыщаться подземными водами, выклинивающимися на откосах этого борта.

Мероприятия по предотвращению напитывания водой тела отвала сбоку являются общими с дренажом нерабочего борта, который обычно осуществляется при осушении карьерного поля. Они заключаются в заложении прибортовых дренажей в подошве каждого водоносного горизонта.

Вместо дрен при подземном способе осушения карьера проводится бортовой дренажный штрек со сквозными и забивными иглофильтрами.

Предотвращение инфильтрации атмосферных осадков в тело отвала (питание сверху). Эти мероприятия для внутренних и внешних отвалов заключаются в следующем:

- на бортах карьера или по верхней границе внешнего отвала прокладываются нагорные канавы, которые улавливают и отводят поверхностные воды. Если внешний отвал пересекает лощину или

овраг, то по дну их заранее прокладывают водосточную трубу с входным уширением (оголовком);

-поверхность отвалов по мере их складирования планируется и укатывается для обеспечения стока по ней дождевых и снеговых вод;

- по поверхности отвала закладываются водоотводные канавы;

- на откосах и поверхности отвала, с целью ускорения снеготаяния в снежном покрове, нарезаются 10 -12 м специальные прорези;

- в основании отвалов отсыпается фильтрующая подушка из песка и гравия для приема и отвода просочившихся в его тело атмосферных осадков.

Гидроотвалы. Гидроотвалы складировать в оврагах, балках и в других понижениях рельефа. На их устойчивость главным образом влияют следующие факторы: устойчивость пород основания и бортов отвала и наличие в них водоносных горизонтов; литологический состав и фильтрационные свойства пород тела отвала; устойчивость земляных дамб, устраиваемых для удержания отвала в балках и оврагах; параметры отвала.

Мероприятия по предотвращению деформаций на гидроотвалах весьма разнообразны, но в основном они аналогичны описанным выше. Устойчивость пород основания отвала обеспечивается с помощью пластового или систематического дренажа, а бортов -при помощи прибортовых дренажей (рис.24).

Устойчивость земляных дамб достигается путем перехвата фильтрационного в низовом ее откосе устройством трубчатого дренажа в теле дамбы или в ее основании.

Во всех случаях важно правильно распределять породы, складываемые в отвал, в зависимости от их состава - более крупный материал в его основании и у дамбы.

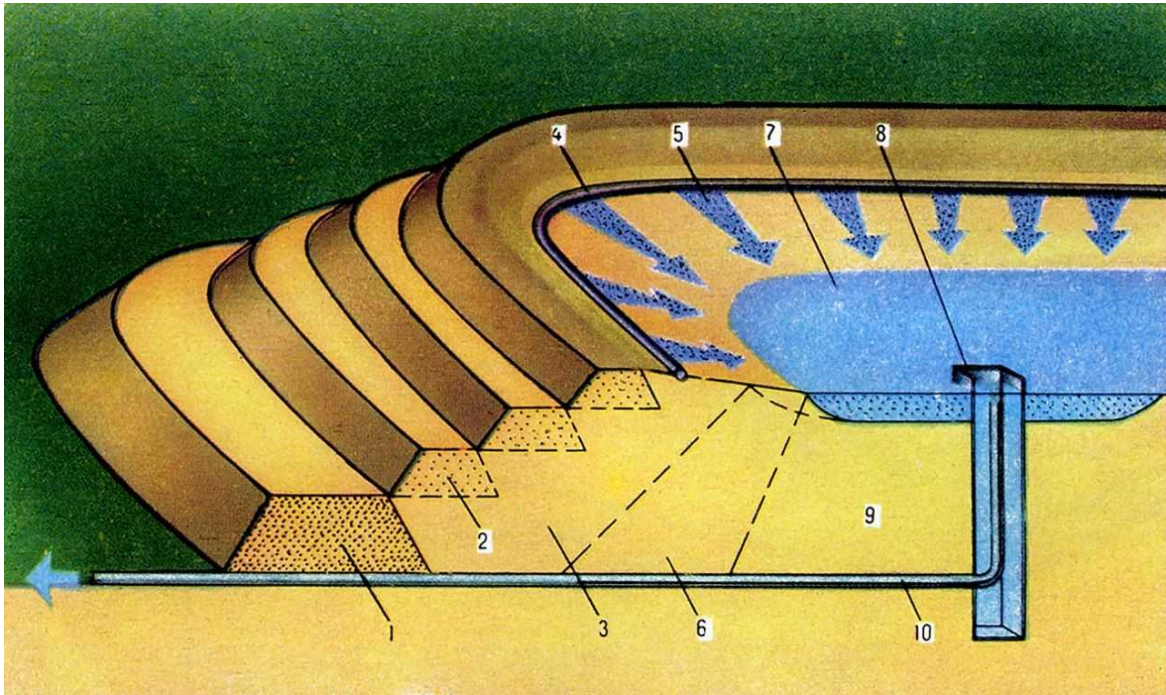


Рисунок 24- Схема основных элементов гидротвала:

1 — первичная дамба обвалования (дамба начального обвалования); 2 — дамбы последующего обвалования, возводимые поярусно; 3 — упорная призма, состоящая из наиболее крупнозернистых фракций намываемого грунта; 4 — намывной пульповод на эстакаде; 5 — пляж (поверхность между дамбой обвалования и прудком); 6 — промежуточная зона; 7 — прудок (прудок-отстойник), обеспечивающий водоосветление и водоснабжение; 8 — водосбросный (водозаборный) колодец; 9 — ядро (центральная зона); 10 — водосбросная труба

Иногда проводится непосредственное осушения отвала, в частности для использования его в целях создания дамб последующего обвалования. При этом осушение может осуществляться через дамбы, отсыпаемые из хорошо фильтрующего материала, или, как указано выше, путем устройства придамбового пластового и систематического трубчатого дренажей.

5.8 Оптимизация системы осушения

Оптимизация системы осушения должна осуществляться в несколько этапов. На первом этапе производится выбор наилучшей

технологической схемы осушения, т.е. условия пространственного размещения дренажных устройств, число скважин и их диаметр, применяемые типоразмеры погружных электронасосов, оптимальные сроки водопонижения в увязке с графиком ведения горных работ.

Выбор наилучшей технологической схемы осушения осуществляется путем многовариантного проектирования с применением экономико-математических моделей.

Выбор оптимальной системы осушения с минимумом капитальных затрат осуществляется путем решения следующих задач:

- определения целесообразного времени осушения;
- выбора рационального числа и параметров водопонижающих скважин и погружных насосов;
- выбора гидрогеологического резерва, соответствующего достоверности имеющихся в распоряжении проектировщиков исходных данных о гидрогеологическом строении месторождения.

Оптимизация осуществляется в следующей последовательности:

- определяется суммарная производительность системы осушения при различном времени достижения требуемого снижения уровня подземных вод;
- исходя из требуемого понижения и глубины залегания водоносного горизонта, выбираются подходящие типоразмеры погружных насосов и делается расчет водозахватной способности скважин с тем, чтобы выбранные насосы не имели завышенной подачи по сравнению с гидравлическими характеристиками водоносного горизонта и фильтров скважин;
- определяется требуемое число водопонижающих скважин под каждый выбранный тип насоса исходя из его рабочей характеристики;
- определяются объемы откачки выбранными насосами и в зависимости от времени водопонижения;

- с помощью экономико-математических моделей подсчитываются затраты на осушение по всем рассматриваемым вариантам.

Выбор гидрогеологического резерва, учитывающего возможность отклонения фактических гидрогеологических условий от принятых в проекте, осуществляется на основе оценки достоверности проектируемого эффекта осушения исходя из «худшей» границы гарантированных значений суммарного дебита и понижения уровня в заданных точках.

Дальнейшая оптимизация систем осушения осуществляется с учетом их эксплуатационной надежности.

При составлении проектов защиты горных предприятий от подземных вод, включающих системы водопонижающих скважин или других дренажных устройств, требующих эксплуатационного обслуживания, надлежит оценивать качество функционирования проектируемых систем.

Оценка качества функционирования систем защиты горных предприятий от подземных вод должна основываться на показателях надежности дренажных устройств, полученных по результатам их эксплуатации на предыдущих этапах освоения месторождения. В том случае, если составляется проект защиты от подземных вод вновь осваиваемого месторождения, надежность характеристики дренажных устройств должны приниматься по аналогии с действующими горными предприятиями со сходными условиями эксплуатации.

По оценке качества функционирования систем защиты от подземных вод следует определять следующие показатели:

- среднее число дренажных устройств, находящихся в исправном состоянии;

- среднее число дренажных устройств, ремонтирующихся и ожидающих ремонта;

- количество и коэффициент использования технических средств, а также состав и показатели загрузки ремонтного персонала для эксплуатационного обслуживания системы.

При расчете эксплуатационных показателей системы применяют имитационные модели технологического процесса осушения.

В качестве показателя оптимальности соотношения основных и резервных дренажных устройств должна приниматься величина коэффициента готовности системы, которая должна быть больше или равна 0,9.

Число резервных насосов должно приниматься в проекте таким, чтобы вероятность отсутствия исправного насоса на складе была не более 0,05.

Определение показателей функционирования систем осушения, состоящих из очень большого числа скважин (70 -100 и более), следует производить путем моделирования в специальных программах.

Дренажные скважины, сооружаемые с поверхности. В конструкциях водопонижающих скважин предусматриваются, как правило, следующие колонны труб: шахтовое направление, кондуктор, технические колонны, фильтровая колонна. Нижняя часть каждой колонны обсадных труб оборудуется утолщенной трубой длиной 0,4 - 0,5 м с коническим срезом (башмаком).

Диаметр бурового наконечника для бурения скважины под фильтровые колонны принимается больше наружного диаметра фильтра, предусмотренного проектом:

- для дырчатого щелевого, сетчатого и каркасно-стержневого фильтров - на 50 - 100 мм;

- для фильтра с гравийной обсыпкой и гравийно-кожухового - на 200 - 400 мм.

Зазор между колонной обсадных труб и стенкой скважины при диаметрах до 700 мм надлежит принимать от 50 до 100 мм, а при диаметрах скважин более 700 мм - от 120 до 150 мм.

Диаметр эксплуатационной колонны труб в скважинах следует принимать при установке насосов:

- с электродвигателем над скважиной - на 50 мм больше номинального диаметра насоса;
- с погружным электродвигателем - равным номинальному диаметру насоса при установке его выше фильтров.

Бурение сквозных фильтров производится на 5 м ниже почвы штрека, в который предусмотрен прием воды. Забой сквозного фильтра должен быть расположен в 3 - 5 м от оси дренажного штрека и подсекаться специальной выработкой. Приемная часть сквозного фильтра оборудуется специальным водовыпуском с задвижкой.

Конструкция разгрузочной скважины должна исключать возможность обводнения пластов, залегающих выше водоносного горизонта, фильтровые колонны в разгрузочных скважинах, как правило, не устанавливаются. Устье скважины оборудуется водовыпускной задвижкой и манометром.

Конструкция поглощающей скважины должна исключать возможность поглощения воды в водоносные пласты, расположенные между дренируемым и поглощающим горизонтом.

Бурение контрольно-разведочных скважин производится с полным или поинтервальным отбором керна. В случае использования контрольно-разведочных скважин в качестве наблюдательных предусматривается оборудование их устьев оголовками с крышками.

Конструкция наблюдательных скважин должна предусматривать надежную изоляцию наблюдаемого водоносного горизонта от остальных. Устья наблюдательных скважин оборудуются оголовками с

запирающимися крышками. Диаметр фильтровой колонны наблюдательных скважин принимается не менее 89 мм с учетом производства в них замеров уровня и температуры воды, отбора проб воды на химический анализ, выполнения ремонтных работ и прокачек.

Дренажные скважины в подземных выработках. Нижняя часть фильтровой колонны или кондуктора восстающих и горизонтальных скважин должна выходить из устья скважины в горную выработку не менее чем 100 мм. Устье скважины оборудуется водовыпуском, задвижкой и манометром.

Кондуктор в скважине цементируется на всю его длину. Остальные обсадные колонны закрепляются на устье.

Забивные фильтры в горизонтальных и наклонных выработках надлежит предусматривать длиной от 3 до 15 м. При этом рабочая часть фильтра должна быть не менее 500 мм и расположена у почвы водоносного пласта. Бурение забивных фильтров при давлении воды до 0,15 МПа надлежит производить одним диаметром на всю длину, а при давлении воды не более 0,15 МПа - несколькими диаметрами с применением превенторов и последующей обсадкой трубами.

При разработке конструкций водопонижающих скважин и колодцев, сооружаемых в горных выработках, длина звеньев обсадных труб в случае необходимости крепления скважин принимается в зависимости от размеров горной выработки.

Водопонижающие скважины и колодцы располагаются в специальных камерах. В отдельных случаях их расположение допускается непосредственно в горных выработках.

Выбор типа, конструкции и размера фильтра. Фильтр в водоносном пласте следует устанавливать:

- в породах с однородными фильтрационными свойствами - в почве пласта;

- в породах с неоднородными фильтрационными свойствами - в наиболее водопроницаемых зонах с максимальным увеличением длины фильтра.

При мощности до 10 м длина фильтра водопонижающих скважин принимается равной мощности пласта.

Водопропускная способность фильтра должна быть 15 - 20 % выше ожидаемого притока из водоносного пласта.

Длина фильтра для наблюдательных скважин принимается:

- для маломощных пластов - равной их мощности;
- в пластах большой мощности - не менее 3 - 5 м.

При установке фильтров в скважины, пробуренные в рыхлых породах, вокруг рабочей части фильтра делается обсыпка из отсортированного и промытого песчано-гравийного материала . Скважность трубчатых фильтров с круглой или щелевой перфорацией должна быть равна 20 - 25 %, фильтров из проволочной обмотки или штампованного стального листа - не более 30 - 60 %.

Конструкция и крепление скважин. Конструкция всех типов дренажных скважин разрабатывается с учетом геологического строения и гидрогеологических условий участка производства буровых работ; глубины скважины; типа фильтра и диаметра фильтровой колонны; типа и размеров принятого водоподъемного устройства; способа бурения и крепления; химического состава воды как намечаемого к эксплуатации водоносного горизонта, так и промежуточных (перекрываемых) горизонтов.

Для крепления скважин глубиной до 150 м при роторном бурении и глубиной до 70 м при колонковом допускается применение неметаллических труб с обязательной затрубной цементацией. Для скважин большой глубины применение неметаллических труб должно быть обосновано техническими и экономическими расчетами.

Колонны обсадных труб для временного закрепления стенок скважины должны извлекаться.

Расчет гладких обсадных колонн на избыточное наружное давление надлежит производить по критическому давлению, при котором напряжение в теле трубы достигает предела текучести. При этом коэффициенты запаса прочности надлежит принимать для труб диаметром 720 мм равными 1,15; для труб диаметром 720 - 1420 - 1,2; для труб свыше 1420 мм - 1,5.

Расчет обсадных труб, усиленных кольцевыми ребрами жесткости, на устойчивость к внешнему равномерному давлению, нормальному к боковой поверхности, надлежит производить по формулам главы СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* (с Изменением N 1), как для замкнутых круговых цилиндрических оболочек.

При расчете труб на внутреннее давление коэффициент запаса прочности принимается равным 1,3 - 1,5.

Допустимая высота незаполнения обсадной колонны в процессе спуска при четырехкратном запасе прочности определяется по формуле

$$h = 2,5 P_{см} / p_{ж} , \quad (27)$$

где, $P_{см}$ - расчетное сминающее давление для выбранных обсадных труб, Па; $p_{ж}$ - плотность бурового раствора в скважине, кг /м³.

Высота подъема цементного раствора в затрубном пространстве принимается: для кондуктора (шахтового направления) - до устья; для промежуточных и эксплуатационных колонн - в зависимости от необходимости изоляции вышележащих водоносных горизонтов.

Оценку качества цементирования скважин необходимо предусматривать с помощью комплекса геофизических исследований (термометрия, радиоактивный и акустический методы).

Освоение и опробование скважин. По окончании оборудования водопонижающих скважин фильтрами, в зависимости от конкретных условиях бурения, следует предусматривать работы по освоению гидромеханическими (затрубная промывка, свабиrowание, прокачка эрлифтом, промывка фильтра гидравлическим ершом), физическими (взрыв торпеды из детонирующего шнура, способ изоляции), химическими (кислотная обработка призабойной зоны пласта и поверхности фильтра) методами с целью возбуждения притока воды к скважинам.

Затрубная промывка предусматривается для разглинизации прифилтровой зоны в мелко - и среднезернистых песках.

Свабиrowание и желонирование (тартание) надлежит предусматривать для восстановления водоотдачи слабонапорных водоносных горизонтов, а также при отсутствии достаточного количества воды для промывки или недостаточной глубины скважины для монтажа эрлифта и т. д.

Прокачку скважины эрлифтом необходимо предусматривать для разглинизации напорных водоносных горизонтов.

Промывку скважины через рабочую поверхность фильтра следует предусматривать для восстановления водоотдачи в крупнозернистых песках.

Гидравлический разрыв пласта рекомендуется применять в породах любого литологического состава. В качестве жидкости разрыва в водопонижающих скважинах применяется вода и водные растворы соляной кислоты, а также соляная кислота повышенной вязкости. В качестве расклинивающего материала для заполнения трещин используется кварцевый песок.

Для химической разглинизации прифилтровой зоны и поверхности фильтра следует применять кислотную обработку. В качестве химических реагентов используется соляная, серная, уксусная кислоты.

Выбор реагентов необходимо производить в соответствии с литологическим составом и физико-химическими свойствами пород, слагающих водоносный горизонт.

Ликвидационному тампонированию подлежат скважины всех типов выполнивших свое назначение, а также скважины, бурение которых прекращено по техническим или другим причинам.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятиям « Система» и « Схема» осушения
2. Назовите основные требования при выборе системы защиты горных выработок от фильтрационных процессов
3. Какие виды систем осушения вы знаете?
4. Охарактеризуйте наиболее известные схемы осушения горных выработок
5. Назовите общие требования к выбору схемы осушения шахтного поля
6. Какие схемы осушения карьерных полей наиболее часто применяются на практике?
7. Охарактеризуйте наиболее известные методы расчета осушения шахтных и карьерных полей
8. В чем заключается особенность осушения отвалов пустых пород?
9. Какие деформации характерны для обводненных отвалов?
10. Дайте характеристику гидроотвалам.
11. В чем заключается оптимизация систем осушения МПИ?

Список литературы

1. Абрамов С.К., Скиргелло О.Б. Осушение шахтных и карьерных полей. – М: Недра, 1968. – 254 с.

2. Гальперин А.М., Зайцев В.С., Харитоненко Г.Н, Норватов Ю.А. Геология. Часть III – Гидрогеология. Учебник для вузов. – М: « Мир горной книги». Издательство московского горного университета, издательство « Горная книга». 2009.- 400 с.
3. Мироненко В.А., Мольский Е.В., Румынин В.Г. Горнопромышленная гидрогеология . Учебник для вузов.- М.: Недра, 1989.- 287 с.
4. Справочник по осушению горных пород / под. ред. И.К.Станченко. – М.: Недра,1984.- 572 с.
5. Справочник гидрогеолога / под. ред. М.Е.Альтовского.- М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1962. – 615 с.
6. Скабалланович И.А., Осауленко В.Т. Инженерная геология, гидрогеология и осушение месторождений. – М: Недра, 1989.-197 с.
7. Справочное руководство гидрогеолога / Под. ред. В.М. Максимова – т.1 Изд.3. - Л: Недра, 1979. – 512 с.
8. Справочное руководство гидрогеолога / Под. ред. В.М. Максимова – т.2. Изд.3. - Л: Недра, 1979. – 296 с.
9. СП 103.13330.2012 . Актуализированная редакция "СНиП 2.06.14-85

Глава 6 Гидрогеологические исследования при разработке месторождения полезных ископаемых

6.1 Наблюдения в подземных горных выработках

Комплекс исследований и наблюдений в подземных выработках включает следующие основные виды работ: подземную гидрогеологическую съемку; наблюдения за притоком воды в выработках; наблюдения за уровнем, температурой, изменением химического состава воды, устойчивостью пород кровли и почвы выработок.

6.1.1 Подземная гидрогеологическая съемка

При предварительном обследовании горных выработок детально изучается водоотливное хозяйство с нанесением на маркшейдерские планы всех действующих насосов, трубопроводов, водосборников, перемычек, водоотливных камер и других водоотливных устройств.

На план наносятся также осушительные устройства: забивные и сквозные фильтры, дренажные канавы, водопонижающие скважины и колодцы.

Гидрогеологическая съемка производится после предварительного осмотра и изучения водоотливного хозяйства выработок.

В процессе съемки ведется дневник с зарисовками и составляются планы обводненности горных выработок, в последующем периодически корректируемые и дополняемые новыми данными.

В результате съемки должны быть выявлены и зафиксированы: условия залегания пласта полезного ископаемого; петрографический состав и литологические особенности пород в кровле и почве выработок; фациальные изменения; физико-механические свойства пород; наличие тектонических нарушений, карста, трещиноватости, так называемых

«песчаных окон» в кровле и подошве пласта полезного ископаемого; степень устойчивости кровли и стенок выработок и состояние их крепления; состояние тампоножа разведочных скважин.

При выяснении условий залегания пласта полезного ископаемого исследуются его гипсометрическое положение и пораженность нарушениями - провалами, пережимами, раздробленностью, размывами и т. п.

Выявленные в процессе съемки тектонические нарушения наносятся на план обводненности с указанием азимутов.

При исследовании трещиноватости устанавливаются: каверны, пустоты, природа, система и ориентировка трещиноватости, ориентировочный коэффициент трещиноватости. Измерение трещиноватости производится:

- в случае явно выраженной ориентировки трещин - прямолинейным способом по линиям, расположенным на расстоянии до 0,5 м друг от друга перпендикулярно к преобладающей системе трещин;

- в случае неопределенной системы трещиноватости - по взаимно-перпендикулярным линиям со стороной квадрата 0,5 м. По каждой линии определяется коэффициент трещиноватости, а затем среднеарифметический коэффициент трещиноватости (например, для всей стенки выработки) по формуле:

$$K = (l / L) \cdot 100 \quad (28)$$

где, K - коэффициент трещиноватости по каждой измерительной линии;

l - суммарная ширина трещин, пересекающих измерительную линию в м;

L - общая длина измерительной линии в м.

Общий коэффициент трещиноватости исследуемой площади:

$$K = \Sigma K / n \quad (29)$$

где n - число измеренных линий.

При описании карстовых пустот отмечаются петрографический состав закарстованных пород и характер их заполнения вторичными образованиями.

При исследовании степени устойчивости кровли и стенок выработки и состояния их крепления фиксируются участки повышенного давления, поломки крепи, пучение почвы, кровли и стенок выработок, сужение сечения выработок, прорывы подземных вод из почвы или кровли выработок. При обнаружении прорывов подземных вод указываются их причины, мощность и характер водопритока, количество вынесенного песка, продолжительность прорыва, связанные с прорывом нарушения в окружающих породах, изменения уровней подземных вод и условий обводненности соседних выработок, влияние прорыва на состояние поверхности шахтного поля.

Обязательно фиксируются все пересекаемые при проходке стволов шахт, квершлагов, штолен, гезенков водоносные горизонты. Отмечаются литологический состав, мощность, напор водоносного горизонта, водообильность всех рабочих горизонтов горных выработок. Отмечаются места близкого расположения скважин к горным выработкам. Отражаются расхождения в описании пород по разведочным данным и по данным их вскрытия на соответствующем их интервале горной выработкой.

Из физико-механических свойств пород определяются: гранулометрический состав; пористость, пластичность, влажность, удельный и объемный веса.

6.1.2 Наблюдения за притоком воды в шахты

Наблюдения за водопритоком в шахты производится во всех горных выработках. При этих наблюдениях описывается и замеряется

поступление воды из забоя, кровли, почвы, стенок выработок, специальных колодцев, забивных фильтров, слепых шахт, печей и других источников водопритока.

Отмечаются условия выхода воды в горные выработки -сосредоточение струй, капез, источники, грифоны, увлажнение и продолжительность их действия.

Фиксируются притоки воды из поверхностных водотоков и водоемов, прорывы ее из водоносных горизонтов и старых заброшенных выработок, сезонные притоки.

При наблюдениях за поступлением воды из старых горных выработок указывается, какой выработкой сбита работающая шахта и каким способом регулируется поступление воды в выработки. Если вода выводится по специальным выводным трубам через предохранительный целик, указываются дебит и давление ее при поступлении в выработки.

При подработке выработками поверхностных водотоков или водоемов фиксируются глубина прохождения выработок под дном этих водоемов, литологический состав пород кровли до ложа поверхностных водотоков, литологический состав пород, слагающих ложе поверхностных водоемов или водотоков, характер оседания пород кровли и система обрушения, время поступления воды из поверхностных водотоков после подвалки лав, характер и динамика поступления поверхностных вод в горные выработки.

При поступлении воды из очистного пространства устанавливаются величина водопритока, площадь выработанного пространства, характеризуется степень обрушения кровли.

Замеры притоков воды в горные выработки. При поступлении подземных вод в горные выработки в виде рассеянных притоков, капез собирается на железные листы, располагаемые как можно ближе к кровле во всю ширину выработки. Железные листы подвешиваются

таким образом, чтобы падающая вода имела концентрированный сток в одно место. Объем стекающей воды замеряется мерным сосудом. При сравнительно однородном капеже употребляется ручной уловитель (противень размером в 1 м^2 с приделанной внизу ручкой). Измерение водопритоков производится в нескольких характерных пунктах; полученные средние результаты распространяются на всю площадь кровли обследуемой выработки.

Объем капежа может быть определен по разности расхода в водоотливной канаве до и после капежа. Этот же прием применяется для определения притока в шахту из зоны старых выработок.

Повторные замеры капежа рекомендуется производить в одних и тех же местах и в определенные сроки, устанавливаемые в зависимости от местных условий (через 5 - 10 дней и реже).

При наблюдениях за притоками воды из почвы выработок рассеянные выходы захватывают в лоток, а восходящие источники каптируют небольшой железной трубой в мягкой почве выработки с забивкой затрубного пространства глиной или цементом. В этих случаях расход воды может измеряться мерным сосудом.

Для замеров больших водопритоков сооружаются дренажные каналы с водосливами.

Приток воды из забоя штрека ввиду затруднительности учета притока отдельно из почвы и кровли измеряется суммарно с площади забоя и прилегающей части выработки. В этом случае для сбора воды устраиваются канавки, собирающие воду в общий зумпф, а при больших притоках - в колодец с последующей откачкой ее насосом.

При наблюдениях за притоком воды из забоя, помимо характера и интенсивности выхода воды из почвы и кровли, фиксируются также степень трещиноватости или раздробленности полезного ископаемого и

вмещающих его пород, тектонические смещения и т. д. Это описание сопровождается зарисовками.

Общий приток по шахте в пределах точности замеров балансироваться с суммой измеряемых притоков по отдельным забоям и участкам шахты.

Определение общего притока по производительности насосных установок. Контрольная проверка работы насоса осуществляется в течение определенного периода времени, например смены. В журнале наблюдений отмечается его номинальная и фактическая производительность, время работы и остановок.

Общий приток по шахте определяется по формуле:

$$q = q_n t / T = Q / T \quad (30)$$

где, q - приток воды в шахту в $m^3 / час$;

q_n - производительность насоса в $m^3 / час$;

t - время работы насоса в $час$;

T - общее время контрольного замера в $час$;

Q - общее количество выкачанной воды за время контрольного замера в m^3 .

Определение общего притока воды в шахту с применением водомера.

Водомер устанавливается на нагнетательной трубе насоса. Расчет общего притока производится, как и в предыдущем случае, по формуле:

$$q = q_n t / T = Q / T \quad (31)$$

Определение притока откачки воды из общего водосборника.

В этом случае определение общего притока производится отрегулированным насосом, мощность которого соответствует водопритоку в шахте.

Определение общего притока в шахту по восстановлению в ней уровня воды.

Данный способ заключается в наблюдениях за восстановлением уровня воды в водосборнике до определенной высоты после остановки.

Величина общего притока определяется в результате деления объема воды в водосборнике на время его заполнения.

Определение общего притока воды в шахту с помощью водосливов.

Ящик с водосливом устанавливается на поверхности. Установка его и замер расходов производятся обычными, принятыми в практике методами.

Главной задачей шахтного водоотлива является выдача подземных вод на поверхность по мере их притока в шахту. Поступающая в шахту вода откачивается на поверхность шахтными водоотливными установками: главными и вспомогательными (рис. 25).

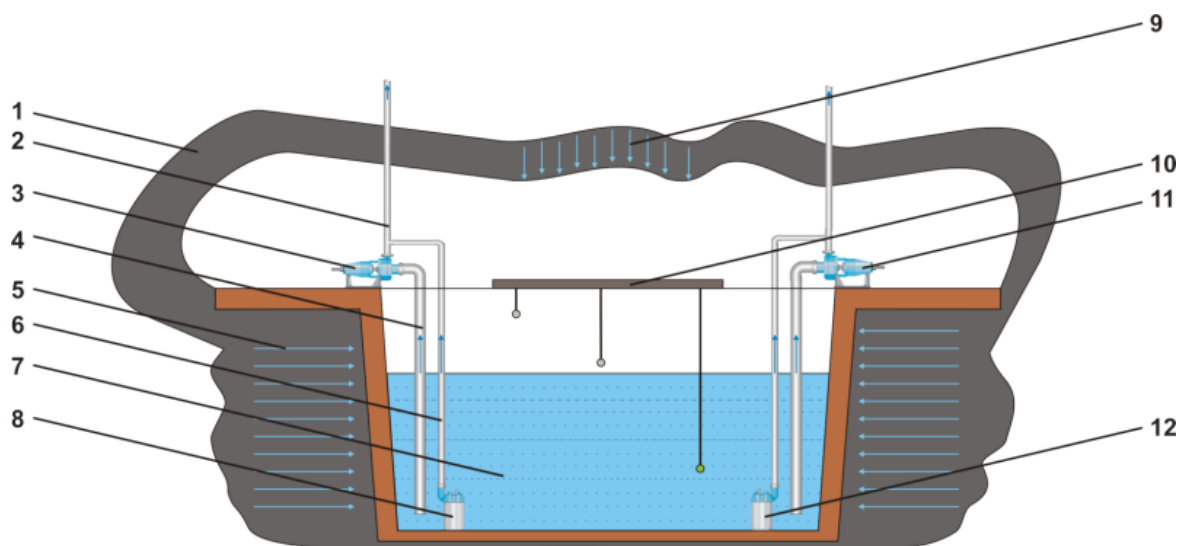


Рисунок 25 – Структура шахтного водоотлива

1 – горные породы; 2 – нагнетательная труба; 3 – основной насос; 4 – всасывающая труба; 5 – подземная вода; 6 – нагнетательная труба заливочного насоса основного насоса; 7 – водосборник; 8 – заливочный насос основного насоса; 9 – поверхностная вода; 10 – контроль уровня воды; 11 – дополнительный насос; 12 – заливочный насос дополнительного насоса

Приближенная оценка обводненности шахты. Для приближенной оценки обводненности шахты определяется коэффициент водообильности (количество выданной воды в м³ на тонну добычи полезного ископаемого), который по одной и той же шахте может быть

различным в зависимости от времени года и производительности предприятия.

6.1.3 Наблюдения за уровнем, температурой, химическим составом воды в горных выработках

Полный цикл таких наблюдений в горных выработках производится:

- при пересечении горными выработками всех водоносных горизонтов;
- при пересечении ими одного водоносного горизонта на разных отметках;
- на участках характерных структурных элементов (мульд, антиклиналей, флексурных перегибов, тектонических нарушений) и проявления карста;
- в зонах резких изменений петрографического состава пород кровли и почвы, структурных изменений самого пласта полезного ископаемого, в зонах контактов различных пород, в том числе и тела полезного ископаемого;
- на участках прорывов воды из пород кровли или почвы;
- в зонах очистных работ и развития посадки кровли;
- при подходе выработок к поверхностным водотокам, водоемам, зонам крупных тектонических нарушений, старым горным выработкам;
- на участках интенсивных концентрированных выходов подземных вод в горные выработки;
- во всех действующих в шахте осушительных выработкахю

В осушительных выработках, помимо наблюдений за уровнем, расходом и химическим составом вод, производятся наблюдения за характером, размерами и изменениями и изменениями выноса из дренирующих скважин песчанистых частиц.

Существенное значение имеют наблюдения за деформациями крепления, сдвижением горных пород при подвалке лав, пучением почвы и кровли, вывалами пород.

Для оценки устойчивости пород кровли и почвы необходимы данные:

- о физико-механических свойствах пород кровли и почвы пласта полезного ископаемого, их петрографическом составе, литологических особенностях, устойчивости и поведения в выработке, мощности водоупорного пласта, гидростатическом давлении;
- об изменении физических свойств и химического состава подземных и рудничных вод в процессе эксплуатации выработки;
- о методах посадки кровли, длительности и характере оседания;
- о прорывах подземных вод.

При наблюдениях за давлением в кровле фиксируются: прогибы или пучение пород кровли, появление и развитие трещин, их направление, степень влажности, начало и развитие капежа или сосредоточенных притоков, выпадение кусков пород, их размеры и характер поверхности, характер деформации крепления. Все эти проявления просадок на дневной поверхности и в горных выработках описываются, зарисовываются и наносятся на планы.

Для анализа причин обводнения горных выработок фиксируются состояние крепления, эффективность осушительных устройств, состояние пород кровли и почвы, наличие и размеры трещин, капежа.

При изучении почвы выработки фиксируются характер, мощность и фациальные изменения залегающих в ней пород; гидростатическое давление на почву пласта полезного ископаемого; наличие и характер трещин у выходов воды; наличие маломощных прослоев и линз с напорными подземными водами; надежность тампонажа затрубного пространства.

При изучении отмечается время его появления после проходки штофа, размеры деформации почвы штофа, степень влажности пород, наличие трещин и т. п.

Для изучения физико-механических свойств пород почвы выработок закладываются зондировочные скважины, по данным которых тщательно документируются прослои и линзы песков, их мощность, влажность пород, трещиноватость. По окончании проходки эти скважины надежно тампонируются.

В районах многолетней мерзлоты, помимо изучения температурного режима грунтов деятельного слоя и мерзлых пород, производятся также лабораторные определения физико-механических свойств пород (гранулометрического состава скелета мерзлого грунта, льдистости, льдонасыщенности, объемного веса естественной структуры и удельного веса твердой фазы грунта). Одновременно производятся качественные определения, характеризующие физическое состояние пород (оттаивание, размокание). Особое внимание в этих районах уделяется составу и структуре рыхлой толщи, в которой часто встречается залегающий линзами лед. При его оттаивании во время эксплуатации пески могут образовывать пльвуны.

6.2 Средства водопонижения

6.2.1 Дренажные канавы и водопонижающие колодцы

Дренажные канавы и понижающие колодцы применяются для осушения почвы выработок и снижения напора подземных вод, залегающих ниже подошвы полезного ископаемого. Дренажные канавы, помимо транспортировки шахтных вод к водосборникам, одновременно служат и для осушения или снижения напора подземных вод, заключенных в самом пласте полезного ископаемого.

При наличии в почве пласта пlyingунов дренажные каналы проходятся при помощи забивного крепления. Понижающие колодцы сооружаются в почве штрека или штольни в виде срубового колодца(рис.26-27).

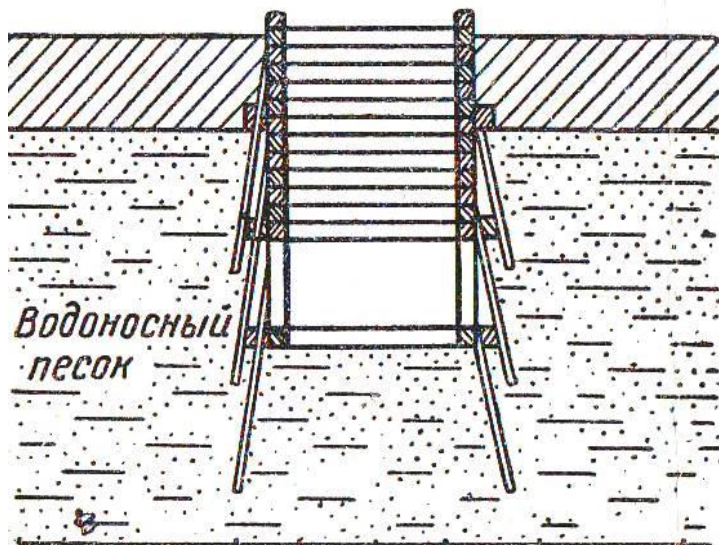


Рисунок 26 – Понижающий срубовый колодец

Откачка воды из понижающего колодца производится непрерывно, так как в случае ее прекращения уровень водоносного горизонта быстро восстанавливается.

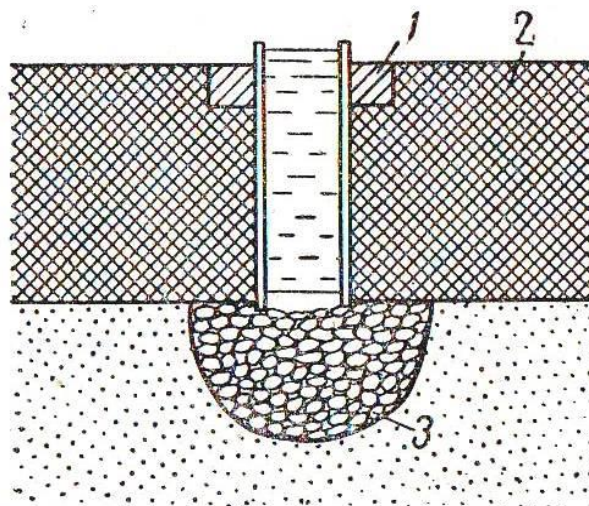


Рисунок -27 – Понижающий трубчатый колодец

1- глиняная подушка; 2- пласт полезного ископаемого; 3- крупный гравий

Колодцы в среднем закладываются на расстоянии 100 –500 м и располагают в наиболее пониженных участках с таким расчетом, чтобы при наименьшей глубине колодца получить максимальное снижение уровня и радиус действия. Размеры колодцев следующие: сечение 2 или 1,5 на 1,0 или 1,3 м, глубина в зависимости от необходимой величины снижения напора и глубины залегания водоносных пород от 2 до 4 -5м. При большом напоре подземных вод для облегчения проходки понижающего колодца напор вначале снижается близко расположенными забивными фильтрами в почве штрека. При сооружении колодца в пльвунах применяется посад - сделанный из котельного железа ящик без дна в форме усеченной четырехугольной пирамиды с отношением сторон низа к сторонам верха 4 : 3 -3 : 2 и высотой 0,5 - 0,7 м. Ящик задавливается в песок домкратами. При заложении колодцев в пльвунах им придается усиленное крепление.

Проходка колодца в обводненных породах на глубину более 4 -5м а в пльвунах и на меньшую глубину, весьма затруднительна. Поэтому копаные колодцы заменяются трубчатыми, т. е. буровыми скважинами диаметром 150 мм и более. Трубчатые колодцы оборудуются фильтрами той же конструкции, что и сквозные фильтры.

В пльвунных песках рекомендуется закладывать трубчатые колодцы диаметром 400 мм и более в виде глухих труб с открытым дном. При заложении трубчатых колодцев в начальный период работы образующиеся в результате выноса песка каверны засыпаются гравием. Снижение уровня из буровых скважин и колодцев в штреках производится центробежными насосами.

Для осушения водоносных песков успешно применяются также иглофильтровые установки.

6.2.2 Водопоглощающие скважины

Спуск воды в нижележащие водоносные горизонты является одним из эффективных мероприятий по борьбе с шахтными водами.

Осуществление этого мероприятия возможно при следующих условиях:

- при наличии водопоглощающих слоев напор либо вовсе отсутствует, либо величина его или абсолютные отметки уровня воды водопоглощающих горизонтов значительно меньше величин напора или абсолютных отметок уровня воды обводняющих водоносных горизонтов;

- при небольшой разности напоров водопоглощающих и обводняющих водоносных горизонтов водопоглощение может оказаться нерациональным, так как при этих условиях требуется значительное время для спуска воды и большое количество скважин. Наоборот, водопоглощение может оказаться рациональным, если водопоглощающие слои обладают значительной кавернозностью или водообильностью;

- если величина напора воды в водопоглощающих слоях является средней между абсолютными отметками верхнего и нижнего горизонтов воды в затопленных выработках, вода из них может быть удалена лишь частично;

- во избежание загрязнения подземных вод шахтными водами водопоглощающие скважины закладываются по возможности вне горных выработок;

- для предотвращения при спуске загрязненных шахтных вод уменьшения водопоглощения из водопоглощающих скважин должна предварительно производиться интенсивная откачка.

6.3 Прогноз осадки пород при осушении месторождений полезных ископаемых

Снижение уровня подземных вод на большую величину вызывает резкое изменение гидрогеологической обстановки в массиве горных пород. В результате этого при наличии в геологическом разрезе глинистых пород происходит:

- перераспределение напряжения в зоне развития депрессионной воронки вследствие снятия эффекта гидростатического взвешивания в пластах;
- повышения плотности пород в результате депрессионного уплотнения, что оказывает существенное влияние на их прочность и влажность;
- механическая и химическая суффозии, а также диффузионное выщелачивание пород, в результате которых образуются пустоты, ослабляются структурные связи и уменьшается сопротивление сдвигу и сжатию.

Снижение прочностных характеристик пород приводит к вертикальной и горизонтальной деформации массива, проявляющейся в проседании поверхности с амплитудой, достигающей нескольких метров. Деформация массива пород вызывает разрушение крепи шахтных стволов и оказывает отрицательное воздействие на поверхностные сооружения.

Осадки горных пород многослойной толщи определяются суммированием значений осадок, вычисленных для каждого слоя в отдельности.

В сложных случаях осадки толщи горных пород допускается определять с помощью моделирования.

6.4 Рациональное использование дренажных вод

Осушение месторождений может вызвать:

- снижение уровней подземных вод на территории шахтного (карьерного) поля и за его пределами с образованием депрессионной воронки, охватывающей значительные площади;
- изменение условий питания, движения и разгрузки подземных вод, что может привести к интенсивному взаимодействию дренажных систем с водозаборами, выводу из строя неглубоких водозаборных скважин и т. д.;
- нарушение режима малых водотоков и водоемов в случае наличия их гидравлической связи с осушаемыми водоносными горизонтами;
- уменьшение естественных запасов подземных вод;
- ухудшение химического состава откачиваемых вод в связи с подпитыванием высокоминерализованных вод снизу или со стороны фильтрующих хвостохранилищ.

Влияние осушения на природную обстановку должно прогнозироваться в проекте осушения. В случае выявления отрицательных последствий результаты прогноза должны представляться заказчику и в инстанцию, утвердившую задание на проектирование для принятия решения о разработке мероприятий по их компенсации.

Подземные воды осушаемых водоносных горизонтов могут быть использованы для хозяйственно-питьевого водоснабжения (при условии надлежащего качества вод); для технических целей (водоснабжение обогатительных фабрик; полив сельскохозяйственных угодий; устройства прудов для разведения рыб и т. д.); для закачки в другие водоносные горизонты, используемые для водоснабжения или предполагаемые к использованию.

Необходимость разработки соответствующих мероприятий в составе проекта осушения, перечень и объем решаемых при этом вопросов определяются техническим заданием на проектирование.

При откачке высокоминерализованных или содержащих вредные примеси дренажных вод в проекте должны быть предусмотрены мероприятия согласованные с заказчиком и геологической и санитарно-эпидемиологической службой, по предотвращению загрязнения ими окружающей при производстве работ по сооружению системы осушения. Удаление дренажных вод за пределы зоны ведения горных работ в процессе эксплуатации системы осушения решается специальным проектом.

Состав потребителей дренажной воды, требования к дренажной воде в отношении ее качества и используемого количества должны быть указаны в задании на проектирование осушения месторождения и подтверждены в акте выбора площадки горнорудного предприятия.

При проектировании осушения месторождений полезных ископаемых геологические организации должны представить исходные гидрогеологические данные, на основе которых рассматривается возможность и целесообразность использования дренажных вод для водоснабжения применительно к проектируемой системе осушения с разработкой предложений по изучению и утверждению запасов этих вод.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные задачи гидрогеологических исследований при разработке МПИ
2. Методы подземной гидрогеологической съемки
3. Методы наблюдения за притоком воды в шахты
4. Что входит в полный гидрогеологический цикл наблюдений в горных выработках?

5. Охарактеризуйте средства понижения воды в горных выработках
6. Опишите принцип работы водопоглощающих скважин
7. Методы прогноза осадки пород при осушении МПИ
8. Методы рационального использования дренажных вод

Список литературы

1. Абрамов С.К., Скиргелло О.Б. Осушение шахтных и карьерных полей. – М: Недра, 1968. – 254 с.
2. Климентов П. П., Овчинников А.М. Гидрогеология месторождений твердых полезных ископаемых . Учеб. пособие для горных и геол. специальностей вузов .- Москва : Недра, 1966. - 1 т.- 200 с
3. Мироненко В.А., Мольский Е.В., Румынин В.Г. Горнопромышленная гидрогеология . Учебник для вузов.- М.: Недра, 1989.- 287 с.
4. Справочник по осушению горных пород / под. ред. И.К.Станченко. – М.: Недра,1984.- 572 с.
5. Справочник гидрогеолога / под. ред. М.Е.Альтовского.- М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1962. – 615 с.
6. СП 103.13330.2012 . Актуализированная редакция "СНиП 2.06.14-85

Глава 7 Охрана подземных вод при разработке и осушении месторождений полезных ископаемых

7.1 Влияние горных работ на окружающую среду

Разработка месторождений полезных ископаемых оказывает существенное воздействие на окружающую среду: изменяются орографические условия, наносится ущерб ресурсам подземных и поверхностных вод, на значительных территориях уничтожается почвенно-растительный слой и т. п.

Таблица 7 - Основные причины, вызывающие нарушения окружающей среды, и характерные виды этих нарушений

Причины, вызывающие нарушения	Основные виды нарушений
Горно – геологические	
Проходка стволов шахт, строительство карьеров отсыпка отвалов, складирование окисленных железистых кварцитов и т. п.	Изменение морфологии местности, механическое нарушение или полное уничтожение почвы.
Гидрогеологические	
Осушение карьерных и шахтных полей, фильтрация проток из технических бассейнов (хвостохранилищ, гидроотвалов и т.д.)	Сработка запасов подземных вод, ущерб ресурсам поверхностных вод, техногенное загрязнение подземных и поверхностных вод, суффозионные процессы, подтопление территорий и связанное с ним засоление почв, деформация толщи горных пород и поверхности земли.
Гидрологические	
Изменение русла водотоков, сооружение искусственных водоемов и других гидротехнических сооружений	Ущерб гидрографической сети, увеличение испарения, перераспределение ливневого и паводкового стока, рост аврагов, эрозия почв
Технологические	
Реагентное и безреагентное обогащение руд, применение взрывчатых веществ, газо-дымовые выбросы в атмосферу	Загрязнение окружающей среды и как следствие , ущерб растительному и животному миру

7.2 Прогноз процессов распространения загрязнений в подземных водах

Теория процессов массопереноса в подземных водах разработана в настоящее время достаточно полно. Сформулированы основные физические модели процесса и соответствующие им расчетные схемы.

Расчетная схема поршневого вытеснения исходит из предпосылки о совместном движении фильтрующейся жидкости и ассоциированного с ней вещества с некоторой действительной скоростью фильтрации, равной отношению скорости фильтрации к активной пористости. При этом учитывается только конвективный фактор.

В. М. Гольдбергом был получен ряд решений, позволяющих рассчитать время прихода стоков в заданную точку пласта по линии тока. При этом фильтрационные процессы полагаются установившимися во времени, так как волны давления распространяются по пласту во много раз быстрее, чем закачиваемые стоки.

Расчетная схема микродисперсии основана на физической модели рассеяния при движении жидкости в пористо-трещинных средах из-за флуктуации величин и направлений действительных скоростей фильтрации.

Интенсивность этого процесса определяется коэффициентом гидродисперсии:

$$D_{\delta} = b_I v, \quad (32)$$

где b – параметр продольной дисперсии, v – скорость фильтрации.

Во многих процессах существенная роль играет поперечная гидродисперсия, действующая в направлении, перпендикулярном к осредненным траекториям движения жидкости. Поперечная дисперсия приводит к распространению загрязнения за пределы зоны,

ограниченной крайними линиями тока и, как следствие, к формированию переходных зон и уменьшению скорости переноса загрязнений. Коэффициент поперечной гидродисперсии:

$$D_{\partial} = 0,1 b_1 v \quad (33)$$

Обобщенный коэффициент дисперсии, учитывающий совместное действие дисперсионных и молекулярных процессов:

$$D = D_m + D_{\partial}, \quad (34)$$

где, D - коэффициент молекулярной диффузии.

Модель микродисперсии описывается дифференциальными уравнениями параболического типа с конвективным членом.

Расчетная схема макродисперсии описывает массоперенос в гетерогенных средах упорядоченного (слоистость) и неупорядоченного (трещиновато-пористые системы) строения. В таких средах основной конвективный перенос идет по хорошо проницаемым слоям или трещинам, а слабопроницаемые элементы (глинистые прослойки, пористые блоки) служат «емкостями», куда осуществляется отвод вещества из основного потока за счет конвективного и молекулярно-диффузионного обмена. При этом происходит дополнительное рассеяние вещества и замедление скорости его переноса по хорошо проницаемым элементам, т. е. процессам, формально схожим с дисперсионными, только осуществляемыми в другом (более крупном) масштабе.

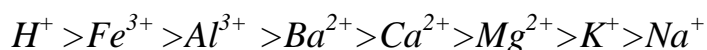
В специальной литературе приводится ряд зависимостей для расчета интенсивности процессов массопереноса в подземных водах, полученных для различных типовых схем. Однако при анализе реальных инженерных задач аналитические решения становятся малоэффективными. В этих условиях необходимо обращаться к методам математического моделирования, используя аналитические зависимости на первоначальных этапах для оценочных расчетов.

7.3 Самоочищение подземных вод в процессе фильтрации в трещиновато-пористых средах

В процессе фильтрации загрязнений в подземных водах происходят разнообразные физико-химические процессы: сорбция, ионный обмен, сульфит и нитрат редукции, и другие химические реакции, которые могут существенно снизить скорость распространения загрязняющих компонентов.

В результате сорбции происходит поглощение породами содержащихся в растворе веществ. Различают физическую и химическую сорбции. Физическая сорбция является обратимым процессом, т. е. может смениться десорбцией. Химическая сорбция проявляется в форме химических реакций в системе горная порода - движущийся раствор. В результате этих реакций могут образовываться нерастворимые соединения, десорбция которых затруднена.

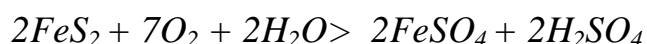
Ионный (для подземных вод катионный) обмен приводит к метаморфизации вод. Интенсивность катионного обмена зависит от многих факторов, главными из которых являются дисперсность породы, природа обменивающихся катионов, величина pH среды и концентрации электролитов в растворе. По энергии обмена катионы располагаются в следующий ряд:



Если воды кальциевого состава фильтруются через породы, содержащие в поглощенном комплексе натрий, то будет происходить обогащение вод натрием, а кальций перейдет в поглощенный комплекс породы, т. е. вода из кальциевой метаморфизуется в натриевую. Интенсивность этого процесса существенно зависит от pH среды; например, при увеличении

pH сб до 11, емкость обмена возрастает в 2-3раза. Обменная способность возрастает также с увеличением концентрации.

Большое значение при миграции загрязнений в подземных водах приобретают процессы сульфат-редукции. Основным источником появления в воде сульфатов являются различные осадочные породы, в состав которых входят гипс и ангидрит. Немалое значение, особенно в горнорудных районах, имеют также процессы окисления сульфидов, например пирита:

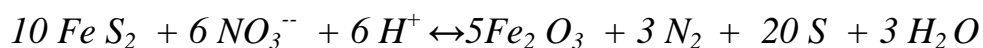


Сульфатные ионы обладают большой подвижностью, уступая только хлоридным. Однако в процессе миграции происходит распад сульфатов (сульфат-редукция). Основным фактором, способствующим развитию этого процесса, является дефицит кислорода (анаэробная среда). В этих условиях сульфатные ионы становятся неустойчивыми и восстанавливаются до сероводорода. Необходимым условием протекания этой реакции является наличие органики, служащей питательной средой для развития сульфатредуцирующих бактерий. Например, отмеченный процесс весьма распространен на железорудных месторождениях, в частности на Лебединском ГОКе КМА, в результате сульфат-редукции дренажные воды обогащаются сероводородом.

Важным процессом характеризующим самоочищающую способность подземных вод, является нитрат-редукция. Нитраты - одни из наиболее распространенных загрязняющих веществ в горнорудных районах. Их появление, как правило, связано с органическим загрязнением, применением взрывчатых веществ, а также с использованием в хвостохранилищах специальных коагулянтов (например, полиакриламида -Лебединский ГОК, здесь содержание NO_3^- составляет $0,02 \text{ кг/ м}^3$)

Тем не менее подвижность ионов NO_3^- в подземных водах весьма ограниченная из-за усвоения их растениями и различных реакций денитрификации.

Для железорудных месторождений, например, характерна следующая реакция нитрат-редукции:



В зонах застойного режима и затрудненного водообмена процессы денитрификации происходят по схеме:



В результате протекания этих процессов выделяется свободный азот. Процессы денитрификации часто приводят к практически полному исчезновению нитратов в процессе фильтрации.

Например, в гидроотвале Березов Лог (Лебединский ГОК) концентрация NO_3^- достигает $0,023 \text{ кг / м}^3$, а в дренаже, у основания плотины гидроотвала, она падает практически до нуля.

Ввиду сложности рассмотренных процессов физико-химического взаимодействия в системе горная порода - движущийся раствор они в настоящее время рассматриваются как процессы поглощения и математически описываются кинетическими уравнениями. Применительно к грунтам наиболее распространенной является зависимость:

$$dN/dt = \alpha (C - C_p), \quad (35)$$

где α - кинетический коэффициент; C - концентрация вещества в жидкой фазе на момент времени t ; C_p - концентрация равновесия с количеством вещества N , поглощенным твердой фазой и отнесенным к единице объема породы.

В расчетах наиболее распространена линейная изотерма Генри:

$$C_p = \beta N, \quad (36)$$

где β - коэффициент распределения вещества.

Как правило, в природных условиях длительность переноса значительно превышает период времени, в течение которого проявляется кинетика поглощения, т. е. процесс можно считать равновесным. В этих условиях для расчетов можно пользоваться решениями, полученными без учета эффектов физико-химического взаимодействия стоков совмещающими породами, вводя в эти решения вместо активной пористости n_a эффективную $n_э$, рассчитываемую по зависимости:

$$n_э = n_a + 1/\beta \quad (37)$$

Соответственно скорость переноса загрязнений уменьшится от v/n_a до $v/n_э$.

Например, по результатам лабораторных определений сорбции полиакриламида на сеноман-альбских песках параметр распределения $\beta = 2,1$, активная пористость $n_0 = 0,1$, следовательно, скорость переноса будет ниже действительной скорости фильтрации в $(n_a + 1/\beta) n_a$ раз, т. е. в 5,7 раз.

7.4 Методы определения параметров массопереноса

Методы определения параметров массопереноса группируются в два больших класса:

- опытно-миграционные работы;
- лабораторные методы.

Целесообразность использования того или иного класса методов зависит от характера задачи и значимости параметров, реальных возможностей методов в конкретных гидрогеологических условиях т. п.

В настоящее время разработано большое число методики схем проведения опытно-миграционных работ. Здесь отметим лишь наиболее распространенные методы.

По типу фильтрационного режима опытно-миграционные работы подразделяются на опыты в естественных и искусственно созданных фильтрационных потоках.

Принципиальная схема опыта в естественном потоке подземных вод заключается в запуске индикатора в инъекционную скважину и слежении за его концентрацией по наблюдательной. Опыты в естественных потоках обладают такими серьезными недостатками, как низкая информативность, большое время опыта, возможность прохождения индикатора мимо наблюдательной скважины, необходимость самостоятельной оценки фильтрационных параметров и т. п. Это обстоятельство не позволяет рекомендовать опыты в естественных потоках для широкого использования в гидрогеологической практике.

Опыты в искусственно созданных фильтрационных потоках во многом избавлены от перечисленных выше недостатков.

Важным моментом при проведении опытно-миграционных работ является учет гидрохимической инерционности наблюдательных скважин. Этот эффект связан с конечной вместимостью скважины, в которой происходит постепенное разбавление индикатора, вследствие чего концентрация раствора в скважине отличается от истинного значения.

7.5 Гидрогеофизические исследования в задачах охраны подземных вод

Гидрогеофизические исследования могут проводиться самостоятельно и в комплексе с гидродинамическими и гидрохимическими методами.

Наиболее целесообразно их применение в следующих целях:

- определение скорости фильтрации;

- изучение мест и интенсивности утечек промстоков из технических водоемов;
- оперативный контроль за качеством подземных вод;
- повышение информативности опытно-фильтрационных и опытно-миграционных работ.

Для определения скорости фильтрации можно рекомендовать использование методов скважинной резистивиметрии и термометрии.

Скважинная резистивиметрия сводится к засолению воды в наблюдательной скважине (концентрация $< 2 \text{ кг/ м}^3$) и последующему наблюдению за рассолением под действием фильтрационного потока. Наблюдение ведется посредством измерения электрического сопротивления воды в скважине, по которому с использованием специальных тарировочных графиков определяется концентрация соли.

Скорость фильтрации:

$$v = \pi d_c / 4 \zeta t \ln C_o - C_e / C - C_e \quad (38)$$

где, d_c - диаметр фильтра скважины; ζ - коэффициент искажения потока, учитывающий состояние прифильтровой зоны (для чистой скважины $\zeta=2$); t - время от конца засоления до начала измерения; C_o - концентрация соли в скважине сразу после ее засоления; C_e - фоновая концентрация. Для расчетов по приведенной зависимости необходимо значение параметра ζ , которое наиболее надежно определяется для каждой конкретной скважины экспериментально или оценивается на основе аналитических зависимостей.

Гидрогеотермический метод определения скорости фильтрации заключается в регистрации сезонных колебаний температуры в подземных водах по наблюдательным скважинам. Температура в водоемах, являющихся границами области фильтрации, изменяется по закону, близкому к синусоидальному:

$$T = \Delta T_o \sin 2\pi t / \tau \quad (39)$$

где, T - температура в водоеме на момент времени t ; ΔT_0 - амплитуда сезонных колебаний температуры в водоеме; τ - период колебаний.

Гидрогеотермический метод можно использовать для определения направления движения подземных вод вблизи водоемов. При этом для однозначности результатов необходимо, как минимум, три наблюдательные скважины, не расположенные на одной прямой. Термометрические наблюдения по скважинам позволяют определить время прихода в скважины пиков тепловой волны от водоема (источника питания).

Этот метод дополняет общепринятый метод определения направления движения подземных вод, использующий результаты наблюдений за уровнем режимом.

Для изучения мест и интенсивности утечек промстоков из технических водоемов особенно перспективным представляется использование метода термозондирования, заключающегося в определении температурного градиента в верхнем слое придонных отложений мощностью 1 м. Для измерений используется специальный зонд с наконечником, оборудованным термодатчиком. С использованием термозондирования можно фиксировать участки с интенсивностью инфильтрации порядка 10^{-6} - 10^{-8} м/сек, где применение других методов, в частности инфильтрометров, затруднено. Наиболее удобным временем для проведения термозондирования является июнь - июль, именно в этот период температурные градиенты в придонных отложениях достигают максимальных значений.

Гидрогеофизические методы оказываются особенно эффективными при организации оперативного контроля за качеством подземных и поверхностных вод. При этом целесообразно применять специальные датчики, закладываемые в водоносные горизонты, придонные отложения технических водоемов, в русловые отложения рек и т. п. С

помощью датчиков осуществляется непрерывный контроль за минерализацией и температурой вод, содержанием радиоактивных компонентов, за газовым составом и т. п. Полученная информация с помощью телеметрических систем должна сводиться на единый пульт и обрабатываться с использованием ЭЦВМ. Такая система в сочетании с режимными скважинами, где также перспективна установка подобной аппаратуры, позволяет осуществлять гибкий контроль и управление качеством водных ресурсов в крупных горнорудных районах.

При проведении опытных работ перспективным является совмещение традиционных гидрогеологических и гидрогеофизических методов. Последние уже давно успешно применяются для решения традиционных гидрогеологических задач: дифференциация разреза, изучения структурных особенностей пластов и т. п. В последнее время гидрогеофизические методы все шире используются для непосредственного определения фильтрационных и миграционных параметров водоносных горизонтов.

Сущность резистивиметрического метода фиксации индикатора при опытно-миграционных работах заключается в измерении сопротивления воды в наблюдательной скважине, с которым связана концентрация индикатора. Метод позволяет резко сократить объем отбора и химических анализов проб воды в процессе опыта. Резистивиметрия по наблюдательным скважинам в процессе налива воды в центральную позволяет оценить такие важные параметры, как показатель искажения потока и коэффициент гидрохимической инерционности наблюдательных скважин.

Метод заряженного тела используется для определения направления и действительной скорости фильтрации подземных вод без наблюдательных скважин. Сущность метода заключается в запуске в скважину раствора электролита (чаще всего NaCl) и возбуждении

электрического поля с последующей регистрацией его потенциалов на поверхности земли по стационарной сетке. Вследствие движения воды зона электролита перемещается, изменяя изолинии электрического поля.

Исследованиями, проведенными ЛГИ, показано, что метод заряженного тела может использоваться достаточно широко для определения направления движения подземных вод в комплексах раздельнозернистых и трещиноватых пород, а также для оценки действительной скорости фильтрации в песчаных породах. При этом естественная минерализация подземных вод не должна превышать $0,5 \text{ кг/м}^3$, а глубина залегания 10 - 15 м.

7.6 Оценка качества условно чистых дренажных и рудничных вод

Условно чистыми дренажными называются воды, перехватываемые дренажными устройствами, специально оборудованными для исключения возможности загрязнения откачиваемых вод при контакте с окружающей средой. К таким устройствам относятся водопонижающие скважины, сквозные фильтры и восстающие скважины при условии приема воды из них в коллектор-трубопровод и откачки ее на поверхность специальной насосной станцией, а также горизонтальные дренажи закрытого типа.

Рудничными считаются воды, прием и транспортировка которых не исключает техногенного (вторичного) загрязнения.

Качественный состав условно чистых дренажных вод целиком определяется химическим составом подземных и поверхностных вод, захватываемых системой осушения, и может быть рассчитан на основе теории массопереноса в подземных водах.

Качественная характеристика рудничных вод может быть получена из химического состава дренажных вод с учетом процессов техногенного загрязнения. Как показывает опыт осушения месторождений, техногенное загрязнение рудничных вод осуществляется в основном за счет контакта последних с частями механизмов, почвой дренажных выработок, атмосферой и т. п. Это приводит к обогащению рудничных вод нефтепродуктами, взвешенными веществами, азотными соединениями, органическими веществами и наличие биологического загрязнения. Ориентировочные значения концентрации основных составляющих техногенного загрязнения рудничных вод на железорудных месторождениях: нефтепродуктов - 0,001 - 0,01 кг/м³, взвешенных и эмульгированных веществ - 0,05 - 1 кг/м³, азотистых соединений 0,0005 - 0,001 кг/м³.

7.7 Рациональное использование условно чистых дренажных и рудничных вод

Условно чистые дренажные воды, формирующиеся в закрытых системах глубинного дренажа, практически не подвержены процессам техногенного загрязнения, т. е. их качественный состав зависит в основном от гидрогеохимических условий района. Это зачастую позволяет рассматривать глубинный дренаж одновременно и как водозабор подземных вод, т. е. рекомендовать широкое использование дренажных вод в народном хозяйстве, прежде всего в системах хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения.

При обосновании возможности использования дренажных вод для хозяйственно - питьевых целей необходимо:

- организовать дифференцированный отбор и откачку на поверхность пресных и соленых вод;

- оценить эксплуатационные запасы дренажных вод с учетом изменения их качественного состава в течение всего периода работы дренажной системы как водозабора;
- организовать санитарную охрану водозабора на базе дренажных вод;
- обеспечить перед подачей к потребителю необходимую водоподготовку (отстаивание, обезжелезивание, хлорирование и т. п.).

На горнорудных предприятиях Российской Федерации накоплен положительный опыт использования условно чистых дренажных вод в хозяйственно-питьевых целях, объемы использования которых могут быть значительно увеличены при применении специальных методов очистки, однако целесообразность проведения этих мероприятий требует детального технико-экономического обоснования (рис.28).

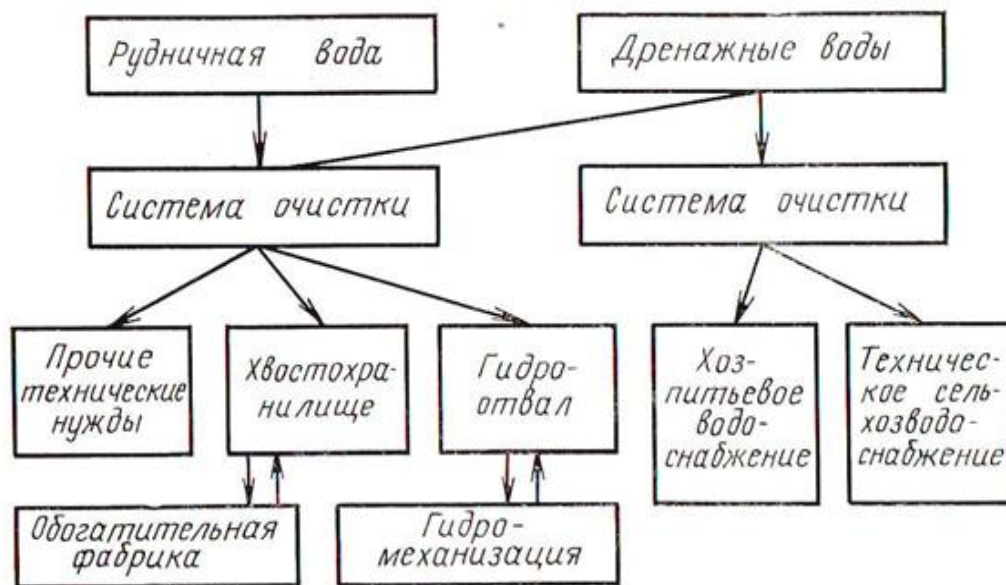


Рисунок 28 - Схема использования дренажных и рудничных вод

Использование дренажных и рудничных (шахтных) вод для технических целей обычно предусматривает необходимость

применения очистки. Для очистки вод в качестве коагулянтов используют известь, соду, сернокислый алюминий, железный купорос, которые обеспечивают очистку от основных загрязняющих примесей на 90 -99 % , после чего воды могут использоваться в оборотных циклах технического водоснабжения для поддержания необходимого расхода воды в системе.

Оправданным является также использование дренажных и рудничных вод для пылеподавления в карьерах, целей механизации, приготовления бетонных растворов и т. п. Шахтные воды должны использоваться также для сельскохозяйственного водоснабжения (поливное земледелие, рыбное хозяйство и т. п.), однако для этого требуется специальное обоснование их качества и последующее поддержание его в заданных пределах.

Остаточные (не утилизированные) объемы шахтных вод могут использоваться для восполнения запасов подземных вод.

Особую актуальность приобретает проблема утилизации высокоминерализованных вод. Перспективным в этой связи является организация промышленного извлечения ряда ценных компонентов. Так, при минерализации рудничных вод 150 - 200 кг/м³ содержание хлоридов натрия составляет 90 -95%, калия 1,5 - 2 кг/м³, брома 0,4 - 0,5 кг/м³, что делает извлечение этих компонентов в промышленных масштабах рентабельным. Для лакокрасочной промышленности представляют интерес охры, образующиеся в местах выхода подземных вод в горные выработки. Имеется практика применения хлоридно-натриевых шахтных вод в бальнеологических целях в профилакториях, грязелечебницах и водолечебницах.

7.8 Сброс дренажных и рудничных вод

Сброс в открытые водоемы. Условия сброса дренажных вод в открытые водные источники регламентируются Основами водного кодекса РФ и Техническим регламентом «О водоотведении», статья 12. Требованиям настоящего Федерального закона должны соответствовать следующие виды дренажных вод, отводимых в водные объекты:

- подземные воды, отводимые по системам дренажа от объектов размещения отходов, накопителей и иных технологических емкостей;
- воды из оросительных, осушительных и иных гидромелиоративных систем;
- воды шахтного и карьерного водоотлива;
- воды, попутно забранные при добыче полезных ископаемых за исключением попутных вод, направляемых в подземные горизонты в соответствии с технологической схемой добычи полезных ископаемых;
- избыток вод хвостохранилищ, накопителей и иных технологических емкостей;
- воды при опорожнении рыбоводных прудов и иных объектов аквакультуры;

Требования к составу и свойствам дренажных вод, отводимых в водные объекты, устанавливаются исходя из необходимости:

- поэтапного сокращения вплоть до полного прекращения загрязнения водных объектов опасными веществами, *указанными в Перечне I Приложения I к настоящему Федеральному закону;*
- поэтапного сокращения поступления в водные объекты загрязняющих веществ или групп веществ, *указанных в Перечне II Приложения I к настоящему Федеральному закону;*

- поэтапного сокращения содержания в них кислородпоглощающих веществ, взвешенных веществ в соответствии с *Таблицей 3.1 Приложения 3 к настоящему Федеральному закону*;
- поэтапного сокращения содержания в них веществ, вызывающих эвтрофикацию, в соответствии с *Таблицей 3.2 Приложения 3 к настоящему Федеральному закону*;
- обеспечения качества сточных вод, поступающих в водные объекты в пределах уязвимых зон, в соответствии с *Таблицей 3.3 Приложения 3 к настоящему Федеральному закону*;
- необходимости соблюдения целевых показателей качества воды в водных объектах.

Перечень I содержит опасные загрязняющие вещества и группы веществ, характеризующиеся токсичностью, стойкостью и склонностью к биоаккумуляции, за исключением биологически безвредных веществ и веществ, которые под воздействием естественных биохимических процессов быстро преобразуются в биологически безвредные вещества: галогенорганические соединения и вещества, которые могут образовывать такие соединения в водной среде и иные вещества, определяемые суммарно по показателю АОХ (абсорбируемые галогенорганические соединения); фосфорорганические соединения; оловоорганические соединения; вещества, обладающие канцерогенными, мутагенными и тератогенными свойствами или способные приобрести указанные свойства в водной среде; ртуть и ее соединения;

- кадмий и его соединения; стойкие минеральные масла и тяжелые фракции углеводородов нефтяного происхождения; цианиды;
- синтетические поверхностно-активные вещества; прочие искусственно синтезированные вещества, отвечающие определенным критериям экологической опасности.

Перечень II содержит загрязняющие вещества и показатели, вызывающие и (или) свидетельствующие о повышении мутности и минерализации вод водных объектов, эвтрофикации водных объектов, нарушении кислородного режима, ухудшении эстетических и органолептических свойств вод водных объектов, а также оказывающих негативное воздействие на животный и растительный мир:

1. Общая минерализация и ионы основного солевого состава.
2. Взвешенные вещества.
3. Показатели потребления кислорода (ХПК, БПК).
4. Биогенные вещества (азот, фосфор, и их формы).
5. Микроэлементы и их соединения (табл.8)

Таблица 8- Микроэлементы и их соединения

5.1. Цинк	5.5. Свинец	5.9. Молибден	5.13. Бериллий	5.17. Кобальт
5.2. Медь	5.6. Селен	5.10. Титан	5.14. Бор	5.18. Таллий
5.3. Никель	5.7. Мышьяк	5.11. Олово	5.15. Уран	5.19. Теллур.
5.4. Хром	5. 8. Сурьма	5.12. Барий	5.16. Ванадий	

6. Нефтепродукты растворенные и эмульгированные.
7. Вещества, отрицательно влияющие на вкус и (или) запах продукции животного и растительного происхождения, добытой из водного объекта.
8. Фториды.
9. Искусственно синтезированные вещества, не включенные в Перечень.

Перечень III определяет допустимые (остаточные) уровни микробиологических организмов и дезинфицирующих агентов в сточных водах в зависимости от условия их сброса и использования (табл.9)

Таблица 9 - Допустимые (остаточные) уровни микробиологических организмов и дезинфицирующих агентов в сточных водах в зависимости от условия их сброса и использования

N	Показатели	Допустимые остаточные уровни			
		сточные воды			
		отводимые в водные объекты	используемые в сельском хозяйстве для орошения	используемые в промводоснабжении	
				системы	
		закрытые	открытые		
1	Общие коли-формные бактерии (КОЕ/100 мл), не более	500	1000	500	20
2	Коли-фаги (БОЕ/100 мл по фагу М2), не более	100	-	100	10
3	Термотолерантные коли-формные бактерии (КОЕ/100 мл), не более	100	-	100	10
4	Фекальные стрептококки (КОЕ/100 мл), не более	10	-	-	-
5	Патогенные микроорганизмы	отс.	отс.	отс.	отс.
6	Остаточный хлор мг/л при времени контакта 30 мин., не менее	1,5		1,0	1,0
7	Остаточный озон, мг/л (при контакте 30 мин.), не менее	0,5	-	0,3	0,3
	Доза УФ облучения не менее мДж/см ²			30	30

Приложение 3 определяет требования к составу и свойствам очищенных сточных вод при сбросе в поверхностные водные объекты по показателям органического загрязнения и взвешенным веществам:

Таблица 10 - Требования к составу и свойствам очищенных сточных вод при сбросе в поверхностные водные объекты по показателям органического загрязнения и взвешенным веществам

Нагрузка на очистные сооружения	БПК5, мг/дм3	ХПК, мг/дм3	Взвешенные вещества, мг/дм3
	после 9 лет со дня вступления в силу настоящего Закона	после 9 лет со дня вступления в силу настоящего Закона	после 9 лет со дня вступления в силу настоящего Закона
От 2000 до 50 000 ЭЖ (до 3000 кг БПК5/сут)	20	60	15
От 50 000 до 250 000 ЭЖ (до 15000 кг БПК5/сут)	15	50	15
более 250 000 ЭЖ (более 15 000 кг БПК5/сут)	10	40	10

Таблица 11 - Требования к составу и свойствам очищенных сточных вод при сбросе в поверхностные водные объекты по эвтрофирующим веществам

Нагрузка на очистные сооружения	Общий фосфор, мг/дм3		Общий азот, мг/дм3
	после 9 лет со дня вступления в силу настоящего Закона		после 9 лет со дня вступления в силу настоящего Закона
От 2000 до 50 000 ЭЖ (до 3000 кг БПК5/сут)	2,0	15	
От 50 000 до 250 000 ЭЖ (до 15000 кг БПК5/сут)	1,8	8	
более 250 00 ЭЖ (более 15000 кг БПК5/сут)	1,25	8	

Таблица 12 - Требования к составу и свойствам очищенных сточных вод при сбросе в поверхностные водные объекты (уязвимые зоны) по эвтрофирующим веществам

Нагрузка на очистные сооружения	Общий фосфор, мг/дм ³	Общий азот, мг/дм ³
	после 9 лет со дня вступления в силу настоящего Закона	после 9 лет со дня вступления в силу настоящего Закона
От 2000 до 50 000 ЭЖ (до 3000 кг БПК ₅ /сут)	1,8	15
От 50 000 до 250 000 ЭЖ (до 15000 кг БПК ₅ /сут)	1,5	5
более 250 000 ЭЖ (более 15000 кг БПК ₅ /сут)	1,1	5

Состав и свойства воды водоемов должны соответствовать нормативам в створе, расположенном на проточных водоемах в 500 м выше ближайшего по течению пункта водопользования, а на водохранилищах - в 500 м в обе стороны от пункта водопользования.

При определении кратности разбавления стоков необходимо расчеты производить по максимальным среднечасовым расходам сточных вод и максимальным и максимальным среднечасовым расходам дренажных вод.

Считать расчетными гидрогеологическими условиями:

- для не зарегулированных рек - наименьший среднемесячный расход воды 95%-ной обеспеченности (по данным органов гидрометеослужбы);
- для зарегулированных рек - установленный, гарантированный расход ниже плотины;
- для водохранилищ и озер - наименее благоприятный режим, определяемый путем сопоставления расчетов для ветрового воздействия с условиями сработки и заполнения водохранилищ при открытом и подледном режиме.

Основные требования к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого, культурно-бытового водопользования, используемых в рыбохозяйственных целях, приведены ниже.

Таблица 13- Требования к составу сбрасываемой воды

	Предельно допустимые концентрации
Мутность, кг/ м ³	0,015
Органические вещества по окисляемости, кг О ₂ / м ³ :	
перманганатная	0,015
бихроматная	0,030
Коли-индекс, ед/л	100 000
Общее число бактерий, ед/мл	750
Железо, кг/м ³	3 · 10 ⁻³
Медь, кг/м ³	1 · 10 ⁻³
Мышьяк, кг/м ³	0,05 · 10 ⁻³
Нефтепродукты, кг/м ³	1,5 · 10 ⁻³ (в том числе растворимые 0,3 · 10 ⁻³)
Планктон, кл/мл	10 000
Полихлорпирен, кг/м ³	0,2 · 10 ⁻³
Свинец, кг/м ³	0,1 · 10 ⁻³
Фенолы , кг/м ³	0,005 · 10 ⁻³
Фосфаты, кг/м ³	1 · 10 ⁻³
Хлорофос, кг/м ³	0,05 · 10 ⁻³

Расчет концентраций допустимых для сброса воды в проточные водоемы производится по формуле:

$$C_d = (1 + aQ_p / Q_c) ПДК - (1 + aQ_p / Q_c) C_p \quad (40)$$

где C_d - концентрация, допустимая к сбросу; $ПДК$ - предельно допустимая концентрация; C_p - концентрация загрязнений в воде рек; Q_p - расход реки; Q_c - расход сброса; a - коэффициент смешения (доля расхода реки, участвующая в смешении).

Для того чтобы разбавление было более интенсивным, необходимо при проектировании скорость на выходе из выпуска равнялась 1,5 - 5 м сек.

Сброс в подземные емкости. Сброс дренажных вод в подземные емкости (песчаные или трещиноватые коллекторы) санкционируется разрешением на специальное водопользование. Он осуществляется двумя способами: путем инфильтрации из открытых емкостей и закачкой в поглощающие скважины. Последний способ в настоящее время еще не имеет удовлетворительных технических решений, поэтому распространение получил способ сброса дренажных вод в подземные коллекторы путем инфильтрации из открытых емкостей. В качестве емкостей используются естественные понижения рельефа (овраги, балки, старицы), заброшенные карьеры, пруды и специально сооружаемые бассейны. Последние получили широкое распространение в установках искусственного пополнения грунтовых вод в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Инфильтрационные бассейны представляют собой прямоугольные в плане выемки или обвалования со спланированным горизонтальным дном, врезанным в проницаемый грунт. Размер одного бассейна находится в пределах: длина 250 -300 м, ширина по дну 10 -15 м, глубина до 4 м.

Для получения подземной воды высокого качества, а также для упрощения конструкции инфильтрационных бассейнов и условий их эксплуатации разработаны требования к качественному составу воды, подаваемой на инфильтрацию.

7.9 Методы охраны водных ресурсов в горнодобывающих районах

Борьба с отрицательным воздействием горного производства на окружающую среду, в частности водные ресурсы, основывается на применении мероприятий профилактического и ликвидационного характера.

Профилактическими мероприятиями является комплекс инженерных воздействий, направленных на предотвращение отрицательного техногенного влияния горнорудных предприятий на водный бассейн.

Эти мероприятия сводятся к следующему:

- создание замкнутых систем промышленного водоснабжения и канализации;
- введение бессточных технологических циклов;
- применение методов очистки сточных (рудничных, дренажных, канализационных и т. п.) вод;
- изоляция коммуникаций со сточными водами и локализация проток в техногенных водоемах;
- очистка газо-дымовых выбросов (особенно в районах с большим количеством атмосферных осадков);
- захоронение особо опасных стоков в глубокие горизонты земной коры;
- создание систем искусственного восполнения (магазинирование) подземных вод;
- организация зон санитарной охраны, охватывающих весь район влияния предприятия, и установление жесткого контроля за качественным составом и количеством промышленных сбросов в открытые водоемы, поверхностные воды и атмосферу.

Создание замкнутых систем промышленного водоснабжения и канализации предусматривает необходимость:

- организации оборотных технологических циклов водоснабжения, например хвостохранилище ↔ горнообогатительная фабрика; гидроотвал ↔ рабочий борт карьера (гидромеханизация) и т. п.;
- подключение дренажного комплекса к системам хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения.

Введение бессточных технологических циклов заключается в полной ликвидации систем технического оборотного водоснабжения

посредством полной утилизации стоков методами сгущения, выпаривания и т. п. Данные мероприятия особенно целесообразны при наличии относительно небольшого объема сильно загрязненных, токсичных стоков, потери которых могут вызвать значительное загрязнение окружающей среды (например, флотационные методы обогащения бедных руд).

Применение очистки сточных вод основано на использовании физических, химических, биологических, физико-химических и биохимических методов. Очистка сточных вод широко применяется в самых различных отраслях промышленности и в тех или иных модификациях используется фактически в любых технологических циклах. Весьма перспективным представляется использование этих методов и в горнорудном производстве (пруды-отстойники, флотационные системы очистки, системы аэрации, биологической очистки).

Изоляция коммуникаций со сточными водами и локализация проток сточных вод техногенных водоемов предусматривают следующий цикл мероприятий:

- гидроизоляцию лотков и других гидравлических систем, связанных с транспортировкой загрязненных вод;
- гидроизоляция и устройство дренажа в пределах корпусов, цехов, гаражей и других сооружений на промышленных площадках для предупреждения попадания технологических и сточных вод в водоносные горизонты и поверхностные водотоки;
- гидроизоляцию ложа техногенных водоемов (хвостохранилищ, шламоохранилищ, гидроотвалов и т. п.) экраном (пленочным, глинистым, битумным, асфальтобетонным и т. п.), устройство противофильтрационных элементов в теле плотины;

- устройство в ложе, бортах и плотинах бассейнов проистоков специального дренажа для перехвата фильтрующихся стоков с последующей перекачкой их обратно;
- сооружение противофильтрационных завес («стена в грунте») из слабопроницаемых материалов, обеспечивающих требуемый экранирующий эффект;
- сооружение вокруг бассейна или на отдельных направлениях гидрозавес и пневмозавес, обеспечивающих создание на некотором контуре напоров, препятствующих распространению стоков в водоносном горизонте.

Рассмотренные типы локализационных мероприятий могут применяться как в отдельности, так и в различных комбинациях.

Очистка газо-дымовых выбросов предполагает необходимость установки специальных фильтров. Эти мероприятия имеют особое значение в районах с повышенным количеством атмосферных осадков, так как загрязненные ливневые воды будут усиливать отрицательное влияние на окружающую среду (в частности, на водный бассейн).

Захоронение особо опасных стоков в глубокие горизонты земной коры применяется в тех случаях, когда другие методы утилизации малоэффективны или требуют значительных затрат. Во всех случаях захоронению должен предшествовать детальный гидрогеологический анализ как целью выбора пласта-коллектора, так и для оценки возможных последствий (рис.29 .)

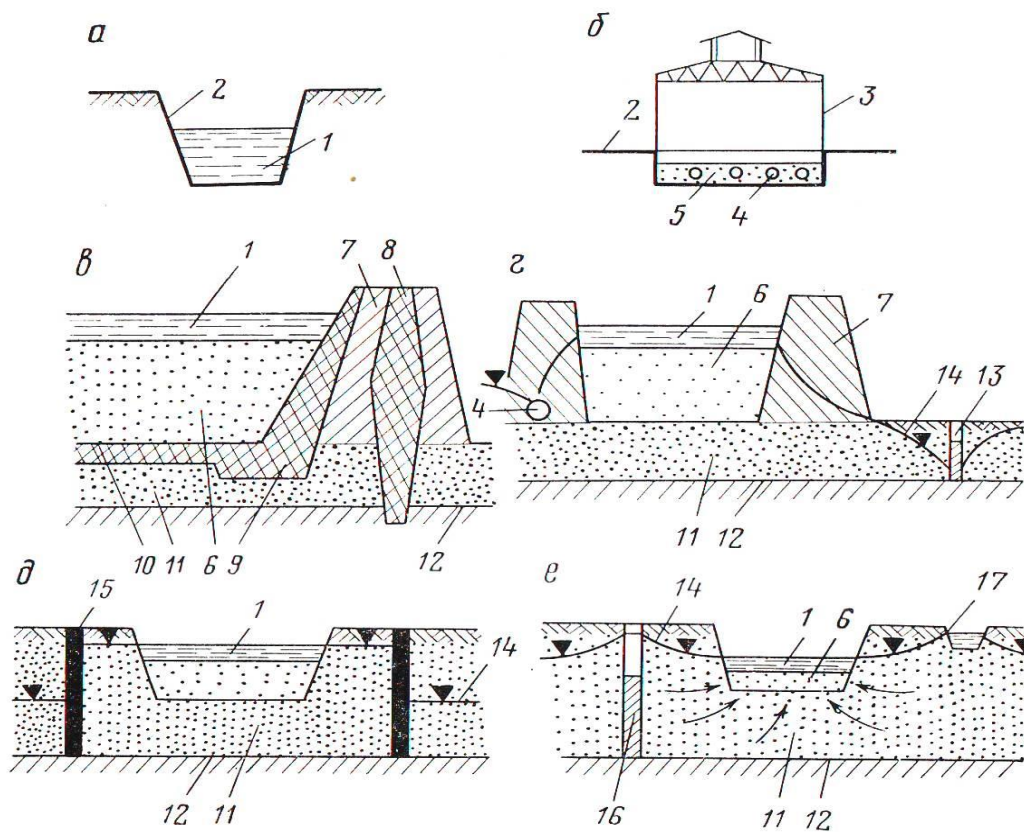


Рисунок 29 – Схема локализации промстоков:

а- гидроизоляция лотков; б – гидроизоляция территории промплощадок и устройство дренажа в основании сооружений; в – экранирование техногенных водоемов; г – устройство дренажа для перехвата промстоков; д – устройство противодиффузионных завес; е – устройство гидрозавес; 1- сточные воды; 2- гидроизоляция; 3- сооружение; 4- дренаж; 5- крупнозернистый песок; 6- иллы; 7- плотины; 8- ядро (диафрагма); 9- понур; 10- экран; 11- водопроницаемые породы; 12- водоупор; 13- дренажная скважина; 14- уровень подземных вод; 15- противодиффузионная завеса; 16- закачная скважина; 17 - канава

Основным условием возможности применения этого метода является полная изоляция закачиваемых стоков от продуктивных водоносных горизонтов, пластов, содержащих полезные ископаемые, и т. п. В случае невозможности соблюдения этого условия контакт с закачиваемыми стоками не должен приводить к ухудшению качества подземных и поверхностных вод, используемых и намечаемых к использованию.

Создание систем искусственного восполнения запасов подземных вод преследует цели обеспечить сохранение или увеличение запасов подземных вод, частично решить вопрос утилизации дренажных вод (рис.30).

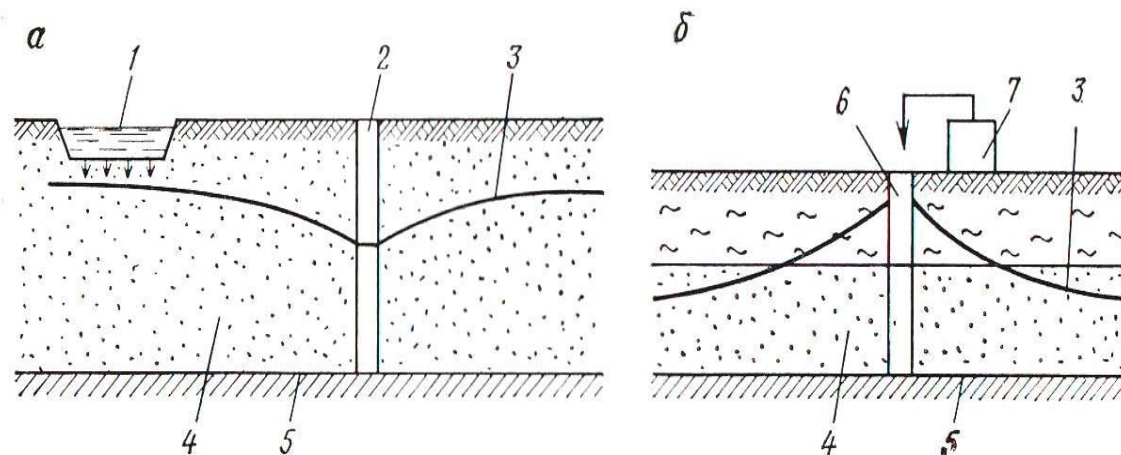


Рисунок 30 – Основные схемы искусственного восполнения подземных вод:

а – при свободной инфильтрации; *б* - при напорной инфильтрации через поглощающие скважины; 1- инфильтрационный бассейн; 2- водозабор; 3- уровень подземных вод; 4- водоносный горизонт; 5- водоупор; 6- поглощающая скважина; 7- насосная установка

Организация зон санитарной охраны предусматривает выделение двух поясов: I-пояс строгого режима, II - пояс ограничений. Назначением пояса I является устранение возможности случайного или умышленного загрязнения подземных и поверхностных вод. Пояс II примыкает к первому и охватывает более широкую территорию. Назначением пояса II является устранение возможности появления источников загрязнения в зоне влияния водозаборного сооружения. Размеры поясов устанавливаются в каждом конкретном случае исходя из решения соответствующих миграционных задач. В частности, радиус пояса II может быть оценен по зависимости:

$$R > v T/n_{\text{э}} \quad (41)$$

где, v - средняя скорость фильтрации; T - расчетный период работы водозаборного сооружения (обычно $T = 25$ лет); $n_{\text{э}}$ - эффективная пористость.

В случае уже произошедшего загрязнения подземных вод до концентраций, превышающих предельно допустимые, должны применяться ликвидационные мероприятия, которые сводятся к

локализации очагов загрязнения или к их полной ликвидации и восстановлению качества подземных и поверхностных вод. Здесь эффективны дренажные мероприятия, гидрозавесы, противодиффузионные завесы, а также химическая нейтрализация вредных компонентов непосредственно в пласте. Радикальным, хотя и дорогостоящим средством, является откачка загрязненных вод с последующей их полной очисткой.

Имеющийся опыт показывает, что борьба с загрязнениями, уже попавшими в водоносный горизонт, представляет собой сложнейшую инженерную задачу, требующую больших капитальных затрат. Поэтому основными мероприятиями необходимо считать профилактические. В наибольшей степени это относится к строящимся горнорудным предприятиям, где при проектировании представляется возможным разработать эффективные мероприятия, сводящие к минимуму опасность загрязнения и истощения подземных и поверхностных вод.

Контрольные вопросы

1. Влияние горных работ на окружающую среду
2. Прогноз процессов распространения загрязнения загрязнений в подземных водах в процессе ведения горных работ
3. Самоочищение подземных вод
4. Методы определения параметров массопереноса
5. Гидрогеофизические исследования в задачах охраны подземных вод
6. Оценка качества условно чистых дренажных и рудничных вод и их рациональное использование
7. Требования к сбросу дренажных и рудничных вод
8. Требования к составу сбрасываемой воды
9. Методы охраны водных ресурсов в горнодобывающих районах

Список литературы

1. Гальперин А.М., Зайцев В.С., Харитоненко Г.Н, Норватов Ю.А. Геология. Часть III – Гидрогеология. Учебник для вузов. – М: « Мир горной книги». Издательство московского горного университета, издательство « Горная книга». 2009.- 400 с.
2. Справочник по осушению горных пород / под. ред. И.К.Станченко. – М.: Недра,1984.- 572 с.
3. СП 103.13330.2012 . Актуализированная редакция "СНиП 2.06.14-85
4. "Водный кодекс Российской Федерации" от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 02.08.2019) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2020)
5. Пособие по проектированию защиты горных выработок от подземных и поверхностных вод и водопонижения при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений (к СНиП 2.06.14-85 и СНиП 2.02.01-83)

Глава 8 Техника безопасности и правила эксплуатации при осушении месторождений полезных ископаемых

8.1 Общие положения

Осушение месторождений полезных ископаемых и дренаж промышленных площадок должны производиться по специальным, утвержденным в установленном порядке проектам. Не разрешается вести работы с какими-либо отступлениями от проекта без предварительного согласования этих отступлений с соответствующей проектной организацией.

Сдачу в эксплуатацию вновь построенных или реконструированных систем осушения надлежит оформить актом, к которому прилагается уточненная геологическая и исполнительная документация.

Мероприятия по осушения и дренажу должны обеспечивать:

- создание благоприятных и безопасных условий ведения горных работ;
- предотвращение попадания атмосферных и поверхностных вод в эксплуатационные горные выработки;
- предотвращение прорывов пльвунов и подземных вод, а также развития суффозионных явлений;
- снижение напоров (уровней) подземных вод;
- предотвращение возникновения оползневых деформаций откосов по фронту работ и в бортах карьера в рыхлых неустойчивых породах;
- устойчивость внутренних и внешних отвалов;
- снижение гидростатического давления на элементы строительных конструкций;
- понижение уровня подземных вод не менее чем на 0,5 м ниже отметки чистого пола дренируемых объектов.

Осушительные работы в карьерах и разрезах должны опережать горные работы не менее чем на время, необходимое для обеспечения полугодового подвигания забоя.

При наличии на территории карьера оползней последние должны быть ограждены нагорными канавами.

Следует осуществлять меры безопасности, предусмотренные инструкцией по наблюдению за деформацией бортов откосов, уступов, отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости.

При разработке особо обводненных месторождений со слоями плавунных песков, закарстованных пород с большими ресурсами вод следует иметь план ликвидации аварий и принимать специальные меры по предупреждению внезапного прорыва воды. Для проведения выработок по плавунам должен составляться специальный проект.

При появлении суффозии и деформации уступов рабочих бортов и отвалов, угрожающих нормальному ведению горных работ, должны быть приняты меры по перехвату потока воды путем локального водопонижения или сооружения противодиффузионной завесы.

При разработке неустойчивых пород, склонных к суффозии и оплыванию, открытый водоотлив из карьера как основной способ водопонижения не применять. На участках оползней не следует допускать изменения статических и динамических нагрузок на борта карьера.

Провалы и трещины, возникающие в процессе осушения месторождения, а также места возможных провалов на поверхности должны быть надежно ограждены от случайного попадания в эти зоны людей, средств транспорта и животных.

Устья стволов дренажных шахт, штолен, шурфов, буровых скважин и других выработок должны быть защищены от проникновения через них в горные выработки поверхностных вод.

На каждом карьере и разрезе должны ежегодно разрабатываться и утверждаться главным инженером мероприятия по обеспечению безопасности работ в период таяния снега и ливневых дождей. К мероприятиям должен быть приложен план горных работ с нанесением направления стока воды, всех сооружений, защищающих карьер или разрез от поверхностных вод, дренажных выработок и устройств, водоотливных установок с указанием числа и подачи насосов, обеспечивающих откачку ожидаемых притоков воды, водоотводных канав, участков ожидаемых подтоплений, а также расчет ожидаемых притоков воды по участкам.

При необходимости осушения площадей под внешние и внутренние породные отвалы и склады полезного ископаемого должны сооружаться нагорные и дренажные канавы или осуществляться другие дренажные мероприятия, обеспечивающие снижение уровня подземных вод не менее чем на 1 м ниже оснований отвалов. На карьерах и разрезах, на шахтах, где предусмотрено осушение карьерного или шахтного полей, должны проводиться регулярные наблюдения за положением уровня подземных вод в зоне горного отвода и на прилегающей территории в зоне влияния осушительных работ.

Все водозаградительные устройства и водоотводные канавы как на поверхности, так и в карьере должны содержаться в исправном состоянии. Для пропуска воды в период таяния снегов нагорные и водоотливные канавы должны быть очищены от снега и льда.

В зимнее время должны приниматься меры для защиты открытых дренажных канав и прибортовых дренажей от промерзания.

Порядок и условия сброса дренажных и ливневых вод должны отвечать

Водному кодексу РФ.

8.2 Дренажные шахты

На каждой дренажной шахте должно быть не менее двух отдельных выходов на поверхность. Для подземных дренажных систем промплощадок (кроме карьеров) допускается устройство одного выхода при следующих условиях:

- крепление устья ствола (штольни), сопряжений выработок и вентиляционных скважин, а также их осмотр должны производиться с учетом требований Единых правил безопасности при разработке рудных, нерудных и рассыпных месторождений открытым способом;
- допуск людей в подземные выработки для осмотра, ремонта и выполнения других работ должен производиться только после надлежащего проветривания выработок, проверки состава рудничной атмосферы и под руководством лица технического надзора.

Для каждой дренажной шахты должны быть утверждены мероприятия по предупреждению и ликвидации аварий, а работающие должны быть обучены правилам поведения во время возможных аварий.

При строительстве дренажных шахт необходимо предусматривать устройства, обеспечивающие на случай прорыва воды безопасный вывод людей и сохранение оборудования.

При проведении подземных дренажных выработок в породах любой крепости под вышележащими водоносными горизонтами необходимо бурить опережающие скважины, длина которых должна быть предусмотрена в паспорте крепления или в паспорте на проведение выработок в зависимости от крепости пород, но во всех случаях составлять не менее 5 м.

В каждой проводимой выработке должен находиться запас материалов для сооружения в необходимых случаях временной фильтрующей перемычки.

Около устья скважин, дренажных шахт запрещаются разведение костров, оттаивание устьев открытым огнем, а также стоянка машин с работающим двигателем внутреннего сгорания.

На дренажных шахтах, как правило, должна применяться нагнетательная схема проветривания горных выработок и должны разрабатываться специальные мероприятия во избежание загазованности дренажных выработок во время массовых взрывов в карьере или разрезе (изоляция недеятельных сквозных фильтров и скважин, вывод людей из шахты во время массовых взрывов и т. п.).

В околоствольных дворах стволов дренажных шахт, имеющих главные водоотливные установки, должны устанавливаться водонепроницаемые перемычки с герметичными дверями и обеспечиваться аварийная вентиляция насосных камер при затоплении выработок и закрытии дверей водонепроницаемой перемычки.

Подземные дренажные выработки должны оборудоваться системой сигнализации об авариях.

Все буровые скважины (геологоразведочные, водопонижающие, контрольно-разведочные, наблюдательные и т. д.), пересекающие водоносные горизонты и не подлежащие дальнейшему использованию по своему назначению должны быть затампонированы. При вскрытии выработками сквозных фильтров или других незатампонированных скважин должны предусматриваться следующие меры предосторожности:

- снижение динамического уровня воды в скважине до отметок, превышающих отметки кровли выработки не более чем на 10 м, или перекрытие скважин пробками на высоте 5 - 10 м от кровли выработки;

- определение положения скважин в плане с учетом их искривления с погрешностью не более 0,5 м;
- корректировка трасс выработок в период проведения в зависимости от фактического положения скважин;
- вскрытие скважин специальными выработками и др.

Все дренажные выработки должны регулярно осматриваться. Частота замеров водопритоків шахтных вод должна быть:

- на слабообводненных месторождениях (суммарные водопритоків в шахту до 300 м³/ час) - не реже одного раза в месяц;
- на обводненных месторождениях (суммарные водопритоків в шахту 300 - 700 м³/ час) не реже двух раз в месяц;
- на сильнообводненных месторождениях (суммарные водопритоків в шахту более 700 м³/ час) не реже одного раза в декаду.

Полный химический анализ шахтных вод должен производиться не реже одного раза в шесть месяцев.

Водосборники, дренажные выработки, зумпфы и каналы следует периодически очищать, не допуская заиления более 30% их объема.

8.3 Химическая обработка скважин

К проведению работ по химической обработке скважин допускаются только лица, прошедшие обучение безопасным методам работы и соответствующий инструктаж.

Прохождение инструктажа и обучения безопасным методам работы должно оформляться записью в специальном журнале с обязательной росписью лица, проходящего инструктаж.

Все лица, работающие на кислотном агрегате, обеспечиваются шерстяными костюмами, резиновыми сапогами, противогазами марки М (цвет коробки красный), для защиты от сероводорода - марок В и КД

(цвет коробки серый), защитными очками, резиновыми кислотостойкими перчатками.

При приготовлении кислотных растворов и их закачке в скважины агрегат и рабочие должны находиться с наветренной стороны. При отсутствии герметизации устья скважины кислотный агрегат устанавливается не ближе 25 - 30 м от устья.

Курить и пользоваться огнем вблизи хранилища кислот и обработанной скважины запрещается.

При проведении работ в подземных горных выработках работающие обеспечиваются противогазами, резиновыми перчатками, хлопчатобумажными рукавицами, резиновыми сапогами и непромокаемыми костюмами (брюки должны надеваться навывпуск).

Открытие задвижки на водовыпуске дренажной скважины в подземных горных выработках может производиться при надетом противогазе.

При отравлении парами кислот (насморк, кашель, удушье, покалывание в груди) пострадавшего необходимо отвести в сторону, обеспечить доступ свежего воздуха, сделать искусственное дыхание. При сильных отравлениях надо срочно вызвать врача.

При отравлении раствором соляной кислоты до прибытия врача пострадавшему дают пить воду и смесь окиси магния активированного угля (соответственно в соотношении 1 : 1 : 2), затем - молоко. При попадании соляной кислоты на кожу необходимо промыть пораженное место проточной водой, затем 96 % - ным этиловым спиртом и наложить примочку из 2 % - ного содового раствора. При поражении глаз немедленно промыть их проточной водой, затем пустить в глаза по капле 2 % - ного раствора кокаина или дикаина.

При попадании на кожу плавиковой кислоты немедленно в течение 1,5 - 2 час промыть пораженное место проточной водой, затем обработать 3 % - ным раствором соды. При поражении глаз промывать их чистой

проточной водой в течение 1,5 – 2 час с последующим введением двух-трех капель 0,5 % -ного раствора дикаина.

Перед проведением работ по химической обработке скважин необходимо приготовить следующий комплект медикаментов: 1 л двухпроцентного раствора двууглекислой соды, 500 г порошкообразной соды, 1 л насыщенного раствора окиси магния, 3 л 96 % -ного спирта и 0,5 % -ный раствор дикаина.

8.4 Дренаживание вод, выделяющих вредные и опасные газы

При обнаружении в откачиваемых и дренируемых водах газов, концентрации которых могут оказать вредное влияние на здоровье людей и угрожать безопасности их труда, работы в опасных местах должны быть прекращены, а работающие отведены в безопасное место.

Работы по бурению дренажных скважин должны осуществляться с соблюдением утвержденных в установленном порядке мероприятий, обеспечивающих безопасность производства работ и согласованных с органами Госгортехнадзора и санитарной инспекции.

Концентрации газов в воздухе не должны превышать предельно допустимых концентраций вредных газов, паров, пыли и других аэрозолей в воздухе рабочей зоны производственных помещений, установленных СП 2.2.1.1312-03.

Обслуживающий персонал должен быть дополнительно проинструктирован, при необходимости снабжен соответствующими средствами противогазовой защиты и ознакомлен с Инструкцией по безопасным методам работы при газопроявлениях.

При выделении газов в процессе сооружения дренажных устройств и их последующей эксплуатации должны быть приняты меры по каптации газов и отводе их.

При бурении и эксплуатации дренажных устройств должен осуществляться постоянный контроль за концентрацией газов в рабочей зоне. На рабочих площадках должны быть установлены газоанализаторы со световой и звуковой сигнализацией. Содержание газов в выработках и производственных помещениях отражается ежемесячно на специальных досках и фиксируется в соответствующих журналах.

8. 5 Оборудование и устройства для откачки воды

При откачках эрлифтом необходимо соблюдать правила устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок и воздухопроводов. Отводящий шланг (труба) должен быть надежно закреплен и оборудован успокоителем.

Исправлять и ремонтировать насосы на ходу, закреплять и затягивать болты на движущихся частях и на трубопроводе под давлением запрещается.

Все открыто движущиеся и выступающие части оборудования должны быть закрыты металлическими ограждениями. Работа со снятыми или неисправными ограждениями запрещается.

Отремонтированный агрегат можно запускать только после тщательной проверки ограждений, уборки инструмента, материалов и деталей, при отсутствии посторонних лиц на рабочем месте и при наличии заземления.

Все насосные установки должны иметь манометры. Для каждого насоса должны быть установлены нормальные и предельно допустимые величины показаний контрольно- измерительных приборов.

На насосных станциях и установках должен производиться учет продолжительности работы насосов и количество откачанной воды с регистрацией этих данных в специальном журнале.

При водопонижении эжекторными иглофильтрами каждый иглофильтр с напорной и сливной сторон должен быть оборудован пробковыми кранами.

Запрещается погружать и извлекать иглофильтры, если на расстоянии полуторной длины иглофильтровой колонны работают люди.

Насосы типа ЛИУ должны быть оборудованы специальными будками, предохраняющими их от атмосферных осадков.

При откачке погружными насосами с электроприводами запрещается:

- устанавливать водоподъемную колонну без применения соответствующих элеваторов и хомутов;
- производить спуск и подъем насоса при необесточенном кабеле и т. д.

В дренажных шахтах водоотливные установки должны устраиваться в соответствии с требованиями для шахтных водоотливов. Работа насосных станций и установок должна быть автоматизирована. Для агрессивных вод насосы и арматуру применять в антикоррозийном исполнении.

Каждая водопонижающая скважина должна быть оборудована приборами для замера производительности и уровня воды в ней.

Водоотливные установки на поверхности, а также трубопроводы в районах с отрицательной температурой воздуха должны быть утеплены перед зимним периодом и закрыты от возможных повреждений при производстве взрывных работ. Трубопроводы, проложенные на поверхности, должны иметь приспособления, обеспечивающие полное освобождение их от воды.

Для монтажа насосов в водопонижающих скважинах должно быть предусмотрено специальное подъемное оборудование.

Для водопонижающих скважин, рассчитанных на откачку воды в течение трех и более месяцев, для размещения пусковой аппаратуры и аппаратуры автоматического управления насосами при наличии суровых климатических условий должны устраиваться специальные помещения.

Контрольные вопросы

1. Требования безопасности при осушении МПИ
2. Требования безопасности к дренажным шахтам
3. Требования безопасности к буровым работам и химической обработке скважин
4. Требование безопасности при работе с оборудованием и устройствами для откачки воды
5. Требования к вопросам промышленной санитарии

Список литературы

1. ПБ 03-553-03. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и рассыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом
2. ПБ 03-498-02. Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом
3. СП 2.1.5.1059-01 Санитарные правила «Гигиенические требования к охране подземных вод от загрязнения»
4. СП 69.13330.2012 «СНиП 3.02.03-84 Подземные горные выработки»
5. СП 91.13330.2012 «СНиП II-94-80 Подземные горные выработки»
6. СП 104.13330.2012 «СНиП 2.06.15-85 Инженерная защита территории от затопления и подтопления»
7. СП 116.13330.2012 «СНиП 22-02-2003 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения.

Заключение

Гидрогеологический фактор является одним из решающих при освоении месторождений полезных ископаемых, поскольку во многом определяет технико-экономическую эффективность добычи и переработки минерального сырья.

Борьба с подземными водами иногда очень дорого обходится горнодобывающему предприятию и поэтому мероприятия по дренированию подземных вод, их рациональное использование и охрана от загрязнения и истощения, должны предусматриваться уже на стадии разработки проекта на отработку месторождения.

Определяющее значение для эффективной защиты от подземных вод имеет способ вскрытия и отработки месторождения. Одним из преобладающих способов защиты горных выработок от подземных вод является дренаж (осушение) горных пород, но необходимо подчеркнуть и перспективность, особенно в экологическом плане, различных видов противодиффузионных завес.

Рациональная схема защиты месторождения от подземных вод может быть обоснована на базе материалов детального гидрогеологического исследования месторождения полезного ископаемого и его инженерно-геологических условий.

Большое значение в выборе рациональных схем защиты имеют математические методы моделирования инфильтрационных процессов, которые должны базироваться на убедительных геофильтрационных расчетах.

Подземные воды являются важнейшим полезным ископаемым, поэтому охрана их от истощения и загрязнения в горнодобывающих районах является приоритетной задачей. Качественное выполнение этой задачи напрямую зависит от достоверности полученной при разведке месторождения, информации.

Библиографический список

1. Абрамов С.К., Скиргелло О.Б. Осушение шахтных и карьерных полей. – М: Недра, 1968. – 254 с.
2. Боровский Б.В., Самсонов Б.Г., Язвин Л.С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек – М.: Недра, 1973. – 303 с.
3. "Водный кодекс Российской Федерации" от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 02.08.2019) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2020)
4. Гальперин А.М., Зайцев В.С., Харитоненко Г.Н, Норватов Ю.А. Геология. Часть III – Гидрогеология. Учебник для вузов. – М: « Мир горной книги». Издательство московского горного университета, издательство « Горная книга». 2009.- 400 с.
5. Изучение гидрогеологических и инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых / под. ред. Г.Н. Кашковского.- М.: Недра, 1986.- 172 с.
6. Климентов П. П., Овчинников А.М. Гидрогеология месторождений твердых полезных ископаемых . Учеб. пособие для горных и геол. специальностей вузов .- Москва : Недра, 1966. - 1 т.- 200 с
7. Мироненко В.А., Мольский Е.В., Румынин В.Г. Горнопромышленная гидрогеология . Учебник для вузов.- М.: Недра, 1989.- 287 с.
8. Мироненко В.А. Гидрогеологические исследования в горном деле.- М.: Недра, 1976. – 352 с.
9. Пособие по проектированию защиты горных выработок от подземных и поверхностных вод и водопонижения при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений (к СНиП 2.06.14-85 и СНиП 2.02.01-83)
10. Скабалланович И.А., Осауленко В.Т. Инженерная геология, гидрогеология и осушение месторождений. – М: Недра, 1989.-197 с.

11. Справочник по осушению горных пород / под. ред. И.К.Станченко. –М.: Недра,1984.- 572 с.
12. Справочник гидрогеолога / под. ред. М.Е.Альтовского.- М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1962. – 615 с.
13. Справочное руководство гидрогеолога / Под. ред. В.М. Максимова – т.1 Изд.3. - Л: Недра, 1979. – 512 с.
14. Справочное руководство гидрогеолога / Под. ред. В.М. Максимова – т.2. Изд.3. - Л: Недра, 1979. – 296 с.
15. СН 496-77 «Временная инструкция по проектированию сооружений для очистки поверхностных сточных вод»
16. СП 103.13330.2012 . Актуализированная редакция "СНиП 2.06.14-85. «Защита горных выработок от подземных и поверхностных вод"»
17. СП 2.1.5.1059-01 Санитарные правила «Гигиенические требования к охране подземных вод от загрязнения»
18. СП 69.13330.2012 «СНиП 3.02.03-84 Подземные горные выработки»
19. СП 91.13330.2012 «СНиП II-94-80 Подземные горные выработки»
20. СП 104. 13330.2012 «СНиП 2.06.15-85 Инженерная защита территории от затопления и подтопления»
21. СП 116.13330.2012 «СНиП 22-02-2003 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения»
- 22.СанПиН 2.1.5.980-00 Гигиенические требования к охране поверхностных вод
23. СанПиН 2.1.5.2582-10 Санитарно-эпидемиологические требования к охране прибрежных вод морей от загрязнения в местах водопользования населения

24. СанПиН 2.1.5.2582-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к охране прибрежных вод морей от загрязнения в местах водопользования»
25. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. №184-ФЗ «О техническом регулировании»
26. Федеральный закон от 10 января 2002 г. №7-ФЗ «Об охране окружающей среды»
27. Федеральный закон от 3 июня 2006 г. №74-ФЗ «Водный кодекс Российской Федерации»
28. Федеральный закон от 23 ноября 1995 г. №174_ФЗ «Об экологической экспертизе»
29. Федерального закона Российской Федерации от 30 марта 1999 г. №52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»
30. Федеральный закон от 31 июля 1998 г. №155-ФЗ «О внутренних морских водах, территориальном море и прилегающей зоне Российской Федерации»
31. Федеральный закон от 30 декабря 2008 г. №309-ФЗ «О внесении изменений в статью 16 Федерального закона «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации»
32. Федеральный закон от 21 февраля 1992 года №2395-ФЗ-1 «О недрах»
- 33.ФН И ППБ -2017 . Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом
- 34.ФН И ППБ -2018 . Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых (редакция от 01 января 2020 г)

35. Требования к гидрогеологическим исследованиям на месторождениях, осваиваемых открытым способом. Руководство по дренированию карьерных полей. - Л: ВНИМИ,1970.- 176 с.

Термины и определения

Водоотлив (pumping, water-removing): Отвод и удаление подземных или поверхностных вод из действующих шахт (рудников), карьеров и во время проходки вертикальных, наклонных и горизонтальных горных выработок, котлованов, траншей.

Водопонижение (water depression, sink of subterranean water): Временное (постоянное) понижение уровней или напоров подземных вод при проходке горных выработок или строительстве.

Водоупор (aquiclude): Слой горных пород, практически не пропускающий сквозь себя воду (коэффициент фильтрации менее 0.001 м/сут). Водоупор ограничивает снизу или сверху водоносный горизонт.

Кривая депрессии (депресссионная кривая) (depression curve): Положение уровня безнапорных или пьезометрического уровня напорных вод при откачке или самоизливе воды из водозабора.

Мульда сдвижения (оседания) (mould, subsidence trough): Понижение земной поверхности, возникающее над подземными горными выработками, вследствие добычи угля, руд и нерудных полезных ископаемых. Как правило, имеет форму чаши в профиле и изометричную или овальную форму в плане.

Зона инъекции (range, zone of injection): Ограниченный интервал в скважине или инъекторе, через который производится нагнетание раствора (воды) в грунт.

Иглофильтр (wellpoint): Колонна труб, оканчивающаяся фильтровым звеном с режущим наконечником, погружаемая в горные породы (часто с гидроподмывом) и используемая для откачки воды с целью понижения уровня подземных вод. По принципу работы иглофильтр является вертикальным водозабором.

Карьер (full gallop, opencast mine): Совокупность горных выработок, образованных при добыче твердых полезных ископаемых открытым способом.

Карьерное поле (quarry field, open cast take): месторождение полезных ископаемых (или его часть) с массивом покрывающих и вмещающих пустых пород, отведенное для разработки одним карьером

Пьезометрическая поверхность (piezometric surface): Условная поверхность напорных вод. Каждая точка пьезометрической поверхности показывает уровень поднятия напорных вод при вскрытии верхнего водоупора горной выработкой.

Пьезометрический уровень (piezometric level): След от пересечения пьезометрической поверхности вертикальной плоскостью.

Рудничные воды (imbibition water, pit water): Шахтные воды, подземные (иногда поверхностные) воды, поступающие в горные выработки и подвергающиеся физико-химическому изменению в процессе горных работ.

Сквозная сбросная скважина (сквозной фильтр) (cased hole with filters): Дренажное устройство в виде оборудованной фильтром (фильтрами) скважины, пробуренной с земной поверхности до подземной горной выработки. Вода, поступающая в сквозную сбросную скважину (сквозной фильтр), стекает в подземную выработку самотёком, где принимается в дренажную канаву или водоотводный трубчатый коллектор и передаётся в шахтный водосборник.

Тампоаж (plugging, refilling): Процесс нагнетания в горные породы специальных растворов, суспензий, смесей с целью заполнения трещин, пустот, выработок в горных породах для укрепления массива горных пород и уменьшения

водопроницаемости. В зависимости от используемых тампонажных растворов различают цементацию, глинизацию, битумизацию и силикатизацию горных пород, а также укрепление массива горных пород с помощью синтетических смол.

Цементация (cementation, grouting): Разновидность тампонажа, искусственное заполнение трещин, пор и пустот в горных породах цементными растворами, нагнетаемыми под давлением.

Шахта (mine): Вертикальная горная выработка большого поперечного сечения, имеющая непосредственный выход на земную поверхность.

Шахтное поле (mine take, mine field) – месторождение или часть его, разрабатываемое одной шахтой. Шахтное поле входит в состав Горного отвода шахты; включает один пласт (залежь) или несколько. Границами шахтного поля (верхней, нижней и боковыми) могут служить контуры месторождения или его части с определёнными кондиционными характеристиками полезного ископаемого, контуры выхода месторождения под насосы, крупных горно-геологических нарушений и т.д.

Штольня (mine gallery): Горизонтальная подземная горная выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность. Наиболее эффективна на участках с расчлененным рельефом.

Учебное издание

Сидорова Галина Петровна
Верхотуров Алексей Геннадьевич
Якимов Алексей Алексеевич

**Гидрогеология месторождений полезных ископаемых и новейшие
технологии защиты от фильтрационных процессов**

Редактор
Верстка

Подписано в печать
Формат
Бумага офсетная. Способ печати цифровой.
Усл. печ. л. Уч.-изд. л.
Заказ № Тираж 100

ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет»
672039, г. Чита, ул. Александро – Заводская,30