


Г. П. СИДОРОВА  
А. Г. ВЕРХОТУРОВ  
А. А. ЯКИМОВ  
П. М. МАНИКОВСКИЙ



ГИДРОГЕОЛОГИЯ  
И ОСУШЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 622.5  
ББК 33.17  
Г46

Авторы:

Сидорова Г. П., Верхотуров А. Г., Якимов А. А., Маниковский П. М.

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор Забайкальского государственного университета (г. Чита) *В. А. Овсейчук*;

доктор геолого-минералогических наук (Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита) *С. В. Борзенко*

**Г46**        **Гидрогеология и осушение месторождений полезных ископаемых** : учебник / [Сидорова Г. П. и др.]. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 172 с. : ил., табл.  
ISBN 978-5-9729-0938-4

Изложены 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 осушения горных выработок. Отдельные главы посвящены защите подземных вод от загрязнения и истощения в горнодобывающих районах и моделированию гидрогеологических процессов при проектировании разработки месторождений полезных ископаемых.

Для студентов и аспирантов, обучающихся по направлению 21.00.00 «Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия». Может быть использовано специалистами горнодобывающих предприятий.

УДК 622.5  
ББК 33.17

ISBN 978-5-9729-0938-4

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2022

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	6
Введение .....	8
<b>РАЗДЕЛ I. ГИДРОГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ .....</b>	<b>9</b>
<b>Глава 1. Гидрогеологическое строение месторождения полезных ископаемых .....</b>	<b>9</b>
1.1. Обводненность месторождений полезных ископаемых .....	9
1.2. Деформация горных выработок под воздействием подземных вод .....	10
1.3. Природные и искусственные факторы формирования режима рудничных вод.....	12
1.4. Гидрогеологические классификации и типы обводненных месторождений .....	16
<b>Глава 2. Гидрогеологические исследования месторождений полезных ископаемых для обоснования проекта осушения .....</b>	<b>21</b>
2.1. Основные задачи гидрогеологических исследований.....	21
2.2. Состав исследований и общий порядок их проведения.....	21
2.3. Изучение гидрогеологического строения месторождения .....	24
2.4. Основные фильтрационные параметры, определяемые опытными работами.....	29
2.5. Виды опытных гидрогеологических работ и методы их проведения .....	32
2.5.1. Опытные откачки .....	32
2.5.2. Опытные нагнетания и наливов.....	36
2.5.3. Геофизические исследования.....	37
2.5.4. Объемы опытных гидрогеологических работ .....	37
2.6. Стационарные режимные наблюдения .....	38
<b>Глава 3. Методы определения водопритоков в горные выработки.....</b>	<b>44</b>
3.1. Методы гидрогеологических аналогий.....	44
3.2. Метод водного баланса.....	45
3.3. Аналитические методы.....	46
<b>РАЗДЕЛ II. ОСУШЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ .....</b>	<b>50</b>
<b>Глава 4. Проектирование осушения месторождений полезных ископаемых .....</b>	<b>50</b>
4.1. Осушение месторождения.....	50

4.2. Характеристика способов осушения месторождений полезных ископаемых .....	53
4.2.1. Поверхностный способ осушения .....	53
4.2.2. Подземный способ осушения .....	59
4.2.3. Комбинированный способ осушения .....	61
4.2.4. Противофильтрационные завесы .....	62
<b>Глава 5. Системы и схемы осушения шахтных и карьерных полей .....</b>	<b>67</b>
5.1. Обязательные требования при выборе системы осушения горных выработок .....	67
5.2. Виды систем осушения .....	68
5.3. Схемы осушения .....	69
5.4. Схемы осушения шахтных полей .....	72
5.5. Схемы осушения карьерных полей .....	74
5.6. Расчеты осушения шахтных и карьерных полей .....	76
5.7. Осушение отвалов пустых пород .....	79
5.7.1. Внутренние и внешние отвалы .....	79
5.8. Оптимизация системы осушения .....	88
<b>Глава 6. Гидрогеологические исследования при разработке месторождения полезных ископаемых .....</b>	<b>94</b>
6.1. Наблюдения в подземных горных выработках .....	94
6.1.1. Подземная гидрогеологическая съемка .....	94
6.1.2. Наблюдения за притоком воды в шахты .....	95
6.1.3. Наблюдения за уровнем, температурой, химическим составом воды в горных выработках .....	98
6.2. Средства водопонижения .....	100
6.2.1. Дренажные канавы и водопонижающие колодцы .....	100
6.2.2. Водопоглощающие скважины .....	101
6.3. Прогноз осадки пород при осушении месторождений полезных ископаемых .....	102
6.4. Влияние осушения на природную обстановку .....	103
<b>РАЗДЕЛ III. ОХРАНА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ .....</b>	<b>105</b>
<b>Глава 7. Охрана подземных вод при разработке и осушении месторождений полезных ископаемых .....</b>	<b>105</b>
7.1. Влияние горных работ на окружающую среду .....	105
7.2. Прогноз процессов распространения загрязнений в подземных водах .....	106
7.3. Самоочищение подземных вод в процессе фильтрации в трещиновато-пористых средах .....	107
7.4. Методы определения параметров массопереноса .....	109
7.5. Гидрогеофизические исследования в задачах охраны подземных вод .....	110

7.6. Оценка качества условно чистых дренажных и рудничных вод.....	112
7.7. Рациональное использование условно чистых дренажных и рудничных вод.....	113
7.8. Сброс дренажных и рудничных вод.....	114
7.9. Методы охраны водных ресурсов в горнодобывающих районах.....	120
<b>РАЗДЕЛ IV. МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ .....</b>	<b>125</b>
<b>Глава 8. Типовые задачи с применением цифрового моделирования гидрогеологических процессов.....</b>	<b>125</b>
<b>РАЗДЕЛ V. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОСУШЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО .....</b>	<b>154</b>
<b>Глава 9. Правила безопасности при эксплуатации систем осушения месторождений полезных ископаемых .....</b>	<b>154</b>
9.1. Общие положения .....	154
9.2. Дренажные шахты .....	156
9.3. Химическая обработка скважин .....	157
9.4. Дренирование вод, выделяющих вредные и опасные газы .....	158
9.5. Оборудование и устройства для откачки воды.....	159
Заключение.....	161
Библиографический список .....	162
Термины и определения .....	165

# 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).

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.



*Рисунок 1 – Обводненная подземная горная выработка*

На угольных, особенно буроугольных 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 м<sup>3</sup>) к количеству добытого полезного ископаемого (в тоннах) за год, месяц или сутки. Коэффициенты водообильности месторождений зависят 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 подземных вод 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:

– оскользя (простые и сложные) – смещение пачек горных пород массива по поверхностям ослабления, происходящие при подрезке их откосами (рисунок 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 – оползнию предшествует пластическое выдавливание слабых глинистых пород под действием веса вышележащей толщи, что нарушает ее равновесие;

– оползни оплывания – оползнию 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 – оползнию 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 пеще-



ры 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 также 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 толщи 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 корен-

ных 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 массив 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 нелитифицирован; 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 (коэффициент фильтрации, уводнепроводность, пьезопроводность, водоотдача), 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 также 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, О. Б. Скиргелло было выделено четыре генетических типа месторождений полезных ископаемых, кроме соляных и расположенных в зоне многолетней мерзлоты [1].

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 людей.

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 типа* 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, величина

ны 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 [4].

**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. м<sup>3</sup>/ час и при связи подземных вод объекта с речным стоком – до 22 тыс. м<sup>3</sup>/час. Такие гидро-геологические 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. м<sup>3</sup>/ 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 А. М. Гальперина [4].

Таблица 1

**Классификация по дренированности месторождений,  
разрабатываемых открытым способом (А. М. Гальперин)**

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



Таблица 2

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

Характеристика гидрогеологических и инженерно-геологических условий эксплуатации шахт	
Категория месторождений по условиям осушения шахтных полей	<p>Группа А – подземными горными выработками вскрываются песчаные и мягкие глинистые породы</p> <p>Притоки подземных вод в шахту не превышают 100 м<sup>3</sup>/ч. В почве и кровле выработок залетают надежные водоупоры – проведение подготовительных выработок не требует предварительного снижения напоров для предотвращения прорывов подземных вод</p>
	<p>Группа Б – подземными горными выработками вскрываются скальные породы, не склонные к размоканию и набуханию</p> <p>Притоки подземных вод в шахту не превышают 400 м<sup>3</sup>/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</p>
<p>II – сложные</p>	<p>Притоки подземных вод в шахту от 100 до 500 м<sup>3</sup>/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<sup>3</sup>/ч</p> <p>Притоки подземных вод в шахту превышают 2000 м<sup>3</sup>/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<sup>3</sup>/ч. При проведении подготовительных выработок и очистных работ выполняются дренажные мероприятия</p>
<p>III – особо сложные</p>	<p>Притоки подземных вод в шахту превышают 2000 м<sup>3</sup>/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<sup>3</sup>/ч</p>