Научно-исследовательский институт
гидрогеологии и инженерной геологии
(ВСЕГИНГЕО)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по оценке эксплуатационных запасов подземных дренажных вод месторождении твердых полезных ископаемых

Москва 1992г.

gost.e-ecolog.ru

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ (ВСЕГИНГЕО)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по оценке эксплуатационных запасов подземных дренажных вод месторождений твердых полезных ископаемых

Москва - 1992

УДК 556.382 (083.132):626.86 [553.3/.6+553.8/.97]

Методические рекомендации по оценке эксплуатационных запасов подземных дренажных вод месторождений твердых полезных ископаемых. Сост. Л.С.Язвин, Г.Н.Кашковский, М.В.Кочетков, Ф.И. Лосев / ВСЕГИНГЕО. - М., 1992. - 73 с.

В работе изложены требования к оценке эксплуатационных запасов подземных дренажных вод, а также рассмотрены типизация месторождений дренажных вод, классификация, принципы категоризации и методика оценки запасов дренажных вод, особенности гидрогеологического изучения месторождений твердых полезных ископаемых.

Рекомендации предназначены для организаций геологоразведочного и горнодобывающего профиля.

Табл.2, список использ. источ. - 8 назв.

Научный редактор д-р геол.-мин. наук, профессор Л.С.Язвин.

Составители: Л.С.Язвин, Г.Н.Кашковский, М.В.Кочетков, Ф.И. Лосев.

Одобрены начальником отдела геоэкологии и гидрогеологии Мингео СССР К.И.Сычевым 24 января 1991 г. и согласованы с ГКЗ СССР.

Редакторы: Р.М.Колесникова, В.И.Кузнецова

Подписано в печать 21.I.92 г. Заказ 3 Формат 60x90 1/16.
Тираж 1000 экз. Уч.-изд.л. 4,0. Печ.л. 4,3. Цена договорная.

Московская обл., Ногинский р-н, пос. Зеленый
Ротапринт ВСЕГИНГЕО

© Научно-исследовательский институт гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО), 1992 г.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

Введение 4

I. Общие положения 5

2. Типизация месторождений подземных дренажных вод по условиям формирования их эксплуатационных запасов I2

3. Классификация эксплуатационных запасов дренажных вод и принципы их категоризации 2I

4. Методика оценки эксплуатационных запасов дренажных вод 29

Основные принципы оценки эксплуатационных запасов дренажных вод 29

Методы оценки эксплуатационных запасов дренажных вод 32

Методы оценки изменения качества дренажных вод 48

5. Особенности гидрогеологического изучения разведуемых и эксплуатируемых месторождений твердых полезных ископаемых с целью оценки эксплуатационных запасов дренажных вод 55

6. Отчетные материалы 7I

Список использованных источников 72

В В Е Д Е Н И Е

Настоящие методические рекомендации разработаны по заказу Министерства геологии СССР в развитие "Требований к изучению и подсчету эксплуатационных запасов подземных вод, участвующих в обводнении месторождений твердых полезных ископаемых" [x], утвержденных ГКЗ СССР в 1986 г. /8/. При этом учтены состояние использования для водоснабжения подземных вод месторождений твердых полезных ископаемых и опыт оценки и утверждения в ГКЗ СССР эксплуатационных запасов дренажных вод.

Применительно к предложенной типизации месторождений дренажных вод по условиям формирования эксплуатационных запасов и группировке месторождений по сложности гидрогеологических и горнотехнических условий, а также в соответствии с особенностями систем водоотбора при осушении месторождений освещаются принципы и методы оценки эксплуатационных запасов дренажных вод, классификация эксплуатационных запасов и принципы категоризации для разведуемых и разрабатываемых месторождений твердых полезных ископаемых. Рассмотрены особенности гидрогеологического изучения месторождений твердых полезных ископаемых на основных стадиях их разведки в целях оценки запасов дренажных вод. Отражается необходимость учета при исследованиях систем горных разработок и способов осушения твердого полезного ископаемого.

Составители методических рекомендаций выражают признательность Б.Ф.Небосенко за уточнение ряда положений, сделанное при согласовании рекомендаций с ГКЗ СССР.

---

x) Далее, для краткости, эти воды называются "подземные дренажные воды" или "дренажные воды".

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Подземные воды, участвующие в обводнении горных выработок при разработке месторождений твердых полезных ископаемых, могут быть использованы в качестве источников технического и хозяйственно-питьевого водоснабжения, орошения земель (питьевые и технические воды), извлечения из них ценных компонентов (промышленные воды) или в бальнеологических целях (минеральные воды). В настоящих методических рекомендациях рассматриваются только возможности использования подземных вод, извлекаемых при разработке месторождений твердых полезных ископаемых, для целей водоснабжения и орошения (для случаев использования вод в других целях методические рекомендации не разработаны).

I.2. Подземные воды, участвующие в обводнении горных выработок, в тех случаях, когда они пригодны для использования в народном хозяйстве, являются попутным полезным ископаемым, изучение и эксплуатация которого регламентируются официальными документами.

Основными государственными, межведомственными и ведомственными документами [x)] являются:

- Основы законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах, утвержденные Законом СССР от 9 июля 1975 г.;

- Основы водного законодательства Союза ССР и союзных республик, утвержденные Законом СССР от 10 декабря 1970 г.;

- Классификация эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод, утвержденная постановлением Совета Министров СССР от 25 февраля 1983 г. № 177 и Инструкция по применению ее к месторождениям питьевых и технических вод, утвержденная Председателем Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых Совета Министров СССР (ГКЗ СССР) 19 января 1984 г. /5,6/;

x) Здесь и в дальнейшем названия нормативных документов, номера государственных стандартов, других норм и правил указаны по состоянию на I января 1991 г. При использовании методических рекомендаций необходимо учитывать все изменения, вносимые в указанные документы.

- Положение об охране подземных вод, утвержденное Министерством геологии СССР, Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР, Министерством здравоохранения СССР (июль-август 1984 г.);

- Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора. ГОСТ 2761-84, утвержденный и введенный в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 27 ноября 1984 г. № 4013;

- Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством - ГОСТ 2874-82;

- Положение о порядке проектирования и эксплуатации зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения, утвержденное приказом Министерства здравоохранения СССР 18 декабря 1982 г. за № 2640-82;

- Требования к комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов, утвержденные ГКЗ СССР 26 марта 1982 г.

- Требования к изучению и подсчету эксплуатационных запасов подземных вод, участвующих в обводнении месторождений твердых полезных ископаемых, утвержденные ГКЗ СССР 6 июня 1986 г.

Эти документы являются обязательными для выполнения всеми организациями (независимо от их ведомственной принадлежности), которые проводят разведку и эксплуатацию подземных вод месторождений твердых полезных ископаемых.

I.3. В соответствии с "Основами законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах" организации, занимающиеся геологическим изучением недр, должны обеспечить полноту их изучения и достоверность определения количества и качества основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых. Подземные воды, участвующие в обводнении горных выработок, согласно "Требованиям к комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов", относятся к попутным полезным ископаемым I группы, образующим самостоятельные пласты, залежи и т.д. При этом под дренажными водами понимают-

ся все воды, извлекаемые на поверхность при разработке месторождения твердого полезного ископаемого, независимо от системы водоотбора и источников формирования шахтных и рудничных вод (подземные воды, атмосферные осадки, технические воды). К дренажным водам, таким образом, относятся воды, откачиваемые из внешних осушительных устройств (водопонизительные системы скважин с поверхности и подземные дренажные устройства - галереи, штреки), а также воды, откачиваемые из внутренних осушительных устройств (эксплуатационные горные выработки, шахтный и внутрикарьерный водоотливы и т.д.).

I.4. Целесообразность использования дренажных вод должна быть установлена технико-экономическими расчетами при обосновании кондиций для подсчета запасов месторождений твердого полезного ископаемого, либо на основании специальных технико-экономических расчетов, выполняемых организациями, ведущими разведку или разработку месторождений твердых полезных ископаемых, с привлечением проектных организаций. При этом должны быть удовлетворены требования водопотребителя к количеству воды различного назначения, ее качеству, режиму и условиям эксплуатации, а при использовании дренажных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения должна быть установлена возможность создания зоны санитарной охраны и разработаны рекомендации по ее сооружению.

I.5. Потребность в дренажных водах для их использования по различному назначению определяется на стадии ТЭО кондиций и уточняется при составлении проекта разработки месторождения. При этом должны быть выявлены потребности или установлено отсутствие потребности в дренажных водах для целей, не связанных с разработкой оцениваемого месторождения твердого полезного ископаемого (например, орошение сельскохозяйственных угодий, техническое водоснабжение других предприятий и т.д.). При определении потребности должен быть также установлен режим водопотребления - необходимость обеспечения заданного постоянного расхода воды в течение определенного расчетного срока или возможность его изменения в сезонном или многолетнем разрезе.

I.6. Требования к качеству подземных вод на хозяйственно-питьевые нужды должны удовлетворять требованиям ГОСТ 2874-82, а в случае несоответствия этим требованиям могут быть рекомендованы мероприятия по улучшению качества воды согласно СНиП 2.04.02-84. Концентрации в воде компонентов, не вошедших в ГОСТ 2874-82, не должны превышать допустимые нормы, установленные Министерством здравоохранения СССР в "СаН ПиН 42-121-4130-86 для источников централизованного водоснабжения. Перечень таких компонентов в каждом конкретном случае устанавливается местными органами санитарного надзора.

Для водозаборных сооружений, подающих воду для хозяйственно-питьевого водоснабжения, должна быть установлена зона санитарной охраны (ЗСО), состоящая из трех поясов (первый - строгого режима, второй и третий - ограничений), исключающих возможность поступления естественных и техногенных загрязнений к каптажным сооружениям. В соответствии с "Положением о порядке проектирования и сооружения зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения" во втором и третьем поясах ЗСО запрещаются определенные виды хозяйственной деятельности, в том числе и разработка недр, которая может привести к загрязнению водоносного горизонта, за счет которого формируются дренажные воды. Это обстоятельство существенно ограничивает возможность использования дренажных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Тем не менее, в определенных условиях может быть обеспечена полная санитарная защита источников водоснабжения и в процессе разработки месторождения твердого полезного ископаемого. Такими условиями характеризуются внешние системы осушения (водопонизительные системы скважин с поверхности или подземные дренажные устройства), расположенные за пределами горных выработок шахт и карьеров, автономные каптажи в подземных горных выработках, не связанные с внутришахтным водоотливом и подключенные к закрытому подземному коллектору. Практика ряда горнорудных районов СССР подтвердила возможность использования дренажных вод таких систем для хозяйственно-питьевого водоснабжения (Старооскольский район КМА, Южно-Белозерское месторождение в Запорожской

области, Липовское месторождение и СУБР на Урале и др.). Однако в каждом случае требуется серьезное обоснование защищенности дренажных вод от загрязнения и истощения.

Необходимость защиты подземных вод от истощения и загрязнения и рационального использования водных ресурсов требует комплексного подхода к проблеме обоснования дренажных систем. В настоящее время выбор той или иной системы защиты месторождения от подземных вод определяется главным образом требованиями к технико-экономической эффективности дренажных водопонизительных систем. Однако целесообразность параллельного решения задач осушения месторождения и водоснабжения объектов на прилегающих территориях предъявляет новые требования к выбору способа осушения и размещения различного рода каптажных устройств, который должен учитывать максимально возможное сохранение качества подземных вод для их рационального использования с достижением необходимого дренажного эффекта. В этом аспекте в ряде случаев предпочтение следует отдавать внешним водопонизительным системам, расположенным на оптимальном, с точки зрения решения обеих задач (водоснабжение - осушение), расстоянии от технических границ шахтного или карьерного поля.

1.7. Требования к качеству воды для производственно-технического водоснабжения и орошения земель определяются соответствующими водопотребляющими или проектными организациями в каждом конкретном случае с учетом всех специфических особенностей использования вод по заданному назначению. Этими же организациями устанавливается техническая возможность и экономическая целесообразность доведения качества подземных вод до требуемых кондиций (обессоливание, очистка от примесей и т.д.).

1.8. Специальное изучение дренажных вод в качестве попутного полезного ископаемого в соответствии с "Требованиями к комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов" производится только при наличии потребности в этих водах с учетом требований "Классификации эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод". При отсутствии потребности в дренажных водах во всех

случаях необходимо проводить общую количественную оценку этих вод и устанавливать возможные направления их использования.

I.9. Изучение подземных вод месторождений твердых полезных ископаемых как самостоятельного попутного полезного ископаемого, как правило, должно проводиться в процессе общих гидрогеологических исследований на месторождении, выполняемых для обоснования мероприятий по его защите от подземных вод и предотвращения негативного влияния его разработки на общие экологические условия. Вместе с тем комплекс гидрогеологических исследований при разведке месторождений твердых полезных ископаемых для оценки запасов дренажных вод может быть существенно расширен, а в некоторых случаях для решения этой задачи могут быть поставлены самостоятельные разведочные гидрогеологические работы.

I.10. Подземные воды, участвующие в обводнении месторождений твердых полезных ископаемых при их разработке, рассматриваются как попутные полезные ископаемые в тех случаях, когда они по количеству и качеству с геолого-экономических позиций могут быть использованы в народном хозяйстве. В этих случаях подземные дренажные воды формируют самостоятельные месторождения, пространственно совпадающие с месторождениями основного полезного ископаемого или выходящие за его пределы (при наличии внешних водопонизительных систем). При этом под месторождением дренажных подземных вод следует понимать пространственно ограниченную часть водоносной системы, в пределах которой при разработке твердого полезного ископаемого создаются условия для отбора подземных вод, количество и качество которых позволяет осуществлять их целевое использование в народном хозяйстве. Как следует из этого определения, часть водоносной системы, из которой происходит отбор подземных вод при разработке месторождения твердого полезного ископаемого, может рассматриваться как месторождение при наличии потребителя, так как только в этом случае может быть обеспечено целевое использование дренажных вод.

I.II. Возможность использования дренажных вод определяется величиной их эксплуатационных запасов, под которыми следует по-

нимать минимальный или средний за определенный заданный расчетный период расход воды, который может быть получен при разработке твердого полезного ископаемого при качестве воды, отвечающей установленным требованиям в течение всего расчетного периода эксплуатации. Средний расход дренажных сооружений может приниматься в качестве эксплуатационных запасов в тех случаях, когда режим водопотребления, согласованный с проектной организацией, соответствует режиму водоотбора, или когда дренажные воды накапливаются в водохранилище.

1.12. Эксплуатационные запасы подземных дренажных вод формируются за счет следующих основных источников x):

а) емкостные запасы (ресурсы) подземных вод - объем подземных вод, который может быть извлечен из водоносной системы при снижении напора, осушении пластов и вытеснении воды из породы (в классификации Н.Н.Биндемана этот вид запасов обычно обозначается терминами "естественные запасы" и "искусственные запасы");

б) динамические естественные ресурсы (запасы) подземных вод - питание подземных вод за счет инфильтрации атмосферных осадков, фильтрации из рек и водоемов, притока из других систем, в ненарушенных разработкой полезного ископаемого условиях (в классификации Н.Н.Биндемана - естественные ресурсы);

в) динамические антропогенные ресурсы (запасы) подземных вод - питание подземных вод, формирующееся в результате фильтрационных потерь из инженерных сооружений (хвостохранилищ, гидроотвалов, затопленных горных выработок и др.), а также при инфильтрации оросительных вод (в классификации Н.Н.Биндемана - искусственные ресурсы);

г) привлекаемые ресурсы (запасы) - усиление питания подземных вод при их отборе дренажными сооружениями за счет усиления питания из поверхностных водотоков и водоемов, притока из смеж-

---

x) При характеристике основных источников формирования принята терминология из классификации, предложенной в работе /2/. В скобках приведены термины из классификации Н.Н.Биндемана /1/, используемой в настоящее время в основных методических документах.

ных систем, инфильтрации атмосферных осадков (в классификации Н.Н.Биндемана - привлекаемые ресурсы).

2. ТИПИЗАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОДЗЕМНЫХ ДРЕНАЖНЫХ ВОД ПО УСЛОВИЯМ ФОРМИРОВАНИЯ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАПАСОВ

2.1. По геолого-гидрогеологическому строению, определяющему главным образом условия формирования эксплуатационных запасов и методику их разведки и оценки, месторождения подземных дренажных вод могут быть подразделены на следующие пять основных типов (табл.I):

1) месторождения, приуроченные к многослойной толще артезианских бассейнов, включающей безнапорный и напорные водоносные горизонты пластового типа;

2) месторождения, приуроченные к трещиноватым закарстованным карбонатным породам;

3) месторождения, приуроченные к массивам трещиноватых магматических, метаморфических пород щитов, молодых и древних горно-складчатых областей, содержащих безнапорные трещинные, трещинно-жильные воды;

4) месторождения, приуроченные к массивам ритмично переслаивающихся литифицированных (полускальных и скальных) пород краевых прогибов, межгорных депрессий, мульд, содержащих трещинные и трещинно-пластовые воды;

5) месторождения, приуроченные к рыхлым отложениям речных долин, содержащих безнапорные воды порового типа.

2.2. Месторождения подземных дренажных вод, приуроченные к многослойной толще артезианских бассейнов и платформенных областей, содержат верхний безнапорный и напорные водоносные горизонты пластового типа, в той или иной степени взаимосвязанные между собой. По положению продуктивного пласта (рудной залежи) выделяются надрудные, рудные и подрудные водоносные комплексы (горизонты). При подготовке месторождения основного полезного ископаемого к разработке и при его эксплуатации требуется осушение рудного и надрудного комплексов и снятие (снижение) напоров подрудного комплекса. Водоносные горизонты приуро-

Таблица I

Основные типы месторождений подземных дренажных вод по условиям формирования их эксплуатационных запасов

Индекс типа	Тип	Индекс подтипа	Подтип	Способ отработки месторождения	Основные источники формирования эксплуатационных запасов	Примеры месторождений
I	Месторождения в многослойной толще артезианских бассейнов	I-А	Месторождения в центральной части артезианских бассейнов	Преимущественно подземный, открытый	I) Переток подземных вод из вышележащих горизонтов 2) Осушение пород	КМА, Белозерское, Подмосковный угольный бассейн
		I-Б	Месторождения в краевой части артезианских бассейнов, в межгорных впадинах	Подземный, открытый	I) Осушение пород 2) Поверхностный сток 3) Переток подземных вод из окружающих пород	
II	Месторождения в трещиноватых закарстованных карбонатных породах складчатых областей	II-А	Месторождения, не связанные с поверхностными водами	То же	I) Осушение пород 2) Сокращение разгрузки подземных вод	Жайрем, Ушкатым в Центральном Казахстане

Продолжение табл.1

Индекс типа	Тип	Индекс подтипа	Подтип	Способ отработки месторождения	Основные источники формирования эксплуатационных запасов	Примеры месторождений
		П-Б	Месторождения, связанные с поверхностными водами	Открытый, подземный	1) Поверхностный сток 2) Осушение пород 3) Сокращение разгрузки подземных вод	Миргалимсай, СУБР
Ш	Месторождения в массивах трещиноватых, магматических и метаморфических пород щитов, геосинклинальных областей	Ш-А	Месторождения, не связанные с поверхностными водами	Открытый, штольни	1) Осушение пород 2) Сокращение разгрузки	Месторождения Урала, Алтая
			Месторождения, связанные с поверхностными водами	Открытый, подземный	1) Поверхностный сток 2) Осушение пород 3) Сокращение разгрузки	Горевское, Олимпиадинское

Окончание табл.I

Индекс типа	Тип	Индекс подтипа	Подтип	Способ отработки месторождения	Основные источники формирования эксплуатационных запасов	Примеры месторождений
IУ	Месторождения в массивах ритмично переслаивающихся литифицированных пород краевых прогибов, мульд	IУ-А	Месторождения, не связанные с поверхностными водами	Открытый (карьеры, разрезы), подземный	I) Осушение пород 2) Естественные ресурсы	Угольные месторождения Донбасса, Кузбасса, Южной Якутии
		IУ-Б	Месторождения, связанные с поверхностными водами	То же	I) Поверхностный сток 2) Осушение пород	Угольные месторождения Донбасса, Кузбасса, Южной Якутии
У	Месторождения в рыхлых отложениях речных долин	-	-	Открытый	I) Поверхностный сток 2) Регулируемые емкостные запасы	Месторождения нерудного сырья (песок, гравий, известняк, огнеупорное сырье), россыпные месторождения металлов

чены к осадочным породам чехла: гравийно-галечниковым отложениям, пескам, песчаникам, карбонатным отложениям (мел, известняки, доломиты), разделенным глинистыми и мергельно-глинистыми слоями, а также к трещиноватым породам фундамента и погребенным корам выветривания. Верхние водоносные горизонты могут быть связаны с поверхностными водотоками.

Система отработки месторождений различная: карьеры, система подземных горных, в т.ч. этажно расположенных выработок, комбинированная, с обрушением горных пород и с закладкой выработанного пространства. Система осушения: внешние поверхностные водопонизительные установки (скважины), подземные водопонизительные системы (дренажные выработки с водопонижающими скважинами и сквозными фильтрами), карьерный (шахтный) водоотлив.

2.3. Месторождения подземных дренажных вод, приуроченные к многослойной толще, в зависимости от их положения по отношению к границам бассейна, структуры подразделяются на два подтипа.

Подтип А. Месторождение расположено в центральной части артезианского бассейна платформенного типа, т.е. на значительном удалении от границ водоносных горизонтов. В процессе отработки месторождения и водоотбора подземных дренажных вод депрессионная воронка не распространится до границ водоносных горизонтов. В обводнении месторождения принимают участие все водоносные горизонты слоистой толщи. Эксплуатационные запасы дренажных подземных вод формируются главным образом за счет перетекания из вышележащих водоносных горизонтов или поверхностных водотоков через гидрогеологические окна в водоупорных породах, или через слабопроницаемые разделяющие слои, а также за счет осушения непосредственно водоносных горизонтов (при открытой разработке месторождений). Упругие запасы имеют незначительное значение и только в начальный момент эксплуатации.

Подтип Б. Месторождение расположено в краевой части артезианского бассейна платформенного типа или приурочено к небольшим бассейнам складчатых областей, межгорным впадинам. В этих

условиях влияние осушения быстро достигает границ водоносных пластов. Формирование эксплуатационных запасов подземных дренажных вод происходит главным образом за счет осушения водоносных горизонтов как продуктивной, так и перекрывающих толщ пород. Сохраняются, хотя и играют подчиненную роль, переток подземных вод из вышележащих водоносных горизонтов и привлечение поверхностного стока, а также естественных ресурсов подземных вод, разгрузка которых в естественных условиях происходила в пределах зоны развития депрессионной воронки. Месторождения данного подтипа могут быть приурочены к ограниченным и полуограниченным пластам различной модификации (пласт-круг, пласт-квадрат и т.д.).

Месторождения обоих подтипов следует подразделять на месторождения, связанные и не связанные с поверхностными водами.

2.4. Месторождения подземных дренажных вод, приуроченные к трещиноватым закарстованным карбонатным породам горно-складчатых областей, краевых прогибов ограниченных по площади синклинальных и антиклинальных структур, характеризуются большим разнообразием и сложностью гидрогеологических условий. Последние отличаются прежде всего крайне резкой неоднородностью и анизотропией фильтрационных свойств водовмещающих пород, разнообразием границ водоносных пластов, условиями взаимосвязи с поверхностными водами и подземными водами окружающих пород. Карбонатные структуры могут быть открытого и закрытого типа в зависимости от наличия перекрывающей рыхлой толщи песчано-глинистых пород.

Способы разработки месторождения различные: открытый, подземный, комбинированный. Система осушения зависит как от способа разработки, так и от водообильности месторождения, связи с рекой: карьерный и шахтный водоотлив, поверхностные водопонизительные устройства, отвод поверхностных водотоков, гидравлические завесы, подземные дренажные выработки.

Месторождения этого типа по условиям формирования эксплуатационных запасов следует разделить на два подтипа.

Подтип А. Месторождения, не связанные с поверхностными водами. Эксплуатационные запасы подземных дренажных вод формируют-

ся за счет естественных (емкостных) запасов и сокращения разгрузки подземных вод (привлекаемые естественные ресурсы). Естественные запасы вовлекаются в эксплуатацию путем осушения пород не только основных водоносных пластов, к которым приурочено месторождение, но также перекрывающих или окружающих его водоносных пород.

Подтип Б. Месторождения, связанные с поверхностными водами. Формирование эксплуатационных запасов подземных дренажных вод происходит в основном за счет поверхностного стока. Естественные запасы за счет осушения пород и естественные ресурсы за счет сокращения разгрузки подземных вод имеют существенное значение лишь в меженный период. В период паводков происходит полное или частичное восполнение сработанных запасов.

2.5. Месторождения подземных дренажных вод, приуроченные к массивам трещиноватых магматических и метаморфических пород, характеризуются развитием безнапорных подземных вод, получающих по площади инфильтрационное питание. Массивы трещиноватых скальных пород, как правило, открытые с широко развитой площадкой или линейной корой выветривания. Водоносные породы характеризуются крайней неоднородностью фильтрационных свойств как по площади, так и по глубине залегания, отмечается затухание степени трещиноватости с глубиной и, соответственно, уменьшение коэффициента фильтрации. Широкое развитие разрывных тектонических нарушений значительно усложняет гидрогеологические условия. Основными источниками формирования эксплуатационных запасов подземных дренажных вод являются естественные (емкостные) запасы и привлекаемые естественные ресурсы за счет сокращения разгрузки подземных вод в пределах депрессионной воронки.

Месторождения данного типа в основном разрабатываются открытым способом и очень редко подземными горными выработками, штольнями. Система осушения: карьерный водоотлив или водоотлив из горных выработок, благодаря чему степень дренирования вышележащей водоносной толщи практически полная в пределах депрессионной воронки.

По условиям связи водоносных пород с поверхностными водами месторождения данного типа также подразделяются на два подтипа.

Подтип А. Месторождения, не связанные с поверхностными водотоками. Формирование эксплуатационных запасов дренажных вод происходит в основном за счет естественных запасов в результате осушения водоносных горизонтов и привлекаемых естественных ресурсов (сокращение разгрузки подземных вод).

Подтип Б. Месторождения, связанные с поверхностными водами. В формировании эксплуатационных запасов главную роль играет поверхностный сток, а осушение пород и сокращение естественной разгрузки имеют значение лишь в меженный период.

2.6. Месторождения подземных дренажных вод, приуроченные к массивам ритмично переслаивающихся литифицированных пород краевых прогибов, мульд, сложены переслаивающимися песчаниками, алевролитами, аргиллитами, конгломератами, реже известняками. Эти толщи характеризуются закономерным чередованием пластов указанных пород и имеют цикличное строение. Основное полезное ископаемое (уголь, руда и др.) залегают в виде нескольких отдельных относительно выдержанных по простиранию и мощности пластов. Структурно-тектоническое строение массивов разнообразное: моноклинальные пологопадающие породы в мульдах и грабенах; складчатые структуры с резким изменением элементов залегания и большим количеством разрывных нарушений в краевых прогибах и мегасинклинориях. Наряду с тектонической развита литогенетическая трещиноватость, сверху до глубин 100-150 м повсеместно отмечается экзогенная трещиноватость.

Подземные воды приурочены к разветвленной сети трещин и к отдельным пластам, причем в верхней части массива развиты трещинные безнапорные воды, а ниже - трещинные, трещинно-жильные и трещинно-пластовые напорные воды. Разрывные тектонические нарушения способствуют блоковому строению массива. Зоны тектонических нарушений могут быть как питающими, по которым происходит приток воды в блоки, так и дренирующими, по которым происходит отток воды из блоков.

Способы отработки месторождений различны: открытый (карьеры, разрезы), шахтные поля с этажно расположенной системой подземных выработок, комбинированный. Система осушения - карьерный,

шахтный водоотлив, редко - специальные подземные дренажные выработки.

Формирование эксплуатационных запасов подземных дренажных вод происходит в основном за счет естественных (емкостных) запасов в результате осушения водоносных пород и привлекаемых естественных ресурсов подземных вод. При наличии в пределах площади отрабатываемого месторождения поверхностных водотоков большую, а иногда и основную роль в формировании эксплуатационных запасов играют поверхностные воды. По условиям связи с поверхностными водами месторождения подземных дренажных вод можно разделить на два подтипа.

Подтип А. Месторождения, не связанные с поверхностными водами.

Подтип Б. Месторождения, связанные с поверхностными водами.

2.7. Месторождения подземных дренажных вод, приуроченные к рыхлым отложениям речных долин, имеют широкое распространение при разработке месторождений нерудного сырья (песок, гравий, известняки и др.) и отличаются большим разнообразием по строению речных долин, гидрологическому режиму водотоков, расстоянию от реки, размерам речной долины и вещественному составу аллювиальных отложений, степени связи подземных и поверхностных вод. Главной отличительной чертой этих месторождений является основная роль поверхностного стока в формировании эксплуатационных запасов подземных дренажных вод и лишь в отдельные маловодные периоды приобретают значение емкостные запасы аллювиальных отложений, играющих регулирующую роль.

Месторождения данного типа отрабатываются открытым способом. Система осушения - либо ряд водопонизительных скважин, либо гидравлическая завеса со стороны реки.

Разработка полезного ископаемого может осуществляться как непосредственно в аллювиальных отложениях (песок, гравий), так и в коренных подстилающих отложениях (известняк, огнеупорное сырье и др.), т.е. в условиях однослойного и двухслойного строения.

По соотношению величины водоотбора и поверхностного стока, обеспечивающего этот водоотбор, выделяются два вида месторожде-

ний этого типа:

а) эксплуатационные запасы полностью обеспечены поверхностным стоком в течение всего периода эксплуатации;

в) в меженный период или в течение цикла маловодных лет поверхностный сток в реке отсутствует или не обеспечивает водоотбор, - в этом случае эксплуатационные запасы полностью или частично формируются за счет осушения аллювиальных отложений, а затем в период паводков происходит восполнение сработанных емкостных запасов.

2.8. В процессе разработки месторождений происходит перераспределение источников формирования эксплуатационных запасов подземных дренажных вод, возрастает роль привлекаемых ресурсов (запасов) подземных вод. Практически для всех типов месторождений могут иметь существенное значение динамические антропогенные ресурсы (запасы) подземных вод, формирующиеся в результате фильтрационных потерь из инженерных сооружений (прудов-отстойников, хвостохранилищ, гидроотвалов, каналов и др.).

3. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАПАСОВ ДРЕНАЖНЫХ ВОД И ПРИНЦИПЫ ИХ КАТЕГОРИЗАЦИИ

3.1. Классификация эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод устанавливает единые для Союза ССР принципы подсчета и государственного учета эксплуатационных запасов подземных вод по степени их изученности и народнохозяйственному значению, условия, определяющие подготовленность месторождений подземных вод для промышленного освоения, а также основные принципы оценки прогнозных ресурсов подземных вод.

В соответствии с "Классификацией" эксплуатационные запасы подземных вод подразделяются на две группы: балансовые, использование которых в настоящее время экономически целесообразно, и забалансовые, использование которых в настоящее время экономически нецелесообразно или технически и технологически невозможно, но которые в дальнейшем могут быть переведены в балансовые.

Классификацией эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод предусматривается и подразделение на разведан-

ные эксплуатационные запасы (категории А, В и C_1), предварительно оцененные эксплуатационные запасы (категория C_2) и прогнозные ресурсы (категория Р).

Классификация эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод определяет, что целесообразная степень изученности месторождений подземных вод для промышленного освоения определяется в зависимости от сложности гидрогеологических условий, а также экономических факторов - затрат средств и времени, требуемых на производство гидрогеологических работ. В связи с этим в "Классификации" по сложности гидрогеологических условий выделяются три группы месторождений (с простыми, сложными и весьма сложными условиями); соответственно устанавливаются дифференцированные требования к соотношению различных категорий балансовых эксплуатационных запасов подземных вод для подготовленных к промышленному освоению месторождений. Это соотношение (в процентах) приведено в табл.2.

Таблица 2

Категория запасов	Группы месторождений		
	1	2	3
А+В	80	80	70
В том числе А не менее	40	20	-
C_1	20	20	30

"Классификация" предусматривает возможность промышленного освоения разведанных месторождений всех групп и при меньших соотношениях запасов различных категорий по сравнению с указанными в табл.2. Эта возможность (в том числе при наличии запасов только категории C_1) устанавливается ГКЗ СССР (ТКЗ) при утверждении запасов на основе экспертизы материалов подсчета запасов, если в этих материалах имеются соответствующие обоснования. Применение Классификации эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод к подземным водам, используемым для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, орошения зе-

мель и обводнения пастбищ, определяется "Инструкцией по применению классификации эксплуатационных запасов подземных вод к месторождениям питьевых и технических вод". Этой инструкцией для каждой группы месторождений подземных вод установлены дифференцированные требования для обоснования запасов различных категорий.

Классификация эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод и инструкция по ее применению к месторождениям питьевых и технических вод были разработаны для месторождений подземных вод, не связанных с месторождениями твердых полезных ископаемых, в связи с чем в этих документах не учитываются специфические особенности месторождений дренажных вод.

В связи с этим в соответствии с "Требованиями к изучению и подсчету эксплуатационных запасов подземных вод, участвующих в обводнении месторождений твердых полезных ископаемых", при отнесении месторождений дренажных вод к той или иной группе по степени сложности следует дополнительно учитывать и горнотехнические условия разработки месторождения твердого полезного ископаемого. Это же относится к принципам категоризации разведанных эксплуатационных запасов подземных вод, а также и к оценке подготовки их для промышленного освоения. Рекомендации по группировке месторождений дренажных вод и принципам категоризации их эксплуатационных запасов приводятся ниже.

3.2. По сложности гидрогеологических и горнотехнических условий месторождения дренажных вод соответствуют I, + 2 и 3-й группам "Классификации эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод". При этом сложность условий определяется:

а) характером залегания и строения водоносных горизонтов, слабопроницаемых и водоупорных отложений, определяющим особенности процессов формирования эксплуатационных запасов подземных вод и возможность достоверной оценки основных источников их формирования;

б) степенью изменчивости фильтрационных свойств водовмещающих пород;

в) сложностью гидрохимических условий;

г) системой отбора подземных вод при разработке твердого полезного ископаемого.

Три первых фактора определяют сложность собственно гидрогеологических условий месторождения, четвертый - горнотехнических условий.

С учетом указанных факторов предлагается следующая группировка месторождений дренажных вод.

К 1-й группе относятся месторождения дренажных вод с простыми гидрогеологическими и горнотехническими условиями, которые характеризуются:

- спокойным залеганием выдержанных по мощности и строению водоносных горизонтов, слабопроницаемых и водоупорных отложений;

- однородными по фильтрационным свойствам водовмещающими отложениями, представленными пористыми или равномерно трещиноватыми породами;

- простыми гидрохимическими условиями - отсутствием источников возможных изменений качества дренажных вод или, при их наличии, возможностью проведения достоверных прогнозов изменения содержания нормируемых компонентов (при оценке сложности гидрохимических условий следует учитывать изменение только тех компонентов, которые определяют возможность использования дренажных вод по заданному назначению);

- отбором подземных вод при разработке твердого полезного ископаемого, осуществляемым главным образом внешней системой водопонизительных скважин или открытым карьерным водоотливом.

Для месторождений этой группы возможно надежное определение основных источников формирования эксплуатационных запасов дренажных вод.

Ко 2-й группе относятся месторождения со сложными гидрогеологическими и горнотехническими условиями, которые характеризуются:

- сложным строением и невыдержанностью мощностей водоносных горизонтов, слабопроницаемых и водоупорных отложений;

- неоднородными по фильтрационным свойствам водовмещающими отложениями, представленными неравномерно трещиноватыми и закар-

стованными породами, а в отдельных случаях - гравийно-галечниковыми отложениями с неоднородным заполнителем;

- сложными гидрохимическими условиями (при наличии источников возможного изменения качества, может быть выполнен приближенный прогноз изменения содержания нормируемых компонентов расчетным путем);

- отбором подземных вод при разработке твердого полезного ископаемого, осуществляемым как внешней системой водопонизительных скважин, так и внутренними водоприемными сооружениями.

Для месторождений этой группы часть источников формирования эксплуатационных запасов может быть изучена надежно, а часть - приближенно.

К 3-й группе относятся месторождения с весьма сложными гидрогеологическими и горнотехническими условиями, которые характеризуются:

- высокой изменчивостью строения водоносных, слабопроницаемых и водоупорных пород, имеющими локальное распространение и (или) осложненными тектоническими нарушениями;

- весьма неоднородными по фильтрационным свойствам водовмещающими породами, содержащими трещинно-карстовые или трещинно-жильные воды;

- очень сложными гидрохимическими условиями, позволяющими дать только ориентировочный прогноз возможных изменений качества воды;

- отбором подземных вод при разработке твердого полезного ископаемого, осуществляемыми внутренней водоприемной системой.

Для месторождений этой группы источники формирования эксплуатационных запасов дренажных вод могут быть оценены приближенно. При определении группы сложности для отнесения месторождения к группе более высокой сложности достаточно, чтобы один из признаков (условия залегания и распространения, степень однородности фильтрационных свойств, гидрогеохимические условия, системы отбора воды при разработке твердого полезного ископаемого) соответствовал этой группе. Следует иметь в виду, что фактор сложности по гидрогеохимическим условиям может потерять свое значение, если предусматривается обессоливание вод, или

заведомо при ухудшении качества они остаются пригодными, например, для технических нужд.

При наличии в пределах месторождения дренажных вод нескольких горизонтов, участвующих в обводнении горных выработок и характеризующихся различной сложностью гидрогеологических и горно-технических условий (например, по системе отбора воды), эти горизонты могут иметь различную группу сложности. При наличии на месторождении нескольких участков в различных гидрогеологических условиях их сложность также может соответствовать различным группам и квалифицироваться дифференцированно.

3.3. Изученность эксплуатационных запасов дренажных вод каждой группы (соотношение категорий) для обоснования проектов их использования принципиально должна соответствовать требованиям, изложенным в табл.2. Однако при этом следует учитывать два обстоятельства. Во-первых, дренажные воды являются попутным полезным ископаемым, для отбора которого используются каптажные сооружения; их стоимость, как и стоимость сооружений по очистке дренажных вод и водоотведению, входит в себестоимость добычи основного полезного ископаемого. Дополнительные затраты, связанные непосредственно с использованием дренажных вод, как правило, невелики. Во-вторых, в связи со сложностью гидрогеологических и, особенно, горно-технических условий практически невозможно для месторождений дренажных вод 2-й и 3-й групп, связанных с разведуемыми месторождениями твердых полезных ископаемых, довести степень изученности запасов до категорий А и В (например, по надежности гидрогеохимических прогнозов и по оценке распределения водопритоков по различным дренажным сооружениям). Поэтому для месторождений дренажных вод во многих случаях должна учитываться представляемая "Классификацией эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод" возможность промышленного освоения при меньших соотношениях запасов по сравнению с указанным в табл.2 и в том числе при наличии запасов только категории C_1. При этом следует учитывать, что возможность проектирования промышленного освоения на запасах категории C_1 относится только к той части запасов этой категории, которая оценена на первоочередной период отработки месторождения твер-

дого полезного ископаемого. Как отмечено в п.3.1 настоящих рекомендаций, в каждом конкретном случае для реализации этой возможности в отчетных материалах должны быть приведены соответствующие обоснования, доказывающие экономическую нецелесообразность, либо практическую невозможность доведения запасов до нормативной изученности.

3.4. Изложенные в "Инструкции по применению Классификации эксплуатационных запасов подземных вод к месторождениям питьевых и технических вод" условия отнесения запасов подземных вод к различным категориям сохраняют свою силу для тех случаев, когда отбор дренажных вод осуществляется или планируется осуществлять внешней поверхностной системой водопонизительных скважин или открытым карьерным водоотливом (1-я и 2-я группы месторождений дренажных вод). В этих случаях выделение запасов категорий А, В и C_1 производится по фактической и расчетной производительности действующих водопонизительных установок, опытно-эксплуатационных откачек на участке планируемого размещения этих установок, а также по расчетному дебиту опробованных и проектных скважин, входящих в состав проектируемой водопонизительной системы, в зависимости от степени сложности собственно гидрогеологических условий (п. 3.2)[x].

3.5. Для месторождений дренажных вод, отбор которых осуществляется или планируется осуществлять внутренней водоприемной системой (2-я и 3-я группы) рекомендуются следующие принципы отнесения запасов к различным категориям.

Запасы категории А выделяются только на месторождениях дренажных вод, связанных с разрабатываемыми месторождениями твердых полезных ископаемых. Они соответствуют фактической производительности действующих водоприемных сооружений при выполнении следующих условий:

а) в простых собственно гидрогеологических условиях - при подтверждении возможности сохранения достигнутого водоотбора и

---

[x] Так как в одну группу по степени сложности гидрогеологических и горнотехнических условий попадают месторождения дренажных вод с различной степенью сложности собственно гидрогеологических условий, последние дифференцированно учитываются при отнесении оцениваемых запасов к различным категориям, как показано в п.3 настоящей работы.

требуемого качества воды на заданный расчетный срок дальнейшей эксплуатации (как при сохранении водоприемной системы, так и при ее дальнейшем расширении). При этом в случае расширения водоприемной системы к категории А следует относить только фактическую величину водоотбора;

б) в сложных и очень сложных собственно гидрогеологических условиях - при подтверждении возможности сохранения достигнутого водоотбора и требуемого качества воды, если не планируется изменение сформированной на месторождении водоприемной системы.

Запасы категории В подсчитываются:

- по фактическому дебиту сформированной на месторождении водоприемной системы в сложных и очень сложных собственно гидрогеологических условиях при подтверждении возможности сохранения достигнутого водоотбора и требуемого качества воды при планируемом изменении водоприемной системы;

- расчетному дебиту водоприемной системы, установленному по данным ее многолетней эксплуатации, в простых собственно гидрогеологических условиях (за вычетом запасов категории А);

- фактическому дебиту опытно-эксплуатационного водоотлива продолжительностью не менее одного года в простых и сложных собственно гидрогеологических условиях при подтверждении возможности сохранения фактического дебита и требуемого качества воды на расчетный срок эксплуатации;

- расчетному дебиту планируемой водоприемной системы в простых собственно гидрогеологических условиях до глубины гидрогеологически изученной части месторождения.

Запасы категории C_1 подсчитываются:

- по расчетному дебиту водоприемной системы, установленному по данным ее многолетней эксплуатации, в сложных и очень сложных собственно гидрогеологических условиях;

- фактическому дебиту опытно-эксплуатационного водоотлива в очень сложных собственно гидрогеологических условиях при подтверждении возможности сохранения фактического дебита и требуемого качества воды на расчетный срок эксплуатации;

- расчетному дебиту планируемой водоприемной системы в сложных собственно гидрогеологических условиях при глубине си-

стемы, соответствующей глубине гидрогеологически изученной части месторождения;

- расчетному дебиту планируемой водоприемной системы в простых собственно гидрогеологических условиях при снижении уровня в слабоизученной по глубине части месторождения;

- расчетному дебиту планируемой водоприемной системы в простых и сложных собственно гидрогеологических условиях, определенному по аналогии с разрабатываемыми месторождениями, если гидрогеологическими исследованиями доказана аналогия условий оцениваемого и разрабатываемого месторождения.

Запасы категории C_2 подсчитываются:

- по расчетному дебиту планируемой водоприемной системы в очень сложных собственно гидрогеологических условиях;

- расчетной величине общего водопритока в систему горных выработок без учета системы отработки.

3.6. Забалансовые эксплуатационные запасы дренажных вод не подсчитываются.

4. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАПАСОВ ДРЕНАЖНЫХ ВОД

Основные принципы оценки эксплуатационных запасов дренажных вод

4.1. Оценка эксплуатационных запасов месторождений дренажных вод заключается в определении возможной производительности проектируемых дренажных сооружений в процессе разработки основного полезного ископаемого в течение заданной продолжительности расчетного периода и при условии сохранения качества воды в пределах установленных кондиций.

4.2. Оценка эксплуатационных запасов месторождений дренажных вод, связанных с вновь разведуемыми месторождениями твердых полезных ископаемых, проводится в два этапа. На первом этапе по результатам гидрогеологических исследований, проведенных при предварительной разведке месторождения основного полезного ископаемого, осуществляется общая оценка эксплуатационных запасов

по категории C_2 или внекатегорийных применительно к обобщенной системе, к которой приводится месторождение. На втором этапе осуществляется оценка эксплуатационных запасов по категориям, обосновывающим промышленное освоение дренажных вод, по результатам специальных гидрогеологических работ, проведенных на стадии детальной разведки.

4.3. Оценка эксплуатационных запасов дренажных вод по категориям, обосновывающим их промышленное освоение, проводится применительно к принятой схеме отработки месторождения и системе отбора дренажных вод. Если месторождение будет отрабатываться под защитой поверхностной внешней водопонизительной и внутренней водоприемной систем и воды, откачиваемые этими системами, будут отличаться по качеству и использоваться по различным направлениям, к утверждению следует представлять запасы, соответствующие дебитам каждой системы раздельно.

4.4. Оценка эксплуатационных запасов дренажных подземных вод включает решение следующих основных задач:

а) оценка возможной производительности каптажных сооружений при принятой схеме отбора воды;

б) прогноз возможных изменений качества воды (в необходимых случаях);

в) определение границ зон санитарной охраны (при использовании дренажных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения);

г) оценка обеспеченности эксплуатационных запасов дренажных вод балансовыми составляющими (источниками формирования);

д) оценка влияния отработки оцениваемого месторождения на другие месторождения и водозаборы, находящиеся в зоне влияния оцениваемого;

е) оценка влияния отбора подземных вод на гидрогеологические и другие природные условия окружающих территорий.

Две последние задачи связаны с экологическими аспектами разработки месторождений твердых полезных ископаемых. Решение этих задач необходимо вне зависимости от того, будет или не будет проводиться оценка эксплуатационных запасов дренажных вод.

4.5. Оценка эксплуатационных запасов дренажных вод по категориям, обосновывающим их промышленное освоение, не проводится и запасы соответственно не представляются к утверждению в следующих случаях:

а) отсутствие потребителя;

б) если величина потребности в воде не превышает 20 % от общих запасов;

в) если месторождение основного полезного ископаемого будет осваиваться через 20 лет и более;

г) если месторождение основного полезного ископаемого планируется разрабатывать способом гидродобычи.

4.6. В связи с изменчивостью величины водопритоков во времени к утверждению представляются эксплуатационные запасы дренажных вод, соответствующие либо величине минимального среднемесячного водопритока, либо его среднему значению за заданный расчетный период. Оценка запасов по среднему значению водопритока выполняется при наличии согласования с проектной организацией режима водопотребления, соответствующего режиму водопритока. Это допускается также при накоплении дренажных вод в водохранилище. В этом случае проводится также график изменения водопритока во времени.

4.7. Величина эксплуатационных запасов подземных вод не может в общем случае отождествляться с величиной общешахтного водопритока, рассчитанного для выбора системы осушения и насосного оборудования, так как инженерный запас, принимаемый при расчетах водопритоков, может привести к существенному завышению эксплуатационных запасов дренажных вод. В связи с этим, если оценка эксплуатационных запасов проводится по величине водопритоков, в расчеты последнего необходимо внести коррективы, учитывающие необходимость принятия в расчетной схеме параметров и источников формирования, обеспечивающих надежную оценку эксплуатационных запасов.

4.8. При оценке эксплуатационных запасов дренажных вод учитывается взаимодействие дренажных систем оцениваемого месторождения с имеющимися в районе другими дренажными системами на ме-

сторождениях твердых полезных ископаемых, а также с действующими и проектируемыми водозаборами на месторождениях подземных вод.

4.9. Во всех случаях оценки эксплуатационных запасов дренажных вод необходимо дать прогноз влияния планируемого отбора на существующие водозаборные сооружения и разработать рекомендации по обеспечению водой потребителей, использующих существующие водозаборные сооружения, если последние в результате эксплуатации месторождения дренажных вод выйдут из строя.

4.10. Оценка эксплуатационных запасов дренажных вод проводится на определенный ограниченный срок эксплуатации. Учитывая сложность гидрогеологических и горнотехнических условий, а также поэтапность освоения месторождения твердого полезного ископаемого, этот срок целесообразно принимать равным сроку первоочередной отработки.

Однако могут быть приняты и другие продолжительности расчетного периода. Во всех случаях расчетный срок оценки эксплуатационных запасов дренажных вод должен согласовываться с проектной организацией.

4.11. В тех случаях, когда основным источником формирования эксплуатационных запасов дренажных вод являются поверхностные или родниковые воды, при оценке эксплуатационных запасов должна приниматься обеспеченность запасов в зависимости от класса водозабора от 85 до 95 %. Класс водозабора определяется по СНиП 2.04.02-84.

Методы оценки эксплуатационных запасов дренажных вод

4.12. Для оценки эксплуатационных запасов дренажных вод применяются различные методы. В каждом конкретном случае используются те из них, которые в наибольшей мере позволяют учесть гидрогеологические условия исследуемых месторождений, характер и степень полноты исходной информации. Могут быть применены гидродинамический, гидравлический, балансовый, вероятностно-статистиче-

ский методы, метод аналогии.

4.13. Гидродинамический метод включает аналитические расчеты по известным уравнениям фильтрации, полученным для определенных расчетных схем, и моделирование на аналоговых и цифровых вычислительных машинах (АВМ и ЦВМ). Оценка эксплуатационных запасов дренажных вод гидродинамическим методом производится путем расчетов притока подземных вод к обобщенным осушительным системам для принятых начальных и граничных условий и гидрогеологических параметров водоносных горизонтов. Обоснованием расчетной схемы оценки запасов должна служить схематизация природных гидрогеологических условий. В соответствии с ними выбирается метод расчета и расчетные уравнения.

Аналитические методы применяются для условий развития водоносных горизонтов с мало изменяющимися фильтрационными и емкостными свойствами и простыми постоянными граничными условиями. Наиболее широко эти методы применимы для месторождений I и У типов, выделенных в разделе 2.

Выполняя расчеты по аналитическим зависимостям, принимается во внимание, что сложное сочетание дренажных устройств и эксплуатационных горных выработок, которыми производится водоотбор в целом по месторождению, может быть приведено к "большому колодцу". При этом величина понижения определяется, исходя из положения нижнего горизонта горных работ. В практике расчетов используются разнообразные формулы, некоторые из них приводятся ниже.

Для одного водоносного горизонта или комплекса бесконечного распространения определение запасов дренажных вод производится по формуле:

$$Q = \frac{4\pi k m S}{-Ei\left(-\frac{x_M}{4a^2 t}\right)}, \qquad (I)$$

где Q - запасы дренажных вод месторождения, $м^3$/сут;
km - коэффициент водопроводимости, $м^2$/сут;
S - понижение уровня подземных вод, принимаемое как

разность между статическим уровнем подземных вод и отметкой горизонта горных работ на момент выхода рудника или шахты на проектную производительность по добыче основного полезного ископаемого, м;

$r_к$ - радиус "большого колодца" горных выработок; он может определяться по формуле $r_к=\sqrt{\frac{F}{\pi}}$, в которой F - площадь горных выработок на момент выхода рудника на проектную производительность;

a^* - коэффициент пьезопроводности, $м^2/сут$;

t - расчетное время.

Формула (I) справедлива для напорных водоносных горизонтов.

Для безнапорных и напорно-безнапорных водоносных горизонтов, более характерных при ведении горных работ, понижение уровня подземных вод пересчитывается по зависимостям:

$$S=\frac{h_e^2-h_0^2}{2m}, \qquad (2)$$

$$S=\frac{m(H_e-m)-h_0^2}{2m}, \qquad (3)$$

где h_e - столб безнапорных горизонтов, равный разности между отметками статического уровня подземных вод и отметкой нижнего горизонта горных работ, м;

h_0 - столб воды над подошвой водоносного горизонта на участке горных выработок, м;

m - мощность напорного водоносного горизонта, м;

H_e - первоначальный пьезометрический напор, отсчитываемых от нижнего горизонта горных работ, м.

Для безнапорных вод вместо коэффициента пьезопроводности принимается коэффициент уровнепроводности

Применение формул (2) и (3) зависит от неравенства

$$\frac{m}{H_e-m}\sqrt{\frac{a^*}{2a_y}}<3.$$

Если это неравенство выполняется, то используются формулы (3) и

(I). Если расчетное число менее 0,3, то используется формула (I), а если по расчету выходит более 3, то используются формулы (2) и (I) с соответствующими заменами коэффициента пьезопроводности на коэффициент уровнепроводности.

При $\frac{r_к^2}{4a^*t} \leqslant 0{,}05\text{-}0{,}1$ формула (I) превращается в более простую:

$$Q = \frac{4\pi k m S}{\ln \frac{2{,}25a^*t}{r_к^2}}. \qquad (4)$$

Следует обращать внимание на то, что при значительных величинах радиуса "большого колодца" порядка 1000-3000 м в грунтовых водах при коэффициенте уровнепроводности 10^2-10^3 $м^2$/сут это условие выполняется достаточно редко, и расчет должен проводиться по формуле (I), (2), а не по формуле (4). При коэффициентах пьезопроводности порядка 10^4-10^5 $м^2$/сут расчет проводится по формуле (4). Для углеразрезов и дренажных канав большой протяженности в водоносном безнапорном горизонте с бесконечными границами запасы дренажных вод на I м выработки определяются по зависимости:

$$q = \frac{k(h_e^2 - h_o^2)}{\sqrt{\pi a_y t}}, \qquad (5)$$

где q - водоприток на I м горной выработки, $м^2$/сут;
k - коэффициент фильтрации, м/сут.

При напорно-безнапорном характере уровней подземных вод запасы на I м дренажных канав подсчитываются по формуле:

$$q = \frac{k(2H_e m - m^2 - h_o^2)}{\sqrt{\pi a^* t(2H_e m - m^2 - h_o^2)\left[\frac{m(H_e - m)}{2}\left(1 + \frac{m^2 - h_o^2}{2H_e m - m^2 - h_o^2}\right) + \beta\frac{(m^2 - h_o^2)}{(2H_e m - m^2 - h_o^2)}\left[m - \frac{2(m^3 - h_o^3)}{(m^2 - h_o^2)}\right]\right]}}, \qquad (6)$$

где $\beta = \frac{\mu}{\mu^*} = \frac{a^*}{2a_y}$;

μ - коэффициент свободной водоотдачи;

μ^* - коэффициент упругой водоотдачи.

Запасы дренажных вод определяются умножением единичного водопритока на длину выработки. Если линейно-вытянутые карьеры или углерезы ограниченной длины работают под защитой линейного ряда дренажных водопонизительных скважин ограниченной длины, то запасы дренажных вод принимаются по дебиту этого ряда.

Расчеты выполняются по формуле:

$$Q = \frac{4\pi k m S}{\ln \frac{16{,}4 a^2 t}{\ell^2}}, \qquad (7)$$

где ℓ - половина длины ряда скважин.

Расчет равенства (7) применим при выполнении условия $\frac{at}{\ell^2} > 4$. В случае безнапорных вод или напорно-безнапорных вод в формуле (7) делается подстановка из формул (2) и (3). При взаимодействии горных выработок "большого колодца" ограниченных размеров или карьера с дренажным узлом определение запасов дренажных вод водоносных горизонтов с бесконечными границами приводится по формулам:

$$Q = 2\pi k h_{ср} \frac{h_к A_2 - h_0 B_2}{A_1 A_2 - B_1 B_2}, \qquad (8)$$

$$2\pi k h_{ср} \frac{h_0 A_1 - h_к B_2}{A_1 A_2 - B_1 B_2}, \qquad (9)$$

где

$$A_1 = -\frac{h_{0a}}{h_к} - Ei\left(-\frac{r_к^2}{4a_y t_1}\right),$$

$$A_2 = -\frac{h_{0a}}{h_0} - Ei\left(-\frac{r_0^2}{4a_y t_2}\right),$$

$$B_1 = -Ei\left(-\frac{D^2}{4a_y t_2}\right),$$

$$B_2 = -Ei\left(-\frac{D^2}{4a_y t_1}\right).$$

Общие запасы дренажных вод составляют:

$$Q = Q_к + Q_д . \qquad (10)$$

В формулах (8) - (10) введены обозначения:

$Q_к$ - водоприток в систему горных выработок "большого колодца", $м^3$/сут;

$Q_д$ - водоприток в дренажный узел, $м^3$/сут;

$r_д$ - радиус дренажного узла, м;

R - расстояние от центра карьера до узла, м;

t_1 - время работы "большого колодца", сут;

t_2 - время работы дренажного узла, сут;

$h_{кс}$ - столб воды "большого колодца", м;

$h_д$ - столб воды дренажного узла, м;

$h_{ср} = \frac{h_к + h_д}{2}$ при $r_к << R$; $r_д << R$.

При наличии большого числа дренажных узлов и скважин или их рядов, взаимодействующих с большим колодцем, определение запасов дренажных вод рациональнее проводить методом моделирования. Следует заметить, что практически схема водоносного горизонта с бесконечными границами должна проверяться расчетом. Даже в глубокозалегающих водоносных горизонтах, при отсутствии перетекания и инфильтрационного питания, можно принимать приведенные выше формулы, когда расстояние до границы $L > r_к + \sqrt{\pi a t}$. Если же эти условия не выполняются, то при расчетах необходимо учитывать граничные условия водоносных горизонтов (инфильтрационное питание, реки, водоемы, непроницаемые границы и т.д.).

Запасы дренажных вод безнапорных водоносных горизонтов месторождений, расположенных вблизи рек, определяются по формуле:

$$Q = \frac{\pi k (h_c^2 - h_0^2)}{\ln \frac{2(L + \Delta L)}{r_к}}, \qquad (11)$$

где L - расстояние от центра месторождения до реки, м;

ΔL - дополнительное гидравлическое сопротивление русла реки, определяемое по данным откачек, м.

При открытых горных работах в выработках удлиненной формы, когда длина в 10 раз и более превышает ширину, а длина выработки более чем в 2 раза превышает расстояние до реки, запасы дренажных вод рассчитываются на 1 м выработки:

$$q = \frac{k(h_e^2 - h_o^2)}{2(L + \Delta L)}, \qquad (12)$$

где L - расстояние от оси выработки до реки, м.

Расчет формулы (12) выполняется в тех случаях, когда радиус "большого колодца" превышает расстояние до реки. Учитывая, что для подсчета запасов дренажных вод время исчисляется десятилетиями, рекомендуется проводить расчеты у рек по формулам установившейся фильтрации, так как всегда выполняется условие

$$t > 10\frac{L^2}{a_y}$$

При расположении ряда дренажных скважин между горными выработками и рекой расход одной скважины определяется по формуле

$$Q_c = \frac{k(h_e^2 - h_o^2)}{\frac{L}{\delta} + \frac{1}{2\pi}\ln\frac{\delta}{2\pi r_o}}, \qquad (13)$$

где Q - дебит одной дренажной скважины, $м^3$/сут;
δ - расстояние между скважинами ряда, м;
r_o - радиус дренажной скважины, м.

Запасы дренажных вод равны $Q_c\, n$, где n - число скважин.

Формулы (11 и 13) действуют при выполнении условия $\frac{\alpha}{r_k} \geqslant 3$.

Если подземные горные выработки расположены вблизи непроницаемой границы, то запасы дренажных вод определяются по формуле

$$Q = \frac{4\pi k m S_o}{\ln\frac{2{,}25a^*t}{r_k^2} - Ei\left(-\frac{d^2}{a^*t}\right)}, \qquad (14)$$

где d - расстояние от центра "большого колодца" до непроницаемой границы.

При условии, когда $\frac{d^2}{a^*t} < 0{,}005\text{-}0{,}1$, решение принимает вид

$$Q = \frac{2{,}73\,km S_0}{\lg \frac{1{,}13 a^* t}{d r_к}} \cdot \qquad (15)$$

Для месторождений, расположенных в ограниченных водоносных структурах, когда безнапорные водоносные горизонты окружены непроницаемыми границами (схема пласт-круг), запасы дренажных вод определяются по формуле

$$Q = \frac{\pi k H_e^2}{\ln \frac{R}{r_к} + \frac{2 a_y t}{R^2} - 0{,}75}, \qquad (16)$$

где R - приведенный радиус ограниченной структуры, м $\left(R = \sqrt{\frac{F_{стр}}{\pi}}\right)$; $F_{стр}$ - площадь структуры, м^2).

В условиях пласт-полосы с непроницаемыми границами, когда "большой колодец" расположен по середине пласт-полосы и выполняется условие $\frac{L^2}{4at} < 0{,}05\text{-}0{,}1$

$$Q = \frac{4\pi k m S}{\frac{2{,}1\sqrt{a^* t}}{L} + 2\ln \frac{0{,}16 L}{r_к}}, \qquad (17)$$

где L - ширина пласт-полосы, м:

S - понижение уровней подземных вод в центре "большого колодца" до кровли водоносного горизонта, м.

Если карьер или углеразрез расположен перпендикулярно к пласт-полосе безнапорного водоносного горизонта и полностью ее пересекает, запасы дренажных вод рассчитываются по формуле

$$Q = 0{,}56 \frac{k h_e^2 L}{\sqrt{a_y t}}. \qquad (18)$$

При наличии в вышерасположенном водоносном горизонте условия постоянства напора подземных вод и перетекания через слабопроницаемые породы в слоистых водоносных горизонтах запасы дренажных вод нижнего водоносного горизонта при работе системы подземных горных выработок определяются по формуле

$$Q = \frac{2\pi k m}{\ln \frac{1{,}12\sqrt{\frac{k m h \mu}{K_0(\mu + \mu^*)}}}{r_к}}, \qquad (19)$$

где Q - запасы, м^3/сут;

h = (0,6-0,8) мощности слабопроницаемых отложений, м;

μ - коэффициент водоотдачи слабопроницаемых отложений;

K_0 - коэффициент фильтрации слабопроницаемых отложений, м/сут;

μ^* - коэффициент упругой водоотдачи нижнего напорного горизонта.

При расчетах следует учитывать, что формула (18) действительна только при условии

$$\frac{r_к}{\sqrt{\frac{k m h_{ср} \mu}{K_0(\mu + \mu^*)}}} \ll 1$$

При невыполнении этого условия расчеты ведутся по более сложным зависимостям с применением функций Бесселя K_0 и J_0.

В более сложных условиях при аналитических расчетах применяются многие другие формулы, имеющиеся в книгах по динамике подземных вод и в ряде методических руководств /3,7/.

Метод математического моделирования целесообразно применять на месторождениях со сложными гидрогеологическими условиями, когда водоносные горизонты характеризуются большой неоднородностью по фильтрационным свойствам, сложными границами распространения, изменяющимися источниками формирования эксплуатационных запасов дренажных вод. Этот метод применим и при распространении нескольких взаимосвязанных водоносных горизонтов и гидравлическом взаимодействии осушительной системы оцениваемого месторождения с водозаборами подземных вод и дренажными сооружениями других месторождений.

Требуется высокий уровень изученности гидрогеологических условий месторождения и информация о водоносных горизонтах в пределах области распространения гидравлического воздействия на них водоотбора подземных вод. Поэтому наибольшее и эффективное

применение моделирование находит на эксплуатируемых месторождениях, на которых накоплены значительные материалы о режиме водоотбора, об уровенном и гидрогеохимическом режимах подземных вод. Обширная информация по опыту эксплуатации месторождения позволяет в результате решения обратных задач более достоверно установить гидрогеологические параметры водоносных горизонтов, граничные условия, количественно оценить источники формирования эксплуатационных запасов дренажных вод.

В целом моделирование позволяет учесть:

- неоднородность фильтрационных и емкостных свойств горизонтов (коэффициентов водопроводимости, фильтрации, пьезопроводности, уровнепроводности и мощности) по площади, глубине и во времени;

- изменение площади и отметок горных выработок во времени в соответствии с проектными решениями;

- вариации инфильтрационного питания по площади и времени;

- перемены граничных условий на реках и водохранилищах;

- изменение величины перетекания по мере снижения пьезометрических напоров и уровней воды;

- перемещение во времени и пространстве положения дренажных скважин и горных выработок.

Метод моделирования рекомендуется применять по данным разведочных работ на месторождениях I, II и частично III и IУ типов 2-й и 3-й групп сложности, а также на эксплуатируемых месторождениях всех типов.

4.14. Метод гидрогеологических аналогий основан на подобии геологических, гидрогеологических и горнотехнических условий разведуемых и эксплуатируемых месторождений. Наиболее надежно привлекать в качестве аналогов месторождения, на которых горнорудное предприятие вышло на проектную производительность и имеется достаточно полная информация о фактических водопритоках в горные выработки и об отборе дренажных вод. Аналогия должна быть по геологическому строению месторождений, условиям формирования водопритоков, способу и системе разработки месторождений.

Если депрессионная воронка какой-либо шахты или рудника взаимодействует с депрессионными воронками других шахт, то такая шахта не может быть аналогична одиночной шахте с самостоятельной депрессионной воронкой. Если одни и те же пласты углей разрабатываются двумя шахтами, заложенными на разных глубинах, гидрогеологической аналогии между ними может и не быть, так как в более глубокой шахте инфильтрационное питание отсутствует.

У аналогичных шахт отличия могут заключаться в ряде параметров: глубине залегания полезного ископаемого, размерах площади отработки, коэффициентах фильтрации, расстояниях до контура питания, производительности и т.п.

Метод гидрогеологических аналогий заключается в использовании для оценки запасов дренажных вод изучаемого месторождения достаточно достоверных данных, полученных по опыту эксплуатации подобного по гидрогеологическим условиям месторождения.

Метод гидрогеологической аналогии является приближенным и обоснованность оценки запасов дренажных вод доказывается правильностью выбора месторождения-аналога.

Расчеты по методу аналогии базируются на эмпирических связях.

Приближенные расчеты производят по коэффициенту водообильности

$$K_в = \frac{V}{P} \quad ,$$

где V - объем откаченной воды за определенный период времени, год;

P - количество добытого твердого полезного ископаемого за тот же период времени, год.

На новом месторождении запасы дренажных вод определяются по зависимости

$$Q = K_в P_п \quad , \qquad (20)$$

где $P_п$ - проектируемая производительность добычи полезного ископаемого.

Приближенные расчеты можно выполнять также по расходу на единицу длины и площади добычных горных работ

$$Q = q_{\ell} L ; \qquad (21)$$

$$Q = q_{F} F_{п} , \qquad (22)$$

где Q - запасы дренажных вод проектируемого месторождения, $м^3$/сут;

q_{ℓ} - фактический удельный водоприток на 1 м выработок месторождения-аналога, $м^3$/сут;

L - протяженность выработок на проектируемом месторождении, м;

q_{F} - фактический удельный приток на 1 $м^2$ добычных работ месторождения-аналога, $м^3$/сут;

F - площадь добычных работ проектируемого месторождения, $м^2$.

Имеется ряд других эмпирических формул, по которым можно рассчитывать запасы дренажных вод

$$Q = Q_{ф} \sqrt{\frac{S_{п}}{S_{ф}}} , \qquad (23)$$

$$Q = Q_{ф} \frac{F_{п}}{F_{ф}} \sqrt{\frac{S_{п}}{S_{ф}}} , \qquad (24)$$

$$Q = Q_{ф} \sqrt{\frac{S_{п} F_{п}}{S_{ф} F_{ф}}} , \qquad (25)$$

$$Q = \sqrt{\frac{S_{п}}{S_{ф}}} \sqrt{\frac{F_{п}}{F_{ф}}} , \qquad (26)$$

$$Q = Q_{ф} \left(\frac{S_{п}}{S_{ф}}\right)^{0,35} \left(\frac{P_{п}}{P_{ф}}\right)^{0,7} , \qquad (27)$$

где Q - величина запасов дренажных вод, $м^3$/сут;

$Q_{ф}$ - фактический водоприток по шахте-аналогу, $м^3$/сут;

$S_{п}$ - проектное понижение по шахте, где определяются запасы вод, м;

$S_{ф}$ - фактическое понижение уровня вод на шахте-аналоге, м;

$F_п$ - проектная площадь горных разработок, м;

$F_ф$ - фактическая площадь горных разработок, м;

$P_п$ - проектная производительность шахты.

Показатель степени варьирует от долей единицы до 3. Имеются и другие эмпирические формулы, которые применяются реже.

Метод гидрогеологических аналогий применяется на месторождениях Ш и 1У типов в освоенных горнорудных районах и угольных бассейнах. Наиболее часто метод находит применение для сложных и весьма сложных месторождений (2-й и 3-й групп). Чаще всего метод используется для подземных горных работ, при отсутствии дренажных узлов и рядов водопонижающих скважин, пробуренных с поверхности.

4.15. Гидравлический метод заключается в определении запасов дренажных вод по опытным данным изменения водопритока в шахту или рудник в зависимости от увеличения глубины отработки, т.е. от величины понижения уровня подземных вод.

Наиболее часто зависимость расхода от глубины имеет степенной характер. В таком случае строится график зависимости $Q=f(H_2)$, где H_2 - глубина горных работ.

Имея набор не менее трех-пяти опытных точек можно, экстраполируя график, определять запасы дренажных вод для проектных глубин, особенно, если крутизна кривой с глубиной выполаживается.

В случае безнапорного характера движения запасы дренажных вод определяются по формуле

$$Q=Q_ф\frac{(2H-S_п)S_п}{(2H-S_ф)S_ф}, \qquad (28)$$

где $Q_ф$ - фактический водоприток при достигнутом понижении уровня грунтового потока, $м^3/сут$;

H - статический столб воды грунтового потока, вычисляемый как разность между статическим уровнем подземных вод и отметкой проектируемого нижнего горизонта горных работ;

$S_п$ - проектируемое понижение уровня подземных вод;

$S_ф$ - фактически достигнутое понижение уровней грунтовых вод.

На эксплуатируемых месторождениях в тех случаях, когда четко наметилась тенденция к снижению водопритоков во времени, запасы дренажных вод определяются по зависимости

$$Q = Q_1 e^{-\alpha(t_n - t_1)}, \qquad (29)$$

где Q - водоприток в момент времени t_1, $м^3$/сут;

t_n - расчетный момент времени, сут;

t_1 - момент времени, снимаемый с кривой изменения водопритоков во времени, сут;

α - константа, определяемая по зависимости

$$\alpha = \frac{\ln Q_1 - \ln Q_2}{t_2 - t_1},$$

где Q_2 - водоприток в момент времени t_2, $м^3$/сут;

t_2 - момент времени, снимаемый с кривой изменения водопритоков во времени, сут.

Этот метод часто применяется для месторождений II и III типов для сложных и весьма сложных условий, а также для случаев, когда трудно установить источники формирования эксплуатационных запасов дренажных вод.

Необходимо учитывать, что с глубиной фильтрационные свойства пород могут быстро уменьшаться, поэтому при использовании гидравлического метода максимальное понижение не должно превышать мощности зоны экзогенной трещиноватости в массивах пород.

Применение гидравлического метода на определенный период времени правомерно при условии неизменности системы отработки и осушения месторождения.

4.16. Вероятностно-статистические методы используют для эксплуатируемых месторождений, по которым имеется длительный период наблюдений за водопритоками в систему горных выработок. Эти методы дают хорошие результаты в том случае, когда активный рост водопритоков уже закончен, в режиме водопритоков отмечается квазистабилизация, изменения водопритоков в ту или другую сторону зависят в основном от климатического фактора. Это соответствует периоду достижения шахтной или рудником проектной производительности, при которой площади горных работ и глубина

разработок изменяются с небольшой скоростью и достаточно плавно.

При корреляционном анализе общий водоприток расчленяется на две составляющие: детерминированную и случайную. Первая обусловлена гидрогеологическими и горнотехническими факторами, вторая - метеорологическими.

Оценка запасов дренажных вод проводится на ЭЦВМ по составляющей динамического тренда, путем экспоненциального сглаживания временного ряда водопритоков.

Случайная составляющая водопритока учитывается путем гармонического анализа наблюдений за несколько лет. После выявления констант тренда и амплитуд гармонического ряда на ЭЦВМ осуществляется подсчет запасов дренажных вод на заданный период времени.

Для расчетов используются также уравнения регрессии, устанавливающие зависимость величины эксплуатационных запасов дренажных вод от различных природных и технологических факторов.

При оценках по кривой обеспеченности рассматривается нормальный ряд водопритоков за некоторый период в убывающем порядке по их численному значению независимо от даты наблюдения. Вероятность каждого члена ряда (конкретного числа водопритока) в процентах определяется по формулам

$$P = \frac{m - 0,3}{n + 0,4} 100\ \%\ ; \qquad (30)$$

$$P = \frac{m}{n + 0,4} 100\ \%, \qquad (31)$$

где m - очередной номер члена ряда;

n - общее число членов ряда.

По кривой обеспеченности определяется водоприток необходимой обеспеченности (95, 85 и 50 %), который численно равен эксплуатационным запасам той или другой категории.

Имеются и другие более сложные вероятностно-статистические методы, которые рекомендуется применять для II, III, IV типов месторождений, находящихся в сложных и весьма сложных гидрогеологических условиях. Для этого используются данные по опыту разработки этих месторождений.

4.17. Балансовый метод расчета эксплуатационных запасов состоит в количественной оценке источников формирования дренажных вод в пределах депрессионной воронки и на основе определения приходных и расходных статей водного баланса. Этот метод дает определенные результаты в условиях, когда рудное или шахтное поле находится внутри структур, в которых могут быть определены величины притока (включая площадное питание) и оттока подземных вод.

Оценка запасов дренажных вод в общем случае проводится по уравнению

$$Q = Q_у + Q_{ст} + Q_{инф} + Q_{исп} + Q_{реч} + Q_п + Q_и - Q_{роз}, \qquad (32)$$

где $Q_у$ - упругие запасы подземных вод, $м^3$/сут;

$Q_{ст}$ - статические запасы, $м^3$/сут;

$Q_{инф}$ - запасы за счет инфильтрационного питания, $м^3$/сут;

$Q_{исп}$ - запасы за счет уменьшения испарения, $м^3$/сут;

$Q_{реч}$ - запасы за счет фильтрации из поверхностных водоемов и рек, $м^3$/сут;

$Q_п$ - запасы за счет перетекания из смежных водоносных горизонтов, $м^3$/сут;

$Q_и$ - запасы за счет потерь на фильтрацию из инженерных сооружений (гидроотвалов, хвостохранилищ и т.п.), $м^3$/сут;

$Q_{роз}$ - уменьшение запасов за счет разгрузки родников, $м^3$/сут.

В локальных структурах (мульдах, грабенах и т.п.) при отсутствии водотоков, родников, испарения для самых простых условий оценка запасов дренажных вод проводится по зависимости

$$Q = \frac{WF}{t} + \frac{\mu_д H}{t} F_R, \qquad (33)$$

где Q - запасы дренажных вод, $м^3$/сут;

W - величина инфильтрационного питания, м/сут;

F - общая площадь структуры, $м^2$;

μ - коэффициент водоотдачи пород водоносного горизонта;

ΔH - средняя величина снижения уровня подземных вод в пределах структуры за время t, м;

F_R - площадь депрессионной воронки, м^2.

Балансовый метод оценки эксплуатационных запасов редко используется самостоятельно, обычно он сочетается с каким-либо другим методом. Кроме того, он используется для расчета обеспеченности эксплуатационных запасов дренажных вод, рассчитанных другими методами. Этот метод наиболее применим на месторождениях II, III и IУ типов.

Методы оценки изменения качества дренажных вод

4.18. Прогнозная оценка изменения качества дренажных вод является сложной задачей в связи с воздействием на них комплекса природных и горнотехнических факторов, проявляющихся в процессе отработки и осушения месторождений твердых полезных ископаемых. Имеется определенный опыт прогноза изменения химического состава и загрязнения шахтных, рудничных и частично дренажных вод различными методами: аналитическим, математического моделирования, аналогии, статистическим и графическим.

4.19. Аналитический метод, базирующийся на использовании теоретических зависимостей для определенных граничных условий дренируемых водоносных горизонтов и расположения осушительных устройств, может применяться в гидрогеологических условиях, которые могут быть обоснованно представлены в виде типовых расчетных схем, по которым имеются аналитические решения.

Метод достаточно широко применяется для оценки подтягивания к водозаборным и дренажным сооружениям вод нестандартного состава.

Для прогноза изменения качества дренажных вод за счет подтягивания загрязненных или природных минерализованных (некондиционных) вод необходимо определить: возможность захвата этих вод областью питания дренажной системой, действующей на месторождении; время подтягивания загрязненных вод к дренажной системе и, наконец, изменение качества дренажных вод во времени после начала подтягивания и смешения вод.

Необходимость оценки изменения качества вод в каждом конкретном случае зависит от результатов решения первых двух задач. Оценка производится, если будет определено, что область питания дренажной системы распространится до контура загрязненных вод и время подтягивания меньше расчетного срока, на который оцениваются эксплуатационные запасы дренажных вод.

Возможность захвата загрязненных вод выясняется на основе расчета положения водораздельной точки и ширины области питания дренажной системы, указывающих на положение области питания относительно контура зоны загрязненных вод.

В неограниченном по площади водоносном горизонте для дренажной системы, приведенной к "большому колодцу", расчеты выполняются по формулам

$$x_A = Q/2\pi hKi_e, \tag{34}$$

$$y_o = Q/4\pi, \tag{35}$$

$$y_б = Q/2hKi_e, \tag{36}$$

где x_A - расстояние от водораздельной точки до дренажной системы (при совмещении начала координат с дренажной системой и направлении оси X по потоку подземных вод);

y_o и $y_б$ - половина ширины области питания на линии дренажной системы и на большом удалении от неё в верхней части потока подземных вод, м;

Q - постоянный дебит дренажной системы (за него должна приниматься величина общего водоотбора на месторождении из рассматриваемого водоносного горизонта), м^3/сут;

h - средняя мощность водоносного горизонта, м^3/сут;

i_e - уклон естественного потока.

Для линейного ряда водопонижающих скважин большой длины, превышающей расстояние до контура загрязненных вод, положение точки x_A (при расположении оси у линии ряда) рассчитывается по формуле

$$x_A = \frac{\ell}{\pi} \operatorname{Arth} \frac{Q_o}{2\pi h \ell k_{ie}}, \qquad (37)$$

где ℓ - расстояние между скважинами в ряду, м;
Q_o - средний дебит скважины, $м^3/сут$.

В условиях полуограниченного горизонта с контуром постоянного напора (река, море) при естественном потоке, направленном к этому контуру, положение водораздельной точки определяется по формулам:

- для "большого колодца"

$$x_A = \sqrt{d^2 - \frac{Qd}{\pi h k_{ie}}}, \qquad (38)$$

- линейного ряда

$$x_A = \frac{\ell}{2\pi} \operatorname{Arch} \left(ch \frac{2\pi d}{\ell} - \frac{Q_o}{h \ell k_{ie}} Sh \frac{2\pi d}{\ell} \right), \qquad (39)$$

где d - расстояние от дренажной системы до контура постоянного напора, м.

Водораздельная точка будет расположена между дренажной системой и контуром питания при соблюдении соотношений:

- для "большого колодца"

$$Q/\pi h d k_{ie} < 1; \qquad (40)$$

- линейного ряда

$$Q_o/h \ell k_{ie} < 1 \qquad (41)$$

Расчет времени подтягивания первых порций загрязненных вод к дренажной системе выполняется по следующим формулам.

Для неограниченного горизонта время подтягивания по направлению естественного потока равно:

- для "большого колодца"

$$T = \frac{h_0}{Ki_e}\left[x_1 - x_A \ln\left(\frac{x_1}{x_A}+1\right)\right], \qquad (42)$$

- линейного ряда

$$T = h_0 x_1\left[\left(\frac{Q_0}{2h\ell} + Ki_e\right)\right] \qquad (43)$$

В случае полуограниченного горизонта с контуром постоянного питания время подтягивания определяется по формулам:

- для "большого колодца"

$$T = \frac{\pi n_0 h d^2}{3Q}\left[2 + \left(\frac{x_1}{d}\right)^3 - 3\frac{x_1}{d}\right], \qquad (44)$$

- линейного ряда

$$T = \frac{n_0 \ell h}{Q_0 Sh\frac{2\pi d}{\ell}}\left[(d - x_1)ch\frac{2\pi d}{\ell} - \frac{\ell}{2\pi}\left(Sh\frac{2\pi d}{\ell} - Sh\frac{2\pi x_1}{\ell}\right)\right], \qquad (45)$$

где n_0 - активная пористость водоносных пород;

x_1 - расстояние от контура питания до границы с загрязненными водами, причем $x_1 \leqslant d$, если граница этих вод расположена между дренажной системой и контуром постоянного напора и $x_1 > d$, если граница находится с противоположной стороны.

При совпадении контура загрязненных вод с границей постоянного напора (река, море) формулы (44,46) принимают вид:

- для "большого колодца"

$$T = 2\pi n_0 h d^2 / 3Q, \qquad (46)$$

- линейного ряда

$$T = \frac{n_0 \ell R}{Q_0}\left(actR\,\frac{2\pi d}{\ell} - \frac{\ell}{2\pi}\right). \qquad (47)$$

Минерализация воды после подтягивания к дренажной системе минерализованных вод в условиях неограниченного бассейна определяется по зависимостям:

- для "большого колодца"

$$C = C_0 + \frac{C_1 + C_0}{\mathcal{T}_1} \operatorname{arccos} \sqrt{\frac{T}{t}}, \qquad (48)$$

- для линейного ряда

$$C = C_0 + \frac{C_1 + C_0}{\mathcal{T}_1} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{\beta^{2t} - \beta^{T_0}}{\beta^{T_0} - 1}}, \qquad (49)$$

где C_0 и C_1 – минерализация пресных и минерализованных вод;

t – время, на которое определяется расчетная минерализация воды, С;

$$\beta = Q_0 \mathcal{T}_1 / k m_0 h^2.$$

Предельная минерализация воды составит

$$C = \frac{C_0 + C_1}{2}.$$

Если она не превышает допустимой величины, то оценка времени подтягивания и изменения качества воды не выполняется.

При вскрытии дренажной системой на полную мощность слоистой водоносной толщи с пластами, различными по водопроводимости и минерализации воды, предельная минерализация дренажных вод может быть определена как средневзвешенная по водопроводимости пластов

$$C_{пр} = \Sigma C_i T_i / \Sigma T_i. \qquad (50)$$

В случае откачки воды из верхнего слоя двухслойной толщи пород, содержащего пресные воды, и подтягивании минерализованных вод снизу из нижнего слоя предельная минерализация дренажных вод рассчитывается по формуле

$$C_{пр} = C_0 + (C_i - C_0) \frac{T_1}{T_{общ}}, \qquad (51)$$

где T_1 – водопроводимость слоя минерализованных вод;

$T_{общ}$ – суммарная водопроводимость двухслойной толщи.

Аналитический метод достаточно широко применим для месторождений I и У типов, в меньшей мере на месторождениях П, Ш и IУ типов с простыми условиями.

4.20. Метод математического моделирования применяется при сложных гидрогеологических условиях, например, при неоднородных водоносных горизонтах, разнообразных граничных условиях и конфигурациях контуров минерализованных вод, нестационарном режиме подтягивания минерализованных вод с нижних горизонтов водоносных толщ и наличии техногенных очагов загрязнения подземных вод. Важное значение в этом отношении имеет и необходимость учета принятых схем горных работ и осушения месторождений при прогнозах качества дренажных вод. От этих схем зависит соотношение притоков воды из различных гидрогеохимических зон, степень их смешения (частичное во внешних дренажных устройствах или полное в средствах общего внутреннего водоотлива), изменение условий смешения вод на контурах дренажных систем, осушающих отдельные или все основные водоносные горизонты при переходе от способа отработки с закладкой выработанного пространства к способу отработки с полным обрушением кровли выработок.

Использование метода математического моделирования для прогнозной оценки изменения качества дренажных вод основывается большей частью на получении в результате геофильтрационных решений гидродинамических сеток и величин расходов фильтрационных потоков по всей области фильтрации и их временных изменений. Это позволяет применить метод моделирования к решению задач массопереноса. В связи со сложностью и трудоемкостью решения уравнений массопереноса прибегают к уменьшению мерности фильтрационного потока, рассматривая массоперенос по отдельным линиям или в трубках тока.

В варианте приближенных оценок на основе машинного гидродинамического решения прогноз изменения качества дренажных вод осуществляется путем расчета составляющих минерализации воды по балансовым показателям прихода и расхода фильтрационных потоков. Имеется также программное обеспечение ВСЕГИНГЕО для решения уравнения конвективного переноса веществ (не взаимодействующих по пути движения) для расчета поля их концентраций в фильтраци-

онном потоке подземных вод многослойной водоносной системы. Метод моделирования целесообразно использовать на месторождениях I типа и реже на месторождениях II и IУ типов.

4.21. Метод аналогии применяется при наличии материалов по опыту освоения или разработки месторождения, имеющего аналогичные с изучаемым месторождением гидрогеологические, гидрогеохимические и горнотехнические условия. Его использование требует приведения доказательств об аналогии сравниваемых месторождений, особенно их гидрогеохимических обстановок, в части минералогического состава залежей полезного ископаемого и вмещающих пород, типов минерализации подземных вод и техногенных факторов, преобразующих химический состав шахтных и рудничных вод в зоне ведения горных разработок.

На практике распространение получило использование эмпирических зависимостей, отражающих изменение минерализации и содержания отдельных компонентов в дренажных водах, например, с увеличением глубины горных работ или других показателей развития горных разработок. Вид и параметры используемых уравнений определяются по фактическим данным, полученным на шахтах и рудниках-аналогах.

Предварительные прогнозные оценки изменения качества дренажных вод изучаемого месторождения могут быть выполнены в простых случаях путем непосредственного использования гидрогеохимических данных месторождения-аналога. Например, таким образом могут быть определены сроки начала и масштабы изменения минерализации за счет возрастания содержания сульфатов и изменения содержания микрокомпонентов (тяжелых металлов) в результате развития на месторождениях с сульфидной минерализацией процессов окисления в отработанном массиве горных пород. Наибольшее значение это имеет для отбора дренажных вод внутренними осушительными системами, находящимися большей частью в зоне горных работ.

Метод аналогии в большей мере применяется на месторождениях III и IУ и частично I и II типов.

4.22. Статистический метод заключается в прогнозной оценке качества (минерализации) дренажных вод на основе корреляционных

зависимостей содержания макро- и микрокомпонентов от природных и горнотехнических факторов. Применяются уравнения регрессии общего вида $y = ax + b$, предварительно получаемые в результате обобщения опыта эксплуатации месторождения. Для этого требуются значительные объемы информации, наиболее благоприятные условия накопления которой имеются в освоенных угольных бассейнах и горнорудных районах. Метод наиболее целесообразно применять на месторождениях дренажных вод Ш и IУ типов.

4.23. Графический метод прогноза химического состава дренажных вод основывается на построении и использовании графиков зависимости содержания химических компонентов от величины общей минерализации воды (графики смешения). При значительном разбросе значений графики строятся в полулогарифмическом масштабе. Прогнозное содержание компонентов определяется по графику, исходя из величины минерализации воды, которая может быть известна или прогнозируется другими методами. Метод может применяться на различных типах месторождений, по которым имеется соответствующая информация по результатам гидрогеохимических исследований при разведке или эксплуатации месторождения.

5. ОСОБЕННОСТИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ РАЗВЕДУЕМЫХ И ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В ЦЕЛЯХ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАПАСОВ ДРЕНАЖНЫХ ВОД

5.1. Изучение подземных вод в качестве попутного полезного ископаемого является составной частью общего комплекса гидрогеологических исследований, выполняемых в процессе разведки месторождений твердых полезных ископаемых в целях их геолого-экономической оценки. В связи с этим такое изучение подземных вод должно проводиться в соответствии с основными стадиями геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые: на стадиях предварительной и детальной разведки, доразведки и эксплуатационной разведки.

5.2. На стадии предварительной разведки месторождений наряду с исследованием общих геолого-гидрогеологических условий, изучаемых в целях разведки основного полезного ископаемого, должно выясняться формирование эксплуатационных запасов дренажных подземных вод. Необходимо получить информацию, позволяющую выявить и предварительно количественно оценить граничные условия водоносных горизонтов и источники формирования эксплуатационных запасов, охарактеризовать качество дренажных подземных вод и определить виды их возможного использования.

В отличие от задач оценки водопритоков в горные выработки следует обратить внимание на те источники формирования запасов дренажных вод и граничные условия горизонтов, которые обуславливают гарантированные величины водопритоков и соответственно водоотбора для целей водоснабжения. Например, важно установить наличие или отсутствие непроницаемых границ водоносных горизонтов, перетекания, степени гидравлической взаимосвязи с рекой. Гидрогеологические работы ставятся не только на собственно месторождении, но и в его районе для изучения и обоснования в расчетных схемах естественных граничных условий основных водоносных горизонтов. Следует также предусмотреть оценку прогнозных изменений граничных условий под влиянием горных разработок и осушения месторождения или подтверждение сохранения их постоянства в течение периода, на который оцениваются эксплуатационные запасы дренажных вод по категории C_2 или внекатегорийно (согласно п.3.5).

5.3. На стадии детальной разведки месторождений гидрогеологические исследования, учитывающие необходимость получения информации для оценки эксплуатационных запасов дренажных вод по промышленным категориям (см. п.3.4), проводятся применительно к проектным проработкам по способам отработки и осушения месторождения твердого полезного ископаемого, а также, имея ввиду возможные варианты водоотбора дренажных вод для водоснабжения. При этом главным образом изучаются гидрогеологические особенности водоносных горизонтов или массивов пород на участках размещения основных дренажных горных выработок и осушительных систем скважин. Надежно определяются гидрогеологические параметры, обуславливающие условия и степень взаимодействия проектирующихся водо-

приемных и водозаборных систем на разведуемом месторождении между собой и с осушительными системами других месторождений и водозаборами подземных вод, имеющимися в районе. На участках, разделяющих изучаемое месторождение и отдаленные осушительные и водозаборные сооружения, следует определить гидрогеологические параметры водоносных горизонтов и изучить режим подземных вод.

Должное внимание должно быть уделено оценке возможной гидравлической взаимосвязи водоносных горизонтов с проектируемыми техническими водоемами, каналами и в этой связи со степенью загрязнения дренажных вод. Значительные дополнительные исследования на месторождении и в районе необходимы для прогнозной оценки качества дренажных вод в условиях возможного подтягивания к осушительным системам контура соленых вод по дренируемому водоносному горизонту или соленых вод нижележащих горизонтов.

5.4. На стадии доразведки месторождений гидрогеологические исследования могут быть связаны с геологоразведочными работами на ранее разведанных, но не вовлеченных в эксплуатацию месторождениях.

В этом случае следует учитывать, что прежние гидрогеологические работы могли не предусматривать получение дополнительной информации, необходимой для оценки эксплуатационных запасов дренажных вод (поскольку эта задача в прошлые годы не ставилась), либо ранее проведенные работы не в полной мере соответствуют новым пересмотренным проектным решениям по способам вскрытия и осушения месторождения. Постановка гидрогеологических исследований должна быть аналогична исследованиям на стадии детальной разведки впервые разведуемых месторождений.

При гидрогеологических исследованиях на стадии доразведки нередко имеют место также случаи, когда доизучаются фланги или более глубокие горизонты эксплуатируемых месторождений.

Для оценки эксплуатационных запасов дренажных вод в этих случаях требуется предусмотреть получение новых гидрогеологических данных с учетом развития горных и осушительных работ на доразведуемых участках месторождения и использования в наиболь-

шей мере материалов по опыту отработки и осушения промышленно освоенной части месторождения, в отношении режима водопритоков и уровней подземных вод, формирования химического состава и качества дренажных вод.

5.5. На стадии эксплуатационной разведки месторождения, когда гидрогеологические работы направлены на обеспечение деятельности горнодобывающего предприятия, они должны предусматривать получение также данных для переоценки эксплуатационных запасов дренажных вод. Необходимость переоценки запасов может возникнуть, если завершается период времени, на который они были оценены ранее, или происходит изменение горнотехнических условий на руднике (шахте), вызывающее также существенное изменение водопритоков в горные выработки и величины водоотбора дренажных вод.

Переоценка запасов может производиться и для обоснования более рационального режима эксплуатации действующего на месторождении водозабора дренажных вод, что осуществляется на основании данных его предыдущей работы.

На разрабатываемых месторождениях твердых полезных ископаемых могут быть случаи оценки эксплуатационных запасов дренажных вод, необходимость которой возникла впервые. Такая оценка должна осуществляться, главным образом, на основе анализа и обобщения данных гидрогеологических наблюдений, производящихся в процессе добычи полезного ископаемого.

При малых объемах и нерегулярном характере гидрогеологических наблюдений или их отсутствии они должны быть организованы и проводиться в горных выработках и по режимным скважинам. В результате должна быть получена информация о величинах и режиме водопритоков в горные выработки и дебитов осушительных систем (суммарно, по участкам и основным устройствам), а также о формирующемся режиме подземных вод и качестве дренажных вод. Продолжительность наблюдений должна обеспечить выявление сезонной изменчивости и общей направленности изменения наблюдаемых показателей и их зависимости от горнотехнических факторов.

5.6. Общий комплекс гидрогеологических исследований при разведке месторождений может быть значительно расширен с учетом решения задач по оценке эксплуатационных запасов дренажных вод, особенно на месторождениях 2-й и 3-й групп соответственно со сложными и весьма сложными гидрогеологическими и горнотехническими условиями, согласно группировке месторождений дренажных вод (п.3.2).

При необходимости решения вопросов водоснабжения в периоды, не совпадающие со стадиями разведки месторождений твердых полезных ископаемых, для оценки эксплуатационных запасов дренажных вод могут проводиться специальные гидрогеологические работы по самостоятельным проектам.

5.7. Поскольку водоотбор дренажных вод производится большей частью, особенно для технического водоснабжения, из тех же горных выработок и водопонизительных систем, которые обеспечивают эксплуатацию и осушение месторождений, то проведение гидрогеологических исследований, включая изучение подземных вод, как попутного полезного ископаемого, должно осуществляться с учетом способов и систем разработки и осушения месторождений.

5.8. Два основных и преобладающих в практике горных работ способа разработки месторождений - открытый и подземный, каждый по-своему может предопределять условия и источники формирования эксплуатационных запасов дренажных вод.

При открытом способе разработки карьером вскрываются все водоносные горизонты и комплексы в пределах его глубины и соответственно все они участвуют в формировании дренажных вод и подлежат изучению.

При подземном способе отработки, например, горизонтальных и наклонных залежей полезных ископаемых, может появиться возможность не производить осушение верхних водоносных горизонтов, когда между ними и расположенными ниже горизонтами горных выработок залегают водоупорные породы. Верхние водоносные горизонты могут практически не участвовать в формировании дренажных вод или будут только частично привлекаться к их формированию за счет перетекания через слабо проницаемый водоупор, изучение которого

приобретает важное значение. Верхние водоносные горизонты можно детально не изучать с точки зрения оценки эксплуатационных запасов дренажных вод.

5.9. Определенное значение для формирования дренажных вод и их изучения имеют применяемые системы горных разработок, определяющие характер техногенных граничных условий на контурах дренажей.

На карьерах прямоугольной формы предельного контура разработок применяется (обычно на горизонтальных и пологих залежах) параллельное и реже веерное перемещение рабочих бортов, сопровождающееся дренированием подземных вод вдоль линейно вытянутого перемещающегося параллельно самому себе контура без существенного углубления.

На карьерах круглой или эллипсообразной формы используется (часто на крутопадающих залежах) радиальное перемещение фронта горных работ, при котором характерно дренирование подземных вод по типу "большого колодца" с углублением его дна во времени.

Применяется и должно учитываться и комбинированное перемещение фронта горных работ и осушения пород.

Все многообразие систем подземных разработок с рассматриваемых позиций можно сгруппировать в две системы:

- с креплением и закладкой выработанного пространства без существенного нарушения и увеличения водопроницаемости пород кровли горных выработок;

- обрушением кровли горных разработок, сопровождающимся сильным нарушением и многократным увеличением водопроницаемости массива горных пород, нередко распространяющихся вплоть до поверхности земли.

В первом случае возможна локализация дренирования подземных вод на горизонтах горных работ, во втором - дренирование распространяется на водоносные горизонты и комплексы выше горных разработок. В соответствии со вторым случаем необходимы гидрогеологические изучения всего геологического разреза и оценка развития зоны водопроводящих трещин над отработанным пространством. Потребуется также изучить возможность активизации гидравлической взаимосвязи подземных вод и поверхностных водоемов и водотоков.

5.10. В зависимости от применяемых способов осушения месторождений происходит поинтервальный по глубине или суммарный водоотбор на конечной глубине горных работ, осуществляется раздельный или общий отбор подземных вод из основных водоносных горизонтов и на разных флангах месторождения. От этого также зависит, попадают ли дренажные воды в зону эксплуатационных горных работ, подвергаются ли загрязнению и гидрогеохимическому преобразованию или отбираются дренажными устройствами вне этой зоны, сохраняя свой природный состав и качество. В соответствии с указанными обстоятельствами проводится осредненное определение гидрогеологических и гидрогеохимических показателей или осуществляется их детализация по глубинам, участкам и флангам шахтных и рудных полей.

Для поверхностного способа осушения, использующего водопонижающие и водопоглощающие скважины, дренажные траншеи, иглофильтровые установки и горизонтальные скважины на бортах карьеров, характерна возможность водоотбора подземных вод на внешних контурах горных разработок до активного техногенного воздействия на них. Дренажные устройства этого способа осушения могут рассматриваться по отношению к горным разработкам как внешние системы осушения, упоминавшиеся в предыдущих разделах методических рекомендаций. Водоотбор из них может использоваться для хозяйственно-питьевого водоснабжения при соответствующем изучении качества воды.

Подземный способ осушения месторождений, осуществляющийся с использованием дренажных горных выработок с восстающими и опережающими горизонтальными скважинами, сквозными фильтрами, трубчатыми колодцами и забивными фильтрами, обеспечивает водоотбор, совпадающий в основном в плане с развитием горных разработок. Подземные воды нередко поступают при этом не только в специальные дренажные горные выработки, но и в подготовительные и откаточные эксплуатационные выработки, в которых подвергаются смешению и загрязнению.

При развитии дренажных подземных выработок за контуры горных разработок они могут являться внешними системами осушения. Дренажные скважины таких систем могут соединяться единым коллек-

тором, с помощью которого подземные дренажные воды защищаются от загрязнения в горных выработках и подаются к потребителям хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Комбинированный способ осушения сочетает возможности поверхностного и подземного способов.

В процессе гидрогеологических исследований на эксплуатируемых месторождениях, где осуществляются определенные способы осушения, большое внимание должно быть уделено изучению режима притоков дренажных вод и их качества в зависимости от действующих природных и горнотехнических факторов по всем основным элементам и устройствам осушительных систем.

5.II. Некоторые особенности гидрогеологических исследований с целью оценки эксплуатационных запасов месторождений дренажных подземных вод присущи определенным типам этих месторождений, выделенным в п.2.I по геолого-гидрогеологическому строению и условиям формирования запасов дренажных вод. Причем следует учитывать, что рассматриваемые далее особенности исследований в указанных целях отражают только часть общего комплекса гидрогеологических работ, которые выполняются при изучении месторождений твердых полезных ископаемых для решения всего круга гидрогеологических задач их освоения. Большей частью эти особенности имеются в виду при проектировании на месторождениях всего комплекса гидрогеологических работ, но вместе с тем им должно уделяться дополнительное внимание в связи с оценкой эксплуатационных запасов дренажных вод.

5.I2. На месторождениях I типа (п.2.2), связанных с многослойными толщами артезианских бассейнов и характеризующихся широким площадным развитием пластовых водоносных горизонтов, важны исследования в региональном плане. Они должны выявить (в изученных районах для этого обобщаются имеющиеся материалы, в том числе результаты разведочных работ на подземные воды) изменения фильтрационных и емкостных свойств водоносных горизонтов и слабо проницаемых разделяющих пластов по площади; условия взаимосвязи водоносных горизонтов между собой, включая верхние безнапорные горизонты, и с поверхностными водотоками и водоемами. Изучение взаимосвязи пластов в верхней части разреза и с поверх-

ностными водами наибольшее значение может приобрести на месторождениях подтипа I-Б (п.2.3) в краевых частях артезианских бассейнов, межгорных впадинах, где влияние осушения достигает зоны выхода водоносных пластов на дневную поверхность или под рыхлые покровные отложения. На месторождениях этого подтипа следует проводить также балансовые исследования по изучению условий и определению величин питания и разгрузки основных водоносных горизонтов. При влиянии поверхностного стока на формирование эксплуатационных запасов дренажных вод требуются данные гидрометрических работ.

Изучение разделяющих пластов имеет существенное значение на месторождениях I типа в условиях, когда при подземной отработке месторождений они экранируют верхние водоносные горизонты, которые непосредственно не осушаются, но участвуют в формировании эксплуатационных запасов дренажных вод за счет перетекания.

При открытых горных разработках, предусматривающих обычно полное осушение вскрываемой толщи пород, изучение разделяющих пластов необходимо в случаях раздельного водоотбора из водоносных горизонтов с пресными и из горизонтов с солеными водами, если в условиях нарушенного технологического режима ожидается или происходит активизация их гидравлического взаимодействия.

Учитывая возможность развития крупных депрессионных воронок и взаимодействия осушительных систем и водозаборов подземных вод, необходимы опытно-фильтрационные исследования с проведением длительных кустовых или групповых откачек с этажно расположенными наблюдательными скважинами и с установкой в некоторых случаях датчиков порового давления в разделяющих пластах. Наиболее эффективно задачи опытно-фильтрационных исследований решаются по данным промышленного осушения месторождений.

На месторождениях глубокого залегания твердых полезных ископаемых и возрастания минерализации подземных вод с глубиной требуется установить гидрогеохимическую зональность по геологическому разрезу и по площади в целях прогнозной оценки изменения качества дренажных вод на основных этапах эксплуатации твердых полезных ископаемых.

В связи с использованием при оценке эксплуатационных запасов дренажных вод на месторождениях I типа в основном гидродинамического метода для обоснования аналитических расчетных схем и особенно геофильтрационных моделей, реализуемых на ЭВМ, необходима достаточно обширная гидрогеологическая информация, требующая значительных объемов исследований и широкого обобщения региональных материалов. В сложных условиях многопластовых водонапорных систем, имеющих гидравлическую взаимосвязь с безнапорными горизонтами грунтовых вод и поверхностными водами, и взаимодействия между собой нескольких систем водоотбора, а также при соответствующей высокой степени гидрогеологической изученности преимущество должно отдаваться применению методов моделирования на ЭВМ.

Изучению закономерностей распространения водоносных горизонтов и условий формирования подземных вод в региональном плане должно в основном обеспечиваться исследованиями на стадии предварительной разведки основного полезного ископаемого. В этих целях используются материалы ранее проведенных гидрогеологических съемок или же при их отсутствии съемочные работы осуществляются в процессе разведочных работ.

Детализация и количественная оценка гидравлической взаимосвязи водоносных горизонтов через разделяющие слои с поверхностными водами, а также особенностей граничных условий водоносных горизонтов вблизи горных разработок и на участках водопонизительных систем осуществляются на стадии детальной разведки и на последующих стадиях. В сложных условиях (месторождения 2-й и 3-й группы сложности, см. п.3.2) эффективно эти задачи могут решаться в первые годы промышленного освоения и последующей эксплуатации месторождения на основе стационарных наблюдений за водопритоками в горные выработки, водоотбором осушительных систем и режимом подземных вод по сети скважин в районе месторождения.

5.13. На месторождениях II типа (п.2.4), приуроченных к трещиноватым закарстованным породам, большое значение имеет изучение распространения и изменчивости водообильности водоносных горизонтов и комплексов трещинно-карстовых вод во взаимосвязи с характером и степенью закарстованности пород, а также выявление

и определение гидрогеологических характеристик наиболее высоко проницаемых и водообильных зон, связанных с сильно закарстованными породами речных долин, крупных разломов и других структурных элементов. В массивах закарстованных пород необходимо установить глубину развития карста и характер изменения проницаемости пород в разрезе, от чего зависят рациональные глубины водоотбора дренажных вод и возможное прекращение увеличения водопритоков в горные выработки, несмотря на их дальнейшее углубление.

Должного внимания требует изучение покровных отложений, перекрывающих водоносные горизонты и комплексы трещинно-карстовых вод, характера сложенной ими зоны аэрации, роли этих отложений в формировании ресурсов подземных вод как регулятора питания трещинно-карстовых вод за счет атмосферных осадков и степени связи с поверхностными водотоками.

Для месторождений подтипа П-А (п.2.4), не связанных с поверхностными водами, внимание должно быть дополнительно обращено на получение характеристики баланса подземных вод, выделение и изучение участков питания и разгрузки подземных вод, связанных с ландшафтно-климатическими условиями района и формированием подземного стока трещинно-карстовых вод (испарение и транспирация, инфильтрация осадков и поглощение водотоков, родниковый сток).

На месторождениях подтипа П-Б (п.2.4), связанных с поверхностными водами , дополнительного изучения требуют взаимосвязь поверхностных и подземных вод, гидрологический режим водотоков и водоемов, условия и величины восполнения запасов трещинно-карстовых вод в долинах рек с сезоным стоком, фильтрационные свойства подрусловых отложений.

Для месторождений II типа важным является изучение на всех стадиях исследований режима подземных вод, установление сезонных и многолетних его характеристик во взаимосвязи с водностью лет и внутригодовой цикличностью метеорологических показателей, а при доразведке и эксплуатационной разведке - с проявлением также горнотехнических факторов (углублением горных работ, развитием осушительных систем и их дебитов, вскрытием дренажными выработками водообильных зон).

В связи с большой пространственной изменчивостью фильтрационных свойств закарстованных пород важное значение при разведке твердых полезных ископаемых придается опытно-фильтрационным исследованиям, результаты которых требуются в рассматриваемых условиях прежде всего для выбора и обоснования систем осушения. В стадию предварительной разведки в значительных объемах проводятся преимущественно одиночные поинтервальные откачки и нагнетания и частично кустовые откачки на характерных участках по закарстованности пород. При всей важности таких работ, с точки зрения оценки эксплуатационных запасов дренажных вод в эту стадию, преимущественное значение имеют исследования условий питания и разгрузки трещинно-карстовых вод и определение балансовых составляющих их естественных ресурсов.

Значимость опытно-фильтрационных работ непосредственно для оценки эксплуатационных запасов возрастает, когда в стадию детальной разведки или доразведки твердого полезного ископаемого осуществляется, как это нередко требуется для изучения сложных гидрогеологических условий карстовых районов (месторождения 2-й и 3-й групп сложности), опытно-промышленное водопонижение, обеспечивающее большую информативность в части изучения формирования эксплуатационных запасов дренажных вод совместно с продолжающимися в эту стадию другими видами работ(балансовых,гидрологических,стационарных гидрогеологических исследований).

По данным собственно откачек оценка эксплуатационных запасов дренажных вод на стадии детальной разведки может быть произведена гидравлическим методом на месторождениях этих вод, приуроченных к неравномерно трещиноватым и закарстованным породам зон крупных разломов.

Для месторождений II типа (п.2.4) со сложными и весьма сложными условиями (2-я и 3-я группы, п.3.5) достаточно обоснованное определение эксплуатационных запасов дренажных вод может быть выполнено в стадии доразведки и эксплуатационной разведки на основании данных опыта многолетнего промышленного осушения месторождения и режимных гидрогеологических и гидрологических наблюдений в районе месторождения.

Оценку эксплуатационных запасов дренажных вод месторождений II типа целесообразно выполнять балансовым методом, методом

аналогии и гидравлическим методом. Возможно ограниченное применение аналитических расчетов при обосновании допустимости осреднения гидрогеологических параметров горизонтов трещинно-карстовых вод. При многолетних рядах наблюдений за водопритоками в горные выработки эксплуатируемых месторождений и зависимости притоков воды от режима речного стока применимы вероятностно-статистические методы.

Определение запасов дренажных вод должно подтверждаться балансовой оценкой их обеспеченности.

На месторождениях в карстовых районах высокой степени изученности в практике исследований и, частично, оценки запасов дренажных вод широко применялись методы математического моделирования, которое базируется на многолетнем опыте эксплуатации месторождений и изучении нарушенного при этом режима подземных вод.

5.14. На месторождениях III типа (п.2.5), связанных с массивами трещиноватых магматических и метаморфических пород, исследования должны быть направлены на изучение распространения, мощности и фильтрационных свойств водоносного комплекса зоны экзогенной трещиноватости и зон тектонических нарушений, обуславливающих распространение трещинно-жильных вод ниже верхней трещиноватой части массива пород.

При большой мощности (200-300 м) водоносной зоны экзогенной трещиноватости следует обратить внимание на выявление ее гидродинамической зональности, обусловленной уменьшением трещиноватости и водопроницаемости пород с глубиной. Высоко проницаемые тектонические зоны требуют к себе внимания, так как с ними может быть связана возможность отбора дренажных вод на нижних горизонтах рудников глубже зоны экзогенной трещиноватости, а при наличии реки вблизи горных разработок - наиболее активное участие речных вод в формировании ресурсов дренажных вод.

При наличии покровных отложений необходимо установить их роль в снижении степени инфильтрационного питания трещинных вод, а в случае существенной водоносности этих отложений требуется оценить их как источник привлекаемых ресурсов.

С позиции формирования эксплуатационных запасов дренажных вод значительное внимание должно быть уделено определению величин возможного восполнения ресурсов трещинных вод в условиях осушения месторождений за счет сокращения естественной разгрузки этих вод (на месторождениях подтипа Ш-А) и связи с речными водами (на месторождениях подтипа Ш-Б, см.п.2.5).

Оценка эксплуатационных запасов дренажных вод производится балансовым методом, методом аналогии и гидравлическим методом. На месторождениях с простыми условиями (I-я группа по сложности) при сравнительно однородном по фильтрационным свойствам комплексе трещиноватых вод возможно применение аналитических расчетов. Результаты определения запасов дренажных вод должны опираться на балансовую оценку их обеспеченности.

В соответствии с применяемыми методами оценки эксплуатационных запасов дренажных вод на стадии предварительной разведки большее внимание обращается на изучение общих гидрогеологических условий месторождения и предварительное определение балансовых составляющих ресурсов подземных вод. В процессе детальной разведки, когда выявляется резкая фильтрационная неоднородность тектонических нарушений, на месторождениях 2-й и 3-й групп сложности (п.3.5) количественная оценка их водообильности производится гидравлическим методом. Более достоверно изучается связь горизонта трещинных вод с рекой.

На стадиях доразведки и эксплуатационной разведки важное значение приобретает обобщение данных о водопритоках при разных глубинах горных разработок. Выявляющиеся при этом закономерности изменения водопритоков с ростом глубины горных выработок являются хорошим обоснованием оценки запасов дренажных вод гидравлическим методом.

5.15. Месторождения IУ типа (п.2.6) приурочены к массивам ритмично переслаивающих литифицированных пород краевых прогибов, мульд с развитием на каждом месторождении разнообразных типов подземных вод. В этой связи на первых этапах разведочных работ (предварительная разведка) основное внимание уделяется расчленению гидрогеологического разреза и предварительной количественной оценке выделенных водоносных горизонтов и зон в увязке с

геолого-структурным положением месторождения. Должны быть получены представления о развитии трещинно-грунтовых вод верхней зоны экзогенной трещиноватости, трещинно-пластовых напорных горизонтов и наложенных на них трещинных и трещинно-жильных водоносных комплексов.

На месторождениях подтипа IУ-Б (п.2.6) выявляется взаимосвязь подземных вод с поверхностными водами. Изучение режима подземных вод должно быть направлено на установление его особенностей в различных гидродинамических зонах массива пород и у рек. На последующих стадиях изучения и освоения месторождений расширяются опытно-фильтрационные исследования (одиночные и кустовые откачки) на месторождении и, если необходимо, в долине реки. На эксплуатируемых месторождениях и на шахтах-аналогах изучаются закономерности формирования водопритоков в зависимости от вскрытия горными выработками основных водоносных пластов и трещинных зон, глубины горных разработок, величин снижения напоров, действующих горнотехнических факторов (темпы добычи, площадь развития горных выработок и т.п.).

Получаемая информация используется в конечном счете в целях обоснования и применения метода аналогии для оценки эксплуатационных запасов дренажных вод. При этом фактическим материалом подтверждается аналогия сравниваемых месторождений, применимость имеющихся эмпирических зависимостей или вывод новых. Метод аналогии широко применим на рассматриваемых месторождениях, на них может использоваться и вероятностно-статистический метод. На месторождениях с относительно простыми условиями (1-я и частично 2-я группы по сложности), которые могут быть сведены к определенной расчетной схеме, применяется аналитйческий метод оценки эксплуатационных запасов дренажных вод.

5.16. На месторождениях У типа (в отложениях речных долин, см. п.2.7) основное значение имеет изучение роли поверхностного стока в формировании эксплуатационных запасов дренажных вод, что проявляется при горных разработках ниже уровня речных вод. Внимательному изучению должны быть подвергнуты гидравлическая взаимосвязь подземных вод с рекой и гидрологический режим, особенно малых рек с периодическим стоком, которые не обеспечивают в ме-

женный период или в маловодные годы постоянную загрузку водоотливных установок и осушительных устройств и соответственно гарантированный водоотбор дренажных вод для водоснабжения.

Подлежат изучению геолого-гидрогеологическое строение долины, включая коренные породы (в случае их разработки), фильтрационные характеристики водовмещающих пород, возможная их изменчивость, параметры русла реки и качество речных вод в различные сезоны года. На месторождениях с неполным обеспечением эксплуатационных запасов дренажных вод за счет речного стока необходима оценка емкостных свойств аллювиальных и осушаемых коренных пород, емкостные запасы вод в которых играют регулирующую роль.

Большое значение придается опытно-фильтрационным исследованиям, имея в виду определение, кроме гидрогеологических параметров водоносных горизонтов, суммарного гидравлического сопротивления ΔL и пропускной способности русла реки, характеризующейся параметром A_o. При значительных глубинах горных разработок определяется вертикально-горизонтальная анизотропия фильтрационных свойств водоносных пород. В этих целях проводятся специальные кустовые откачки, при которых, в случае большой мощности неоднородных аллювиальных отложений на луче, перпендикулярном реке, оборудуются в одних и тех же точках совершенные и несовершенные скважины с пьезометрами на разных глубинах.

На стадии предварительной разведки выявляются основные гидрогеологические особенности всего отрезка речной долины, который может быть вовлечен в сферу влияния осушения полезного ископаемого. При детальной разведке внимание сосредотачивается на участке развития наиболее активной связи водоотливных и осушительных установок с рекой. Оценку процессов кольматации, проявляющихся в течение продолжительного действия систем осушения (или водоотбора дренажных вод), эффективно можно осуществить по методу аналогии на основе данных опыта эксплуатации осушаемых месторождений или действия инфильтрационных водозаборов подземных вод.

Оценка эксплуатационных запасов дренажных вод на месторождениях У типа (п.2.7) может выполняться аналитическим методом, наиболее приемлемо это для месторождений 1-й и частично 2-й

групп сложности (п.3.4). Для обоснования обеспеченности запасов при неравномерном речном стоке используются вероятностно-статистические методы.

На месторождениях (преимущественно 3-й группы) с большой мощностью неоднородного по фильтрационным свойствам аллювия и многослойного строения водовмещающего комплекса пород (при отработке коренных пород) целесообразно применение методов математического моделирования. При моделировании, наряду с отмеченными природными особенностями, может более обоснованно учтено гидравлическое взаимодействие внешнего кольца или ряда водопонизительных скважин и внутренних дренажных устройств или водоотлива, а такое сочетание элементов осушительных систем на месторождениях в отложениях речных долин достаточно характерно.

В каждом конкретном случае содержание, виды и объемы работ определяются проектами гидрогеологических работ с учетом фактической степени изученности месторождения и района, стадии разведки или промышленного освоения месторождения.

6. ОТЧЕТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В отчеты по подсчету эксплуатационных запасов твердых полезных ископаемых оценка эксплуатационных запасов дренажных вод представляется частью главы "Гидрогеологические условия" (для простых условий и малых запасов), самостоятельной главой или самостоятельным томом (для сложных условий и больших величин эксплуатационных запасов, исчисляемых сотнями тысяч кубических метров в сутки).

Главы по подсчету эксплуатационных запасов дренажных вод составляются в соответствии с инструкцией о содержании, оформлении и порядке представления в ГКЗ СССР и ТКЗ материалов по подсчету эксплуатационных запасов питьевых и технических подземных вод", но в более сжатом виде /4/.

Текстовая часть отчета по оценке эксплуатационных запасов дренажных вод составляется по схеме:

Введение.

Общие сведения о месторождении, системе его разработки.

Методика специальных работ для оценки запасов дренажных вод.

Гидрогеологические условия.

Источники формирования дренажных вод.

Система дренажа месторождения (системы водопонизительных скважин на поверхности и дренажных устройств в подземных горных выработках).

Оценка качества дренажных вод, их загрязненности.

Подсчет эксплуатационных запасов дренажных вод, их категоризация.

Рекомендации по возможному использованию дренажных вод.

В приложения входят следующие таблицы:

- опробования водопонизительных скважин;
- замеров водопритоков в подземных горных выработках;
- эксплуатационных запасов дренажных вод по отдельным участкам месторождения;
- химического состава дренажных вод;
- содержания тяжелых и редких элементов в дренажных водах.

Графические приложения содержат:

- гидрогеологическую карту месторождения масштаба 1:10 000-1:5000;
- схему водоотлива рудника, шахты или карьера;
- схему подсчета эксплуатационных запасов дренажных вод.

Список использованных источников

1. Биндеман Н.Н., Язвин Л.С. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод. - М.: Недра, - 1970.

2. Боревский Б.В., Дробноход Н.И., Язвин Л.С. Оценка запасов подземных вод. - Киев, Высшая школа, - 1989.

3. Бочевер Ф.М. Теория и практические методы гидрогеологических расчетов эксплуатационных запасов подземных вод. - М.: Недра, - 1968.

4. Инструкция о содержании, оформлении и порядке представления в ГКЗ СССР и ТКЗ материалов по подсчету эксплуатационных запасов питьевых и технических подземных вод. - М.: ГКЗ при СМ

СССР, - 1984.

5. Инструкция по применению "Классификации эксплуатационных запасов подземных вод к месторождениям питьевых и технических вод". - М.: ГКЗ при СМ СССР, - 1985.

6. Классификация эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод. - М.: ГКЗ СМ СССР, - 1985.

7. Справочное руководство гидрогеолога. - Л.: Недра, - 1979.

8. Требования к изучению и подсчету эксплуатационных запасов подземных вод, участвующих в обводнении месторождений твердых полезных ископаемых. - М.: ГКЗ СССР, 1986.

gost.e-ecolog.ru