

И.В. Абатурова



**ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
ГОРНО-СКЛАДЧАТЫХ ОБЛАСТЕЙ**

УДК 624.131.1
ББК 551.36
А13

Научный редактор:
доктор геол.-мин. наук, профессор **О.Н. Грязнов**

Рецензент:
зав. лаб. региональной геологии и геотектоники ИГГ УрО РАН,
доктор геол.-мин. наук **К.С. Иванов**

Абатурова И.В.
А 13 **Оценка и прогноз инженерно-геологических условий месторождений твердых полезных ископаемых горно-складчатых областей.** Научное издание / И.В. Абатурова. ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет». Екатеринбург, 2011. 226 с.

ISBN 978-5-8019-0293-7

Изучение, постановка и решение вопросов формирования инженерно-геологических условий их оценки и прогноза является сложной и актуальной задачей разработки месторождений твердых полезных ископаемых, как одного из моментов определяющих безопасность горных работ и экономическую ценность полезного ископаемого. При решении таких задач необходимо использовать комплекс методов инженерной геологии и смежных наук.

Работа рассчитана на специалистов в области геологии, инженерной геологии месторождений полезных ископаемых. Рекомендуется для использования при чтении курса «Инженерная геология месторождений полезных ископаемых».

УДК 624.131.1
ББК 551.36

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (Госконтракт № 02.740.11.0679 от 29.03.2010 г.), руководитель проекта профессор О.Н. Грязнов.

ISBN 978-5-8019-0293-7

© ФГБОУ ВПО «Уральский
государственный горный
университет», 2011
© Абатурова И.В., 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Глава 1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ, ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗА ИЗМЕНЕНИЯ ИГУ МТПИ ГОРНО-СКЛАДЧАТЫХ ОБЛАСТЕЙ.....	6
1.1. Задачи инженерно-геологических работ при разведке месторожде- ний твердых полезных ископаемых	6
1.2. Особенности методики изучения инженерно-геологических условий месторождений твердых полезных ископаемых	7
1.3. Инженерно-геологическая типизация месторождений твердых полезных ископаемых и методы изучения инженерно-геологических условий	10
1.4. Комплекс задач, решаемых при прогнозе условий отработки место- рождений твердых полезных ископаемых.....	13
Выводы	17
Глава 2. ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	18
2.1. Структура и функциональные элементы модели природно-техничес- кой системы месторождений твердых полезных ископаемых.....	19
2.1.1. Элементы системы	19
2.1.2. Условия функционирования, компоненты и таксономические единицы области взаимодействия природно-технической системы	22
2.2. Типизация месторождений твердых полезных ископаемых по инженерно-геологическим условиям их отработки	41
Выводы	47
Глава 3. ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ПРОГНОЗА ИХ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ГОРНО-СКЛАДЧАТЫХ ОБЛАСТЯХ.....	49
3.1. Инженерно-геологические условия месторождений со сложными условиями отработки.....	54
3.1.1. Золоторудные месторождения Северного и Южного Урала.....	54
3.1.2. Фосфоритовые месторождения Полярного Урала	102
3.2. Инженерно-геологические условия месторождений с условиями отработки средней сложности	119
3.2.1. Золоторудные месторождения Полярного Урала	120
3.2.2. Хромитовые месторождения Полярного Урала	149
3.2.3. Золоторудные месторождения Восточной Сибири.....	168
3.2.4. Урановые месторождения Восточной Сибири	185
3.3. Инженерно-геологические условия месторождений с простыми условиями отработки.....	202
Выводы	207
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	210
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	211

ВВЕДЕНИЕ

С распадом СССР основной объем твердого минерального ресурса оказался за пределами России, поэтому создание минерально-сырьевой базы страны требует введения в строй новых месторождений. Одним из основных разделов геологии месторождений твердых полезных ископаемых (МТПИ) является инженерная геология месторождений, которая исследует широкий круг геологических и практических задач, возникающих при разведке месторождений, проектировании, строительстве и эксплуатации горных предприятий по добыче и переработке руд цветных, черных благородных, редких, радиоактивных металлов, горно-химического сырья и строительных материалов.

Проектирование шахт, карьеров и всей инфраструктуры горно-технических предприятий в ряде случаев более ответственная задача, чем любых других инженерных сооружений, поэтому инженерно-геологическое изучение месторождений твердых полезных ископаемых имеет свои особенности: 1) значительная мощность тел горных пород, в которых закладываются выработки, достигающая сотен метров; 2) горный массив является одним из основных конструктивных элементов всей горно-технической системы; 3) карьеры и шахты существенно влияют на изменение природной обстановки, и это влияние распространяется на площади, превышающие размеры месторождения в плане иногда в десятки и тысячи раз; 4) существенные изменения инженерно-геологических условий (ИГУ) месторождений полезных ископаемых на больших площадях требуют разномасштабного подхода к изучению; 5) проходка горных выработок нарушает естественное напряженное состояние горных пород, вследствие чего развиваются инженерно-геологические процессы, осложняющие ведение горных работ, зачастую имеющие катастрофический характер, представляющие угрозу жизни людей. Борьба с уже возникшими и развивающимися явлениями в большинстве случаев оказывается более сложной, чем их прогноз и разработка профилактических мероприятий.

Изучение, постановка и решение задач формирования инженерно-геологических условий, их оценки и прогноза развития должны осуществляться последовательно, начиная с поисково-оценочных стадий, и продолжаться на стадиях эксплуатации месторождения.

Различные аспекты данной проблемы освещены в работах А.Ф. Алексеева, Э.И. Афанасиади, Г.К. Бондарика, К.-А.К. Вайтекунаса, Г.А. Голодковской, О.Н. Грязнова, О.М. Гуман, С.Г. Дубейковского, И.П. Иванова, Г.Н. Кашковского, В.И. Кузькина, В.Д. Ломтадзе, П.Н. Панюкова, М.Е. Певзнера, Г.Г. Скворцова, Б.В. Смирнова, Г.Л. Фисенко, В.В. Фромма, Н.С. Шабалиной, Л.В. Шаумян, Л.А. Ярг и др. При этом большая часть работ датирована прошлым веком. В современных условиях использование новых методов и технологий ведения геолого-разведочных и горных работ предъявляют и новые требования к изучению, оценке и прогнозу ИГУ МТПИ.

Настоящая работа посвящена теоретическому и методологическому обоснованию особенностей изучения, оценки и прогноза ИГУ МТПИ на базе разработанной научно обоснованной модели природно-технической системы МТПИ, в основе которой лежат элементы системы, условия их функционирования и компоненты, определяющие устойчивость горных сооружений и сложность ИГУ их отработки.

Предлагаемый алгоритм изучения, оценки и прогноза ИГУ рассмотрен на одиннадцати МТПИ различной категории сложности ИГУ. При решении поставленных задач использовался широкий комплекс методов инженерной геологии и смежных наук, включающий изучение геолого-структурных условий, физико-механических свойств, параметров геотермического и геодинамического состояния. Кроме известных геологических методов, широко использовались методы математической статистики, геоинформатики и геомеханики.

Монография состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы, включающего 302 наименования.

В первой главе рассмотрены основные вопросы и проблемы, связанные с изучением ИГУ МТПИ. Вторая глава посвящена теоретическим и методологическим аспектам модели природно-технической системы (ПТС) МТПИ и типизации месторождений по сложности ИГУ их разработки. В третьей главе изложены экспериментальное подтверждение и проверка разработанных теоретических и методологических положений на основе их реализации на одиннадцати МТПИ.

Основанием для решения поставленных задач изучения, оценки и прогноза ИГУ МТПИ стали результаты исследований, полученные лично автором или совместно с сотрудниками кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии (ГИГ) Уральского государственного горного университета (УГГУ) в период с 1985 по 2011 гг. при проведении научно-исследовательских работ, а также при работах ООО НПЦ «ГИНГЕО» на месторождениях Урала и Восточной Сибири, запасы которых утверждены в ГКЗ, ТКЗ.

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (Госконтракт № 02.740.11.0679 от 29.03.2010 г.).

Автор выражает искреннюю признательность доценту, кандидату геол.-минер. наук Э.И. Афанасиади, профессору, докт. геол.-минер. наук О.Н. Грязнову, профессору, докт. геол.-минер. наук В.Б. Писецкому, профессору, докт. геол.-минер. наук Л.А. Ярг за ценные советы и помощь при написании работы, а также кандидату геол.-минер. наук И.А. Емельяновой, кандидату геол.-минер. наук Л.А. Стороженко и всему коллективу ООО НПЦ «ГИНГЕО» за подготовку рукописи к печати.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ, ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗА ИЗМЕНЕНИЯ ИГУ МТПИ ГОРНО-СКЛАДЧАТЫХ ОБЛАСТЕЙ

Требования к повышению эффективности геолого-разведочных работ в равной мере относятся и к инженерно-геологическим работам, выполняемым при разведке месторождений. Применение комплексной механизации горных работ как в период строительства шахт, рудников и карьеров, так и в период их эксплуатации также предъявляет ряд дополнительных требований к изучению инженерно-геологических факторов, влияющих на способы вскрытия, системы разработок и способы механизации горных работ [40].

1.1. Задачи инженерно-геологических работ при разведке месторождений твердых полезных ископаемых

Программа инженерно-геологических исследований при разведке МТПИ включает следующие основные разделы [129]:

1. Изучение состава, строения и условий залегания пород, оценка прочностных и деформационных свойств, трещиноватости, неоднородности, анизотропности и напряженного состояния надрудных и рудовмещающих горных пород и слагаемых ими массивов. При строительстве шахт и открытом способе добычи полезного ископаемого именно эти факторы оказывают решающее влияние на характер деформирования горных пород в выработках, стимулируя проявление горного давления, что в свою очередь оказывает негативное влияние на экономические показатели и безопасность разработок. При разработке месторождений на больших глубинах и применении современной техники необходим количественный учет влияния перечисленных выше факторов при проектировании горных предприятий.

2. Изучение распространения, состава, строения, физико-механических свойств и состояния комплексов пород покровных отложений, знание которых необходимо для обоснования проектов наземных сооружений, проходки шахтных стволов и вскрышных работ на карьерах.

3. Изучение распространения, мощности и температурного режима мерзлых пород как главнейшего фактора, определяющего инженерно-геологические и гидрогеологические условия месторождений в северных районах.

4. Изучение теплового режима и параметров теплового поля в различных структурно-тектонических зонах для решения технологических вопросов, возникающих при эксплуатации глубоких шахт.

5. Изучение современных геологических процессов и явлений, их распространения, условий формирования, динамики и возможного влияния на разработку месторождений и строительство наземных сооружений.

6. Инженерно-геологическое районирование территорий с оценкой сложности природных условий для разработки полезного ископаемого и освоения территории месторождения.

7. Прогноз изменения инженерно-геологических условий в связи с освоением месторождения.

Опыт показал, что все перечисленные задачи могут быть решены при применении комплекса специальных инженерно-геологических и геофизических исследований с максимальным использованием материалов геолого-разведочных работ и рудной геофизики. К специальным инженерно-геологическим исследованиям при этом относятся: 1) инженерно-геологическая съемка; 2) бурение и инженерно-геологическая документация керна скважин; 3) анализ результатов скважинного каротажа, входящего в комплекс разведочных работ на месторождениях для оценки степени трещиноватости, обводненности и теплового состояния горных массивов; 4) геофизические работы для изучения карста, оползней, трещиноватости, характера распространения, мощности и льдистости сезонно- и многолетнемерзлых пород; 5) режимные наблюдения в специально оборудованных разведочных и термических скважинах; 6) ядерный каротаж в специально оборудованных скважинах для определения плотности, льдистости и влажности; 7) полевые определения физико-механических свойств; 8) лабораторные исследования физико-механических свойств скальных и рыхлых пород в талом и мерзлом состоянии; 9) расчетные методы оценки устойчивости массивов горных пород, расчеты и моделирование возможных инженерно-геологических процессов и явлений.

1.2. Особенности методики изучения инженерно-геологических условий месторождений твердых полезных ископаемых

При проектировании любых сооружений обязательно изучение отдельных частей геологической среды, определяющей хозяйственное освоение территории. Такие составляющие геологической среды обозначают как «инженерно-геологические условия» (ИГУ). В литературе имеется большое количество определений этого понятия [31, 34, 35, 122, 186]. Например, И.В. Попов [125, 193] считает, что «... Под инженерно-геологическими условиями для строительства следует понимать всю совокупность геологической обстановки, имеющей значение для проектирования, строительства и эксплуатации инженерных сооружений». В.Т. Трофимов [70] рассматривает инженерно-геологические условия как сложную, многофакторную, изменяющуюся во времени систему, современное состояние которой опреде-

ляется как структурно-геологическими, так и современными климатическими особенностями территории. Применительно к условиям, в которых осуществляются строительство и эксплуатация горных предприятий, под инженерно-геологическими условиями следует понимать систему, состоящую из компонентов, которые взаимосвязаны, взаимообусловлены, динамичны, отражают состояние структуры и свойств некоторой области литосферы и определяют конструкцию горного сооружения, а также выбор мероприятий по борьбе с инженерно-геологическими процессами [93, 135, 224, 229–234].

Современные инженерно-геологические условия территории формируются на протяжении всей геологической истории развития района, и все важнейшие инженерно-геологические параметры тесно связаны с историко-генетическими, геолого-структурными, палеогеографическими, современными климатическими особенностями той или иной территории. Эти положения определяют методическую основу инженерно-геологических исследований территорий МТПИ. К ведущим методам познания относятся те, которые вскрывают сущность взаимосвязи состава, состояния и свойств пород, закономерности их распределения в пространстве и по глубине. Такими основными методами в инженерной геологии, по Г.А. Голодковской [66] являются геолого-структурный, литолого-фациальный, формационный, а также ландшафтно-морфологический анализы.

Изучение и оценка массивов горных пород на глубину до 1000 м и более и прогноз инженерно-геологических явлений невозможны без знания геологической структуры, строения и напряженного состояния пород. Геолого-структурный анализ позволяет выделить инженерно-геологические массивы горных пород, характеризующиеся общностью строения, вещественного состава, трещиноватости, физико-механических свойств, неоднородности, обводненности, состояния пород, и поэтому является основой при оценке инженерно-геологических условий МТПИ. Тектоника играет большую роль в распределении теплового потока из недр и во многом нижние граничные условия распространения мерзлых толщ. В областях разгрузки, приуроченных к сводам антиклиналей и разрывным тектоническим нарушениям, подземные потоки выносят тепло, аккумулированное в синклиналих структурах, формируя положительные тепловые аномалии [50]. Это важнейшее положение теоретической инженерной геологии было использовано автором при проведении исследований на месторождениях Полярного Урала. Оно позволило однозначно интерпретировать результаты изучения опорных скважин, получить количественные характеристики о состоянии, свойствах и трещиноватости крупных массивов и установить закономерности их изменения [2, 101, 176].

Не менее важное значение имеет определение возраста, генезиса и фациальной изменчивости горных пород. Генетические особенности состава, текстуры, структуры и постгенетические изменения этих па-

раметров в разновозрастных комплексах обуславливают современные физико-механические свойства горных пород [224, 226, 229–234, 254].

Формационный принцип и фациальный анализ в инженерной геологии связывают методику изучения свойств и состояния горных пород с представлениями об условиях их образования, определяя историко-геологический подход к горным породам как естественным природным телам [64–68, 93–96, 102, 135, 224, 226, 229–234, 254]. Вместе с тем исследование свойств пород в связи с условиями их формирования в определенных природных обстановках создает все необходимые предпосылки для накопления фактического материала по теории сравнительных методов в инженерной геологии. Тесная связь формаций с тектоническими структурами, контролирующими их образование, позволяет установить особенности строения того или иного формационного комплекса, характер тектонической нарушенности слагающих его пород, своеобразие распространения подземных вод и теплового поля [50].

Одна из задач фациального анализа – выяснение палеогеографической обстановки, выявление закономерностей размещения осадочных толщ [226, 227, 250–255]. Поэтому фациальный анализ – единственно верный ключ к пониманию закономерностей пространственного изменения свойств пород, а также основных лито-генетических предпосылок формирования их теплового состояния. С помощью фациального анализа возможна грамотная территориальная экстраполяция инженерно-геологических данных на неизученных площадях. Представления о литолого-фациальных генетических соотношениях являются основой современных инженерно-геологических классификаций [102].

Методика ландшафтных исследований тесно связана с познанием морфологической структуры ландшафта. Опираясь на ландшафтно-морфологический анализ, можно познать историю развития конкретных территорий. Физико-географические и геологические обстановки, в которых происходит формирование инженерно-геологических условий, обычно неоднородны и изменяются в пространстве с определенной закономерностью. Устойчивые сочетания таких элементов природного комплекса, как рельеф, почвы, растительность, гидрогеологические и микроклиматические особенности, образуют генетически неоднородные участки на земной поверхности: заболоченные, залесенные, участки речных террас и пр. Они отличаются по преобладающим процессам, экспозиции и покровным образованиям. Например, участки водоразделов различаются по генезису и поверхностным условиям [66, 102].

Под влиянием микроклиматических условий и почвенно-растительного покрова рельеф часто становится ведущим фактором формирования ландшафта и его отдельных компонентов. С рельефом тесно связан радиационный режим поверхности, характер поверхностного слоя пород, состав и мощность которого непосредственно отражают тип и интенсивность денудации. Для ландшафтных методов большое

значение имеет растительный покров. С одной стороны, он играет индикаторную роль в условиях произрастания, а с другой – оказывает непосредственное влияние на формирование температурного режима на поверхности почв и горных пород путем изоляции поверхности от солнечной радиации, снегозадержания и т. д. [53, 55–57, 150, 172, 262, 263].

Если геолого-структурный и литолого-фациальный анализы вскрывают закономерности распределения состава, инженерно-геологических свойств пород, напряженного и теплового состояния массивов, то систематика условий теплообмена на поверхности и условий формирования многих геологических процессов контролируется главным образом ландшафтными факторами [64–68, 102, 226, 254].

При инженерно-геологических исследованиях в зависимости от их целевого назначения используются определения различных типов систем. При изучении инженерно-геологических условий месторождений твердых полезных ископаемых объективно следует использовать термин «природно-техническая система». Г.К. Бондарик под термином «природно-техническая система» понимает «целостную, упорядоченную в пространственно-временном отношении совокупность взаимодействующих компонентов, включающую орудия, продукты и средства труда, естественные и искусственно измененные природные тела, а также естественные и искусственные поля».

1.3. Инженерно-геологическая типизация месторождений твердых полезных ископаемых и методы изучения инженерно-геологических условий

Большое значение для разработки вопросов инженерной геологии применительно к задачам горного дела имели работы ученых инженеров-геологов: Ф.П. Саваренского, И.В. Попова, П.И. Панюкова, Е.М. Сергеева, В.Д. Ломтадзе, Г.Г. Скворцова, Н.В. Коломенского, И.С. Комарова, Г.А. Голодковской, В.В. Фромма и др. [64–68, 98, 102, 103, 122–125, 135, 148, 151, 178, 179, 193, 217, 219–227, 239, 254, 286]. Но впервые вопросы инженерной геологии МТПИ, определяющие устойчивость горных сооружений, были изложены в работах П.И. Панюкова, Г.Г. Скворцова, Г.А. Голодковской, В.Д. Ломтадзе, И.П. Иванова, Б.В. Смирнова и др. В них рассматриваются и классифицируются горно-геологические явления и процессы, обсуждаются геофизические методы для решения инженерно-геологических задач, рассматриваются теория горно-геологических массивов и аспекты прогнозирования.

Несмотря на обширность литературы в области горного дела, инженерной геологии и гидрогеологии, вопросы комплексного изучения ИГУ и их прогноза до настоящего времени еще не нашли широкого отражения. Это объясняется целым рядом объективных причин, и в первую очередь экономическими проблемами геологии в целом.

При изучении ИГУ МТПИ многие авторы [28, 135, 93–96, 247, 249] уделяют большое и всестороннее внимание проблеме типизации месторождений. Разработаны разнообразные схемы инженерно-геологической типизации МТПИ. Так, в основе схемы В.Д. Ломтадзе [135] лежат следующие факторы: 1) сложность тектоники и геологического разреза; 2) принадлежность вскрышных и вмещающих пород к определенным инженерно-геологическим классам; 3) глубина залегания полезного ископаемого; 4) условия залегания пород, их однородность и наличие зон ослабления; 5) водоносность горных пород и в связи с этим безопасность ведения работ; 6) геодинамические процессы, осложняющие разработку месторождений. Г.А. Голодковская с соавт. [66] при типизации скальных пород выделяет такие факторы, как вещественный состав, размеры скальных массивов, их форму и основные элементы. Г.Л. Фисенко [247, 249] предложена классификация геологических комплексов пород по условиям устойчивости бортов угольных карьеров. В основу этой классификации положены литолого-структурные особенности комплексов и механические свойства пород. Б.В. Смирнов [50, 224, 229] классифицирует инженерно-геологические признаки МТПИ в зависимости от масштабов изучаемых объектов: 1) горно-рудные регионы; 2) горно-рудные районы; 3) месторождения; 4) элементы массивов горных пород; 5) инженерно-геологические тела; 6) горные породы.

Согласно инструкции ВСЕГИНГЕО [111], при разведке рекомендуется типизировать месторождения твердых полезных ископаемых и инженерно-геологические условия по уровням сложности разработки. Детализация схем типизации предполагает применение количественных критериев оценки инженерно-геологических процессов для прослеживания изменений сложности в разработке месторождения по мере увеличения глубины и других условий.

Г.Н. Кашковским с соавт. [99, 118] выполнена гидрогеологическая и инженерно-геологическая типизация месторождений по различию в массивах горных пород подземных вод выделено шесть типов месторождений, охарактеризованных по инженерно-геологическим и гидрогеологическим условиям.

Ряд исследователей классифицирует месторождения по генетическим группам, исходя из того, что инженерно-геологические условия зависят от условий их образования. По этим классификациям сравниваются инженерно-геологические условия месторождений, находящихся на платформе и в геосинклинальных областях.

Классификации МТПИ, приуроченные к зоне развития многолетнемерзлых пород (ММП), рассмотрены в работах Р.И. Гаврильева, Б.К. Огильви [159], С.Е. Гречищева [69, 158], В.А. Невечери [154]. П.Ф. Швецовым [150, 262, 263] предложена классификация, учитывающая основные инженерно-геологические условия. В ней отражены: распространение толщ мерзлых пород, состав (в т. ч. льдистость) и температура пород, обводненность таликовых массивов, проявления физико- и инженерно-геологических процессов. Выделены три комплекса условий, оказывающих слабое, существенное и сильное воздействия на разработку месторождений.

Типизация рудных месторождений по сложности ИГУ предложена В.И. Кузькиным [128, 129]. Она учитывает инженерно-геологические и гидрогеологические условия, тектонические особенности территории и геолого-структурные условия рудных месторождений.

Инженерно-геологическим исследованиям железорудных месторождений посвящены работы В.Д. Ломтадзе, С.Г. Дубейковского, О.М. Гуман, С.В. Кравчука, В.Н. Морозова, В.Г. Зотеева и др. Ими были разработаны частные классификации. При инженерно-геологической классификации месторождений, отрабатываемых открытым способом, В.Г. Зотеевым [290] выделено пять генетических классов месторождений: магматогенные, контактово-метасоматические, метаморфические, гидротермальные и осадочные (остаточные и инфильтрационные). Охарактеризованы их средняя блочность и крепость пород и руд. При этом не полностью учтена структура месторождений, гидрогеологические условия, напряженное состояние и степень метаморфизма пород, за исключением пострудного периода. Классификация позволяет оценить и прогнозировать инженерно-геологические условия их разработки, а именно устойчивость скальных откосов глубоких карьеров. Гидрогеологическая классификация и совмещенная с нею инженерно-геологическая типизация разрабатываемых железорудных месторождений С.В. Кравчука рассматривает группы и классы месторождений по условиям обводнения горных выработок и питания подземных вод. Выделены типы месторождений по сложности инженерно-геологических условий. Разные по генетическим особенностям Высокогорское и Первоуральское месторождения оказались в одном типе (Б-1-1): на первом имеются мощная кора выветривания, карстовые процессы, породы с разными физико-механическими свойствами, а на втором преобладают однотипные скальные породы с маломощными элювиально-делювиальными образованиями. Основой классификации служит степень трещиноватости пород.

За последние годы накоплен значительный опыт инженерно-геологической оценки условий разработки месторождений полезных ископаемых. Подготовлен целый ряд методических руководств и пособий по инженерно-геологическому изучению месторождений твердых полезных ископаемых при их разведке, разработанных ВСЕГИНГЕО, ВНИМИ, МГГА, ЛГИ, МГУ, УГГУ. Вопросам методики инженерно-геологических исследований на месторождениях посвящены работы Г.Г. Скворцова, Г.А. Голодковской, Л.В. Шаумян, В.И. Кузькина, К.-А.К. Вайтекунаса, Г.Н. Кашковского, Л.А. Соколовской и др. [66, 98, 99, 102, 103, 118, 129, 151, 219–227].

В руководствах ВСЕГИНГЕО [111] рассматривается методика инженерно-геологических работ при разведке месторождений, описаны основные виды исследований и сделаны предложения по их объему на месторождениях различной категории сложности инженерно-геологических условий. При определении видов и объемов инженерно-геологических работ ряд авторов предлагает учитывать конкретные геолого-структурные, гидрогеологические и инженерно-геологические условия,

а также стадию разведки, намечаемые способы и системы отработки и осушения разведываемого месторождения, его размеры.

П.Ф. Швецов [150] рассмотрел особенности методики изучения геокриологических и гидрогеологических условий при разведке твердых полезных ископаемых.

Значительная часть рассмотренных в литературе типизаций учитывает комплекс качественных компонентов ИГУ, что позволяет относить месторождения к той или иной категории, оценивая лишь сложность ИГУ. В настоящее время, при накопленной базе информации, необходимо оценивать не просто сложность ИГУ, а сложность МТПИ по ИГУ их отработки, используя при этом количественные критерии. При этом сложность МТПИ по ИГУ их отработки должна быть рассмотрена определяющая с двух позиций: 1) сложность ИГУ и 2) схему и состав инженерно-геологических исследований.

1.4. Комплекс задач, решаемых при прогнозе условий отработки месторождений твердых полезных ископаемых

Анализ опубликованных работ позволяет оценить современное состояние проблемы инженерно-геологического прогнозирования. Большой вклад в развитие теории инженерно-геологического прогноза внесли Г.Г. Скворцов [103, 151, 219, 221–223], Г.К. Бондарик [32, 34, 36, 39, 40, 193], Г.А. Голодковская [64–68, 102, 286], Б.В. Смирнов [229–231, 233–234], М.Е. Певзнер [50, 182, 183], Л.Б. Розовский [193, 211, 212–215] и др. Основные аспекты проблемы прогнозирования инженерно-геологических условий разработки месторождений изложены в работе А.М. Гайдина, Б.В. Смирнова [50, 224, 229–234]. Они включают следующее:

1. Выявление закономерностей формирования и пространственной изменчивости инженерно-геологических условий.

Решение этих вопросов на основании естественно-исторического подхода к анализу геологических объектов рассмотрено в работах Г.Г. Скворцова [98, 221, 222, 227], Г.К. Бондарика [33, 34, 35, 38, 193], П.Н. Панюкова [178, 179], Г.А. Голодковской [66, 102]. Методологически важны работы геологического профиля. А.Г. Кобелев, М.М. Лось [121] уделяют большое внимание закономерностям геологического строения шахтных полей. Авторами разработаны теоретические основы литолого-фациального метода прогнозирования.

2. Выявление инженерно-геологических процессов и явлений, наиболее существенно влияющих на эффективность разработки, а также природы и закономерностей их развития.

Решение данной проблемы находится в сфере внимания как инженеров-геологов, так и горняков: Г.Л. Фисенко [247, 249], Г.Г. Скворцов [98, 103, 151], М.Е. Певзнер [182, 183], П.Н. Панюков [178, 179], В.В. Фромм [226, 254] и др.

3. Выявление характера и степени влияния различных компонентов на состояние массивов горных пород.

В основу научного подхода к оценке инженерно-геологических условий месторождений положены теоретические работы Г.К. Бондарика [34, 35, 40] о необходимости учета тех компонентов, которые характеризуют геологическую среду, изменяют ее состояние и свойства. К числу основных компонентов, требующих оценки при инженерно-геологических исследованиях, относятся: геологическое строение массива; структурно-тектонические особенности и трещиноватость; состав и свойства горных пород; развитие экзогенных и эндогенных геологических процессов; гидрогеологические условия.

Как отмечается в работе В.Д. Ломтадзе [135], геологическое строение месторождений, разведанных и разрабатываемых, изучено достаточно хорошо. Однако вопросы, имеющие первостепенное значение в инженерно-геологическом аспекте, освещаются неполно: это относится к оценке трещиноватости, выветрелости пород и т. д. В области гидрогеологических исследований недостаточно оценивается влияние подземных вод на изменение свойств горных пород и устойчивости горных выработок.

Большое количество исследований посвящено изучению трещиноватости, как компоненту, влияющему на характер устойчивости горных выработок. Разработаны классификации трещин по генезису, возрасту, размерам, морфологии, характеру их заполнителя. В.В. Белоусов, 1971; М.В. Рац и С.И. Чернышев, 1970, 1983; Л.В. Шаумян, 1975, 1987; А.А. Варга, 1968. Методика изучения трещиноватости при разведке МТПИ широко освещена в работах коллектива авторов ВСЕГИНГЕО [111] и МГУ [65–68].

Особые трудности в оценке трещиноватости пород, отмеченные большинством авторов [43, 44, 68, 128, 129, 255], связаны с отсутствием технических средств извлечения ориентированного керна из скважины. В связи с этим многие работы посвящены лишь качественной оценке трещиноватости (генезису, геометрии трещин, степени и характеру заполнителя). Количественная оценка направлена на определение модуля трещиноватости, модуля кусковатости, показателя качества пород.

Большое внимание всегда уделялось изучению физико-механических свойств горных пород (Н.В. Коломенский [122], И.В. Попов [193], Г.К. Бондарик [35, 36, 38], В.Т. Глушко и В.Г. Борисенко [61], Л.А. Ярг [267, 274], Е.М. Сергеев [148], Р. Гудман [76] и др.).

Основы инженерно-геологического изучения кор выветривания заложены академиком Ф.П. Саваренским. С этого времени начинается их систематическое изучение. Развитием теории процессов выветривания и разработкой методик их инженерно-геологической оценки в различное время занимались Н.В. Коломенский, С.Д. Воронкевич, Г.М. Арешидзе, Г.С. Золотарев, Л.А. Ярг, В.Б. Швец, Т.К. Костерова [90, 122, 261, 268, 269, 271–273].

История изучения карста отражена в работах многих исследователей по сбору данных о распространении карстовых явлений, их описания и определения генезиса. По мере разработки этой проблемы наиболее широко стали рассматриваться разнообразные связи карста с другими геологическими процессами и устанавливаться общие закономерности развития карста. В разработке данных направлений необходимо отметить труды Н.А. Гвоздецкого [51], Н.В. Родионова [210], Д.С. Соколова [237], И.А. Печеркина [48, 190], И.И. Плотникова [191, 299], Л.А. Молокова [152], А.В. Дехова [133, 134], Г.А. Максимова [245].

Множество работ посвящено изучению геокриологических условий, в которых рассмотрены вопросы формирования толщ многолетнемерзлых пород, закономерности их распространения, физико-механические свойства, особенности методики изучения [53, 55–57, 83, 127, 150, 172, 262, 263]. Особенностям разведки и эксплуатации МТПИ на Крайнем Севере уделено внимание в работе П.Ф. Швецова [262, 263]: определено качество и количество инженерно-геокриологической информации; намечены наиболее рациональные методические приемы и способы ее получения; показаны варианты решения задач инженерно-геологического и гидрогеологического прогнозирования с учетом различных особенностей при разведке МТПИ.

4. Разработка общих принципов, конкретных методов и технических средств инженерно-геологического прогнозирования.

Разработкой данного аспекта занимались Г.Г. Скворцов [98, 103, 151, 219–227], И.В. Попов [125, 193], Г.К. Бондарик [31–40], Б.В. Смирнов [50, 224, 229–234], А.А. Каган [115–116]. Имеются работы, в которых достаточно широко освещены проблемы прогнозной оценки месторождений различных генетических типов (Б.В. Смирнов [50, 224, 229–234]; В.А. Жилка [86]; Г.А. Голодковская и Л.В. Шаумян [65–68]; В.Г. Глушко и В.Г. Борисенко [61]; И.В. Абатурова [101, 105, 106, 108, 110, 112, 113, 140, 141, 163, 168, 174, 176, 198, 199, 202, 203]; В.И. Кузькин [129]; Л.А. Ярг [272]; С.Г. Дубейковский [75, 191, 289]). При разведке и освоении месторождений существует возможность выбора оптимальных технических и технологических решений, исключающих или ограничивающих последствия нежелательных процессов и явлений. Этот вывод основывается на анализе подробной информации о геологической среде, являющейся сферой взаимодействия горного сооружения.

Практикой диктуется необходимость создания научно обоснованной методики прогноза на базе учета компонентов инженерно-геологических условий. Инженерно-геологическое прогнозирование базируется на теоретических принципах прогностики, что является основанием для разработки новых методов прогнозирования, обоснования применения новых и существующих методов и верификации полученных результатов. Эти вопросы рассмотрены в работах Г.К. Бондарика и Б.В. Смирнова.

Инженерно-геологические прогнозы Г.К. Бондарик разделил на 26 классов по пяти наборам признаков: методам прогноза, характеру оценок прогноза, отношению ко времени, пространству, охвату компонентов инженерно-геологических условий. Эта классификация является общей и наиболее полной. Классификация Б.В. Смирнова направлена на прогноз горно-геологических условий разработки месторождений. Основные классификационные признаки – назначение прогнозов; отношение к объектам прогнозирования; устойчивость прогнозируемых объектов во времени; связь между собой; прогнозируемые компоненты горно-геологических условий; место прогнозов в перманентном процессе прогнозирования; вид и число используемых прогностических методов и т. д. Использование указанных признаков позволило Б.В. Смирнову разработать схемы матричных классификаций горно-геологических прогнозов.

Институт ВСЕГИНГЕО рекомендует при прогнозировании инженерно-геологических условий месторождения полезных ископаемых использование следующих методов: экспериментальные оценки, симптомы, инженерно-геологическая аналогия, физическое, физико-химическое и математическое моделирование.

Таким образом, при прогнозе инженерно-геологических условий строительства и эксплуатации горно-рудных предприятий наиболее целесообразно применять комплекс методов, состав которого будет определяться стадией и задачами изучения. В состав комплекса методов входят: метод аналогий, инженерно-геологического районирования на базе комплексной оценки компонентов ИГУ, аналитический, численного и натурно-экспериментального моделирования.

Метод аналогий заключается в получении представлений о структуре, свойствах и текущем состоянии прогнозируемого объекта путем перенесения на него соответствующей информации об объекте-аналоге, свойства, структура и текущее состояние которого с достаточной детальностью и достоверностью уже были выявлены. Процесс прогнозирования методом аналогии включает три этапа: 1 – выбор объектов-аналогов; 2 – изучение и анализ свойств объектов-аналогов; 3 – формирование прогностических выводов.

Б.В. Смирнов отмечает, что объекты-аналоги должны быть сходны с прогнозируемым по максимально возможному числу признаков. Поскольку нахождение природного аналога с полным совпадением геологических и инженерно-геологических факторов не всегда возможно, следует вносить поправки на различие отдельных параметров.

Методы математического моделирования на базе комплексного учета компонентов инженерно-геологических условий с применением математического аппарата позволяют определить закономерности пространственной изменчивости компонентов инженерно-геологических условий, найти зависимости между ними и выполнить специальное инженерно-геологическое районирование.

ВЫВОДЫ

1. Расширение и обоснование на современном уровне минерально-сырьевой базы РФ требует введения в строй новых месторождений, безопасность разработки которых определяется степенью инженерно-геологической изученности и сложности инженерно-геологических условий.

2. В основе изучения ИГУ МТПИ лежат задачи, сформулированные многочисленными исследователями и требующие научно-методического обоснования комплексного их изучения, оценки и прогноза.

3. Методические вопросы изучения ИГУ МТПИ разработаны довольно полно, однако вопросы, касающиеся границ изучения ИГУ систем опробования, оптимизации работ на разных стадиях изучения и в разных природно-климатических, геолого-структурных условиях, требуют научно-методического обоснования.

4. Разработанные на настоящий момент методы типизации ИГУ МТПИ основаны на использовании разных сочетаний критериев, отражающих качественную оценку и позволяющие оценивать лишь сложность ИГУ МТПИ. На современном уровне развития науки и накопленной информации необходима типизация МТПИ по ИГУ разработки, учитывающая состав компонентов, выраженных в количественных параметрах, необходимых для оценки сложности МТПИ по ИГУ их отработки, как определяющей схемы и состав инженерно-геологических исследований.

5. Конечной целью изучения инженерно-геологических условий месторождений является оценка и прогноз условий их отработки, базирующийся на общенаучных принципах предвидения.

6. Применяемые методы прогнозирования инженерно-геологических условий определяются объемом исходной информации, количеством компонентов, влияющих на устойчивость сооружения: наибольший эффект достигается при комплексном использовании разных методов прогнозирования.

7. Особенно остро стоит проблема изучения, оценки и прогноза инженерно-геологических условий на всех стадиях изучения месторождений, осваиваемых в особо сложных условиях.

8. Анализ и обобщение материалов по изучению, оценке и прогнозу инженерно-геологических условий МТПИ свидетельствует о значительном разнообразии представлений и подходов по данной проблеме. Вместе с тем сегодня отсутствует научно-методическая концепция, отражающая на современном уровне развития инженерно-геологической науки комплексный геолого-генетический подход к изучению и оценке инженерно-геологических условий МТПИ и прогнозированию их изменений при вскрытии месторождений горными способами.

Научное издание

АБАТУРОВА ИРИНА ВАЛЕРЬЕВНА

**Оценка и прогноз инженерно-геологических условий месторождений твердых
полезных ископаемых горно-складчатых областей**

Монография

Редактор К.И. Ушакова

Компьютерная верстка Л.А. Гришагиной

Подписано в печать 15.12.2011. Формат 70×100 1/16.

Печать офсетная. Усл. печ. л 18,4. Уч.-изд. л 19,6.

Тираж 500 экз. Заказ № 18.

Типография «Уральский центр академического обслуживания»
620990, Екатеринбург, ул. Первомайская, 91