

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Кафедра региональной геологии и полезных ископаемых

Е.В.БЕЛЯЕВ

Методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых

Учебно-методическое пособие

КАЗАНЬ

2024

УДК 550.8:553.3

Принято на заседании учебно-методической комиссии
Института геологии и нефтегазовых технологий
Протокол № 10 от 22 мая 2024 года

Рецензенты:

О.Н. Лопатин, д.г.-м.н., профессор кафедры минералогии и литологии
Института геологии и нефтегазовых технологий КФУ

А.Б.Макеев, д.г.-м.н., профессор, ведущий научный сотрудник ИГЕМ РАН

Составитель:

доцент кафедры региональной геологии и полезных ископаемых
Е.В.Беляев

Беляев Е.В. Методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых: учебно-методическое пособие / Е.В.Беляев. - Казань: Казанский федеральный университет, 2024. 53 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для бакалавров по специальности 05.03.01. «Геология», профиль подготовки «Геология», по дисциплине «Методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых» для использования в ходе аудиторных лабораторных занятий, а также для самостоятельного выполнения заданий.

В учебно-методическом пособии приводятся необходимые теоретические основы по методам поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, дается характеристика их содержания и методики проведения, задания для самостоятельной работы и вопросы для самоконтроля.

© Е.В.Беляев

© Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Стадийность геологоразведочного процесса	6
2. Геологические критерии прогноза и поисков	9
3. Геологические методы поисков месторождений полезных ископаемых	12
3.1. Дистанционные методы поисков месторождений полезных ископаемых.....	13
3.1.1 Дешифрирование (геологическое и поисковое) космо- и аэрофотоснимков	13
3.1.2. Аэрогеофизические методы поисков месторождений.....	16
3.2. Наземные методы поисков месторождений полезных ископаемых	20
3.2.1. Геохимические методы поисков.....	21
3.2.2. Геофизические методы поисков	27
3.2.3. Горно-буровые методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых	34
4. Методика разведки месторождений полезных ископаемых.....	39
4.1. Разведка месторождения	40
4.2. Эксплуатационная разведка.....	41
5. Классификация и учет запасов твердых полезных ископаемых	42
6. Опробование месторождений полезных ископаемых	42
7. Системы разведки.	43
8. Подсчет запасов месторождений твёрдых полезных ископаемых.....	45
9. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых.	47
10. Задания для самостоятельной работы	49
10.1. Вопросы для самоконтроля	49
10.2. Темы докладов на семинарных занятиях	49
10.3. Практические задания	50
ЛИТЕРАТУРА	52

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие по поискам и разведке месторождений полезных ископаемых предназначено для студентов 3 курса, обучающихся по специальности 05.03.01 «Геология», профили: «Геология».

Дисциплина «Методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых» включает в себя следующие разделы и подразделы:

1. Стадийность геологоразведочного процесса
2. Геологические предпосылки прогноза и поисков.
2. Геологические методы поисков месторождений полезных ископаемых.
3. Дистанционные методы поисков месторождений полезных ископаемых.
4. Геофизические методы поисков месторождений полезных ископаемых.
5. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых.
6. Горно-буровые методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых
7. Методика разведки месторождений полезных ископаемых
8. Классификация и учет запасов твердых полезных ископаемых
9. Опробование месторождений полезных ископаемых.
10. Системы разведки.
11. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых.
12. Подсчет запасов месторождений твёрдых полезных ископаемых.

Раздел «Стадийность геологоразведочного процесса» дает представление о содержании и последовательности геологоразведочных работ, которые объединяются в 3 тапа (работы общегеологического изучения, поиски и оценка, разведка и освоение месторождений) и 5 стадий (региональное геологическое изучение недр, поисковые работы, оценка месторождений, разведка месторождений, эксплуатационная разведка).

Раздел «Геологические критерии прогноза и поисков» посвящен изучению основных закономерностей размещения и условий образования месторождений полезных ископаемых, выделяемых в качестве теоретических предпосылок и прямых признаков прогноза и поисков. Основные критерии: стратиграфические, литологические, фациальные, формационные, тектонические, структурные, магматические, минералогические, петрографические, геохимические, геофизические, геоморфологические и другие.

В разделе «Геологические методы поисков месторождений полезных ископаемых» дается краткая характеристика методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, которые подразделяются на 2 группы: дистанционная и наземная..

Подраздел «Дистанционные методы поисков месторождений полезных ископаемых» посвящен изучению. В данную группу входят следующие методы: аэровизуальные геологический и поисковые наблюдения, дешифрирование (геологическое и поисковое) аэро- и космоснимков, аэрогеофизические съемки (аэромагнитная, аэрогаммаспектрометрическая, аэроэлектрометрическая).

Подраздел «Наземные методы поисков месторождений полезных ископаемых» рассматривает являющиеся наиболее распространенными визуальные геологические наблюдения, а также вспомогательные методы поисков: геохимические, геофизические, технические горно-буровые.

В подразделе «Горно-буровые методы поисков и разведки месторождений» дается характеристика различных горных выработок и буровых скважин, которые широко применяются для взятия шлиховых и геохимических проб, проверки геофизических аномалий, а также для вскрытия выходов рудных тел, прослеживания их и оконтуривания. С этими же целями, но при большей мощности наносов, используются буровые скважины.

Особое значение имеют буровые работы при поисках полезных ископаемых в закрытых районах. Буровые работы применяются для получения геологических данных, при геофизических исследованиях, геохимических методах поисков, а также для проверки выявленных аномалий.

Раздел «Методика разведки месторождений полезных ископаемых» дает представление о комплексе исследований и необходимых для их выполнения работ, направленных на определение промышленного значения (промышленной ценности) данного месторождения полезных ископаемых. Разведочные работы проводятся на месторождении полезного ископаемого, прежде всего, в целях определения количества и качества заключенного в нем полезного ископаемого, а также для выяснения природных и экономических условий, в которых находится месторождение.

Раздел «Классификация и учет запасов твердых полезных ископаемых» включает материалы, рассматривающие подсчет запасов: оценка количества и качества минерального сырья, его размещения в недрах и степени изученности. Соотношение количества запасов различных категорий служит критерием степени разведанности месторождений.

Раздел «Опробование месторождений полезных ископаемых» направлен на изучение вещественного состава полезного ископаемого, а также физико-механических свойств продуктивной толщи и вмещающих ее пород, при разведке проектом предусматривался отбор проб из керна скважин. Опробование определяет достоверность качественных показателей полезного ископаемого.

Раздел «Системы разведки» раскрывает особенности размещения разведочных средств, которое дает возможность построить намеченные разрезы и провести необходимое опробование для подсчета промышленных запасов полезных ископаемых. Охарактеризованы основные виды горных и буровых систем, применяемых в зависимости от геологических особенностей объекта разведки

Раздел «Подсчет запасов месторождений твердых полезных ископаемых», которые подсчитываются в основном методами среднего арифметического, линейного, геологических и эксплуатационных блоков или методом разреза, а также другими второстепенными методами: статистического, метода треугольников, изогипс и изолиний, ближайшего района.

Раздел «Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых», целью которой является анализ всех факторов промышленной ценности объекта, расчете технико-экономических показателей и подготовке заключения об экономической эффективности дальнейших работ.

Цель: при освоении данного курса студент должен овладеть теоретическими знаниями и практическими навыками проведения различных методов поисковых работ.

Пособие предусматривает выполнение следующих компетенций:

- способность самостоятельно получать и обрабатывать геологическую информацию, использовать в научно-исследовательской деятельности навыки полевых и лабораторных геологических исследований (в соответствии с направленностью (профилем) подготовки);
- способность применить знания и навыки для решения геологических задач по изучению геологического строения земной коры, горных пород и полезных ископаемых, а также прогноза и поисков месторождений нефти и газа;
- способность применить знания и навыки для решения геологических задач по изучению геологического строения земной коры, горных пород и полезных ископаемых, а также прогноза и поисков месторождений полезных ископаемых (в соответствии с направленностью (профилем) подготовки);

- способность применять полученные навыки при выполнении лабораторных и полевых исследованиях, помогать в планировании и организации инженерно-геологических, гидрогеологических, геологических, геофизических работ (в соответствии с направленностью (профилем) программы бакалавриата).

Курс «Методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых» предназначен для изучения методических приемов и технологической последовательности проведения различных стадий геологоразведочных работ. Полученные знания могут стать надежной основой для дальнейшей профессиональной деятельности молодых специалистов-геологов.

1. Стадийность геологоразведочного процесса

Геологоразведочные работы проводятся в определенной последовательности, которая регламентируется временным положением о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (ВИЭМС, 1998 г.).

Согласно данному положению в процессе геологического изучения недр в зависимости от поставленных целей выделяются три этапа и пять стадий геологоразведочных работ (рис. 1).

Первый этап определяет выполнение работ общегеологического изучения, включающих комплексное изучение, во-первых, геологического строения территории и, во-вторых, закономерностей размещения всех видов минерально-сырьевых ресурсов с их прогнозной оценкой.

Он включает в себя первую стадию регионального геологического изучения недр. На этой стадии осуществляется сбор комплексной геологической информации, необходимой для удовлетворения различных отраслей промышленности и сельского хозяйства в тех или иных полезных ископаемых.

Полученная информация носит фундаментальный характер и предназначена для обзорной прогнозно-минерагенической оценки изучаемой территории на различные виды полезных ископаемых. Для решения поставленных на этой стадии задач используются следующие виды работ: площадные мелкомасштабные геологические, гидрогеологические, инженерно-геологические съемки, глубинное геологическое картирование, доизучение ранее заснятых площадей, наземные и аэро-космогеофизические (гравиразведка, магниторазведка, электроразведка и аэрогамма-спектрометрия). Широко применяются специализированные работы, в том числе объемное, космо- и аэрофотогеологическое, космоструктурное, геолого-минералогическое, геохимическое и другие виды картирования, а также тепловые, радиолокационные, многозональные и другие съемки.

Полученные результаты проведенных исследований определяют следующие виды и масштабы работ этой стадии: сводное и обзорное (1:1 500 000 и мельче), мелкомасштабное (1 000 000-500 000), среднемасштабное (1:200 000-1:100 000) и крупномасштабное (1:50 000-1:25 000) геологическое картирование.

Главными задачами первых двух видов съемок являются получение обобщающей геологической информации о геологическом строении и минерагении крупных территорий: кристаллических щитов, платформ, складчатых областей, а также административных субъектов (республик, краев и областей).

В состав площадных работ масштаба могут входить геологическая, гидрогеологическая, инженерно-геологическая съемки, сопровождаемые аэрокосмическими, геофизическими, геохимическими и другими видами работ.

ЭТАП I. Работы общегеологического содержания		
Стадия 1. Региональное геологическое изучение недр		
Объект изучения: крупные геологические структуры, нефтегазоносные регионы, глубинные участки земной коры, районы с напряженной экологической обстановкой и интенсивного промышленного и гражданского строительства	Цель работы: комплексное изучение геологического строения территории и закономерностей размещения всех видов минерально-сырьевых ресурсов с их прогнозной оценкой	Основные результаты: комплекты геологических карт различного назначения масштабов от 1:1 000 000 до 1:50 000; комплексная оценка перспектив изученных территорий; определение прогнозных ресурсов категорий P_3 и P_2 , оценка состояния геологической среды и прогноз ее изменения
ЭТАП II. Поиски и оценка месторождений		
Стадия 2. Поисковые работы		
Объект изучения: бассейны, рудные районы, узлы с оцененными прогнозными ресурсами категорий P_1 и P_2	Цель работ: обнаружение проявлений полезных ископаемых и определение перспективности их последующего изучения	Основные результаты: комплексная оценка геологического строения и перспектив с оценкой прогнозных ресурсов категорий P_1 и P_2 , оценка возможности их освоения на основе укрупненных показателей: обоснование целесообразности очередности дальнейших работ
Стадия 3. Оценка месторождений		
Объект изучения: проявления полезных ископаемых с оцененными прогнозными ресурсами категорий P_2 и P_1	Цель работ: геологическое изучение, геолого-экономическая оценка проявлений и месторождений и их отбраковка	Основные результаты: месторождения полезных ископаемых с оценкой их запасов категории C_2 и C_1 и прогнозными ресурсами категорий P_1 и их ТЭО
ЭТАП III. Разведка и освоение месторождения		
Стадия 4. Разведка месторождений		
Объект изучения: месторождения полезных ископаемых с оцененными запасами категории C_2 и C_1 и прогнозными ресурсами категорий P_1	Цель работ: изучение геологического строения, технологических свойств полезного ископаемого, гидрогеологических, инженерно-геологических условий отработки месторождения; ТЭО кондиций освоения месторождения; уточнение геологического строения месторождения в процессе освоения на недостаточно изученных участках с переводом запасов из низших категорий в более высокие	Основные результаты: геологические, гидрогеологические, горногеологические, технологические данные, необходимые для составления ТЭО освоения месторождения; подсчитанные запасы по категориям А, В, C_1 и C_2
Стадия 5. Эксплуатационная разведка		
Объект изучения: эксплуатационные этажи, горизонты, блоки, уступы, подготавливаемые для очистных работ	Цель работ: уточнение полученных при разведке данных для оперативного планирования добычи; контроль за полнотой и качеством отработки запасов	Основные результаты: запасы подготовленных и готовых к выемке блоков; исходные материалы для оценки полноты отработки месторождения; уточнение потерь и разубоживания полезного ископаемого

Рис. 1. Этапы и стадии геологоразведочных работ (твердые полезные ископаемые), Крейтер, 1969

Результатом проведенных работ являются комплекты полистных Государственных геологических карт м-ба 1:200 000, в которые входят геологическая карта дочетвертичных образований, карта четвертичных отложений, карта полезных ископаемых и закономерностей их размещения. По итогам их анализа выделяются прогнозные площади и перспективные участки, оцениваются прогнозные ресурсы категории Р2 и Р3.

Наиболее крупномасштабными являются поисково-съёмочные работы масштаба 1:50 000-25 000, проводящиеся с целью выделения локальных площадей, перспективных на наличие месторождений полезных ископаемых. В состав их входят геологическая, гидрогеологическая, эколого-геологическая съёмки и сопровождающие их геофизические, геохимические, геоморфологические и другие исследования.

Второй этап геологического изучения недр включает поиски и оценку месторождений, которые по своим геологическим, экологическим, горно-геологическим и технико-экономическим показателям пригодны для рентабельного освоения. Данный этап объединяет две стадии: поисковых работ и оценка месторождений.

Поисковая стадия предназначена для обнаружения проявлений и определения их перспективности для последующего изучения. Масштабы проводимых работ могут изменяться в зависимости от сложности геологического строения территории и глубинности исследований от 1:200 00 до 1:10 000.

Оптимальный комплекс методов, используемых при поисковых работах, может включать геолого-минерагенический, геофизический, геохимический, шлихо-миралогический и другие методы исследований с проходкой поисковых буровых скважин и поверхностных горных выработок. На выявленных проявлениях полезных ископаемых оцениваются прогнозные ресурсы категории Р2 и Р1. Приводится геолого-экономическая оценка выявленных объектов по укрупненным показателям и рекомендации целесообразности и направлениях дальнейших геологоразведочных работ.

Оценочная стадия выполняется на установленных и положительно оцененных в процессе поисковой стадии проявлениях полезных ископаемых. На данной стадии проводится примерно тот же комплекс полевых работ, как и при поисках: маршрутное исхаживание, геофизическая, геохимическая, шлихо-миралогическая съёмки и другие методы исследований с проходкой буровых скважин и поверхностных горных выработок. Различия заключаются в плотности сети буровых скважин и поверхностных горных выработок. Проводятся опробование и анализ на основные и попутные компоненты всех выходов полезной минерализации. Определяются технологические свойства полезного ископаемого, устанавливается возможность комплексного использования, разрабатывается принципиальная схема переработки руд и получения полезной промышленной продукции.

Результатом проведения работ оценочной стадии является оценка промышленного значения месторождения с подсчетом запасов по категории С₂, на менее детально изученных участках месторождения оцениваются прогнозные ресурсы категории Р₁. Систематически в процессе проведения работ и по их завершению осуществляется геолого-экономическая оценка того или иного объекта, которая завершается составлением технико-экономического обоснования их промышленной ценности с разработкой рекомендаций о целесообразности передачи в разведку и освоение.

Третий этап геологического изучения недр включает разведку и освоение месторождения. Он характеризуется детальным изучением геологического строения месторождения и получением информации о количестве и качестве запасов, минеральном и химическом составе полезного ископаемого, его технологических свойствах. Полученные данные должны обеспечивать промышленную оценку месторождения и дать обоснование решения о порядке и условиях вовлечения его в эксплуатацию.

Рассматриваемый этап подразделяется на две подстадии: разведка месторождения и эксплуатационная разведка.

На стадии разведки месторождения с помощью геологической съемки масштаба 1:10 000-1:1 000 и комплекса геофизических и геохимических методов исследований завершается собственно изучение геологического строения месторождения с составлением геологической карты. Попутно изучаются и подсчитываются запасы основных и попутных полезных ископаемых по категориям А+В+С1. Разрабатываются разведочные кондиции и ТЭО освоения месторождения. Материалы разведки служат основой получения информации, необходимой при проектировании строительства горнодобывающего предприятия.

Стадия эксплуатационной разведки проводится во время разработки месторождения для уточнения ранее полученных и получения достоверных данных, позволяющих осуществить оперативное планирование горно-подготовительных, нарезных и очистных работ, а также наиболее полно разрабатывать основные и и попутные компоненты. При этом уточняются контуры, внутреннее строение и вещественный состав тел полезного ископаемого, а также количество и качество запасов по технологическим типам и сортам.

2. Геологические критерии прогноза и поисков

Поисковыми геологическими критериями называются геологические условия, которые прямо или косвенно указывают на возможность обнаружения в той или иной обстановке различных полезных ископаемых (Крейтер, 1969).

От критериев необходимо отличать поисковые геологические признаки, т.е. конкретные геолого-минералогические факты, указывающие на присутствие полезной минерализации в районе.

Анализ, изучение и использование этих закономерностей в виде геологических критериев и признаков составляют одну из основных задач учения о поисках и разведке месторождений полезных ископаемых.

На основании изучения закономерностей возникновения месторождений полезных ископаемых вырабатываются геологические критерии и признаки, получившие свое название от изучавших их геологических наук: стратиграфические, литологические, фациальные, формационные, тектонические, структурные, магматические, минералогические, петрографические, геохимические, геофизические, геоморфологические и другие.

Стратиграфические предпосылки заключаются в использовании возраста геологических образований для поисков полезных ископаемых. В истории развития земной коры выделяются эпохи максимального накопления определенных видов эндогенных и особенно экзогенных ПИ.

Для прогноза месторождений углей особенно важны отложения карбона, юры-мела, палеогена-неогена, накопленные в условиях гумидного климата. В это время происходило максимальное накопление растительной массы, в дальнейшем преобразованной в бурые и каменные угли.

Каменные соли максимально накапливались в кембрии, девоне, перми, юре, раннем неогене. В этих возрастных диапазонах наибольшие мощности солей приурочены к средним частям разрезов регрессивных циклов, сформированных в аридных условиях.

Месторождения фосфоритов максимально накоплены в юре и мелу, медистых песчаников – в перми.

Стратиграфический фактор важен и для прогноза некоторых металлических месторождений. Крупные месторождения железистых кварцитов, вмещающие более 50% мировых запасов, приурочены к среднему протерозою. Наибольшие осадочные месторождения марганца приурочены к отложениям олигоцена. Четвертичные отложения вмещают более 80% запасов россыпного золота.

Пики образования запасов алмазов приурочены к среднему-позднему палеозою (девон-карбон-пермь), верхнему мелу и палеоген-неогену. В рифее сформировались месторождения золота и урана конгломератового типа.

В большей мере стратиграфические критерии помогают при поисках месторождений осадочного генезиса, но в ряде случаев они имеют существенное значение для прогнозирования эндогенного оруденения, когда оно связывается с магматизмом определенного возраста.

Фациально-литологические предпосылки особый интерес имеют для поисков экзогенных МПИ. По характеру источников полезных компонентов выделяется 4 их группы: 1) месторождения, источником полезных компонентов в которых являлись продукты коры выветривания; 2) месторождения, источником полезных компонентов в которых явились воды морских бассейнов; 3) месторождения, источником полезных компонентов в которых являлась растительность; 4) месторождения, источником полезных компонентов в которых явился подводный вулканизм.

Литолого-петрографические свойства осадочных, магматических, метаморфических пород включают гранулометрический, минеральный и химический состав, текстуры и структуры пород, их пористость, проницаемость, петрофизические свойства. Например, для прогноза и поисков нефти чрезвычайно важны сведения о пористости потенциальных коллекторов, их проницаемости, наличия непроницаемых экранов над структурными ловушками. Для поисков россыпей золота наиболее перспективны грубообломочные аллювиальные толщи. Для поисков рудного золота в терригенных толщах важно картировать зоны зеленосланцевого метаморфизма, в частности, изограду биотита, к которой тяготеют месторождения золото-кварцевого и золото-сульфидного типа.

Структурные (тектонические) предпосылки поисков. Рассматриваемые предпосылки поисков основаны на связи оруденения с определенными типами структур земной коры. Среди них различают региональные и локальные структуры. Региональный прогноз любого вида ПИ начинается с отнесения прогнозной площади к наиболее крупным структурам земной коры – складчатым поясам, щитам, платформам, островным дугам, рифтовым зонам, активным континентальным окраинам, затем, в их пределах, структурам второго порядка (антеклизам и синеклизам на платформах, гнейсовым куполам на щитах, антиклинориям и синклинориям в складчатых поясах и т.д.) и разграничивающим их глубинным разломам.

При более локальном прогнозе анализируются относительно мелкие складки, разрывы и другие нарушения.

Петрологические предпосылки заключаются в использовании состава и условий образования магматических и метаморфических пород для прогноза и поисков МПИ. Такие предпосылки часто называют магматическим и метаморфогенным факторами.

Магматический фактор отражает геохимические и петрологические связи МПИ с интрузивными и эффузивными породами. Геохимические связи проявляются в повышенных кларках концентрации металлов в породах, вмещающих или генерирующих оруденение.

Петрологические связи МПИ с магматическими образованиями определяются условиями формирования последних (форма, состав, геодинамическая позиция, условия

кристаллизации, внутреннее строение). Выделяются особые типы интрузивных и эффузивных пород, максимально специализированные на редкие металлы – микроклинальбитовые, литий-фтористые, щелочные граниты и риолиты. Расслоенные интрузии щелочного-ультраосновного состава специализированы на апатиты, редкие земли, ультраосновного-основного состава - на платину, хромиты, никель, медь, железо, титан, ванадий, скандий, карбонатиты – на редкие земли, ниобий и тантал.

Метаморфический фактор определяет термодинамические условия образования эндогенных месторождений (площади и объемы пород с благоприятными условиями для локализации того или иного металла), либо условия преобразования ранее образовавшихся концентраций (в том числе непромышленных).

Формационные предпосылки заключаются в выделении геологических (осадочно-литологических, вулканогенных) формаций, имеющих значение, как продуктивных в отношении МПИ.

Выделяют главные группы таких формаций – морские (карбонатные, терригенные, вулканогенно-осадочные); лагунные (соленосные для аридного климата и угленосные для гумидного), континентальные – обломочные (терригенные), красноцветно-обломочные, вулканогенные.

Причинами локализации стратифицированных формаций, являются: климат, фациальные условия накопления, первоисточники и геохимические особенности элементов, тектонические и геоморфологические условия.

Самым непосредственным образом с формациями осадочных и вулканогенно-осадочных пород связаны экзогенные и гидротермально-осадочные месторождения.

Литолого-петрографические предпосылки заключаются в использовании литолого-петрографических свойств горных пород для прогноза МПИ. Литолого-петрографические свойства осадочных, магматических, метаморфических пород включают гранулометрический, минеральный и химический состав, текстуры и структуры пород, их пористость, проницаемость, петрофизические свойства.

Геохимические предпосылки и признаки. Сущность геохимических предпосылок и признаков заключается в использовании характера геохимических аномалий для прогноза и поисков МПИ.

Различают типы геохимических полей по условиям локализации – литохимические (первичные и вторичные), гидрогеохимические, биогеохимические, атмогеохимические, по концентрации – нормальные и аномальные. Последние, выделяемые на фоне нормальных, являются и предпосылкой, и конкретным поисковым признаком.

По масштабу различают региональные и локальные аномалии.

Минералогические предпосылки и признаки заключаются в использовании характера минералогических полей и аномалий для прогноза и поиска МПИ. Минералогическое поле – часть литосферы, где минералы ПИ и их спутников распределены в определенных соотношениях. Минералогическое поле отражает процессы образования и изменения минералов в эндо- и экзогенных условиях, в результате которых возникают минералогические ассоциации.

Геофизические предпосылки и признаки. Сущность геофизических предпосылок и признаков заключается в использовании характера геофизических полей и аномалий для прогноза и поиска МПИ. Геофизические предпосылки и признаки классифицируются следующим образом: 1) по возможности обнаружения полезных ископаемых – прямые и косвенные; 2) по характеру изучаемых геофизических полей и аномалий – магнитометрические, гравиметрические, сейсмометрические, электрометрические, радиометрические, ядернофизические, термометрические, биофизические.

Геоморфологические предпосылки. В первую очередь геоморфологические предпосылки важны для выявления месторождений, образующихся в приповерхностных условиях (гипергенных) и оказывающих влияние на формирование рельефа поверхности.

Формирование эндогенных и метаморф. месторождений не зависит от процессов рельефообразования. Тем не менее различные геологические образования связанные с эндогенными процессами, хорошо проявляются в рельефе, чаще всего они сами являются фактором формирования рельефа. Например: зоны скарнирования, окварцевания, глинные образования - устойчивы к выветриванию и образуют выступы в рельефе. В рельефе могут проявляться крупные интрузивные тела, с которыми связаны месторождения ПИ.

3. Геологические методы поисков месторождений полезных ископаемых

При проведении поисковых работ на различные виды полезных ископаемых в настоящее время применяется большой комплекс методов, который подразделяется на 2 группы: дистанционная и наземная.

МЕТОДЫ ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Группа методов	Методы	
	дистанционные	наземные
Геологические	Аэровизуальные геологические и поисковые Дешифрирование аэро- и космодатаснимков	Геологическая съемка Геологические маршруты Изучение опорных разрезов
Минералогические	-	Обломочно-речной Шлиховой
Геохимические	-	Литогеохимическая съемка по вторичным ореолам рассеяния То же, по потокам рассеяния Гидрогеохимические (по поверхностным и подземным водам) Биогеохимические (в т.ч. геоботанический) Атмогеохимические
Геофизические	Комплексная аэромагнитная и аэрогаммаспектрометрическая съемка Аэроэлектрометрическая съемка	Магнитометрические Электрометрические Сейсмометрические Гравиметрические Радиометрические Термометрические
Горно-буровые	-	Проходка горных выработок Бурение скважин

В дистанционную группу входят следующие методы: 1. аэровизуальные геологический и поисковые наблюдения, 2. дешифрирование (геологическое и поисковое) аэро- и космоснимков, 3. аэрогеофизические съемки (аэромагнитная, аэрогаммаспектрометрическая, аэроэлектрометрическая).

Наземная группа, являющаяся более объективной и эффективной, включает в себя следующие методы: 1. геологическая съемка, 2. поисковые маршруты, 3. изучение опорных разрезов, 3. минералогические (обломочно-речной, шлиховой), 4. геохимические (литогеохимическая съемка по вторичным ореолам рассеяния), то же по потокам рассеяния, 5 гидрогеохимические (по поверхностным и подземным водам), 6. биогеохимические (в т.ч. геоботанический), 7. атмогеохимические.

3.1. Дистанционные методы поисков месторождений полезных ископаемых

3.1.1 Дешифрирование (геологическое и поисковое) космо- и аэрофотоснимков

Космофотосъемка земной поверхности выполняется с межпланетных автоматических станций, искусственных спутников Земли, пилотируемых космических кораблей и долговременных орбитальных станций. КС нашли широкое применение при геологических исследованиях, прогнозировании и поисках месторождений полезных ископаемых, изучении сейсмоопасных зон и активности экзогенных процессов, инженерно-геологических изысканиях, структурно-геоморфологических и неотектонических исследованиях, изучении шельфа, мониторинге геологической среды, в геоэкологии. При проведении поисковых работ космофотосъемка используется для решения региональных задач, таких как выделение масштабных структур (первые сотни км), благоприятных для поисков месторождений полезных ископаемых: сводовых структур в нефтяной геологии, впадин, разломов, рифтов, линеаментов, кольцевых структур, выступов фундамента, крупных интрузий. При этом масштаб космофотоснимков обычно составляет 1:1 000 000-1:200 000.

На космических снимках более крупного масштаба и пространственного разрешения дешифрируются геологические тела, образованные стратифицированными толщами относительно выдержанного вещественного состава и однотипного характера дислоцированности (вещественно-структурные комплексы).

Ведущим методом работы является геологическое дешифрирование, т.е. выявление на аэрофотоснимках данных о геологическом строении территории по прямым и косвенным признакам.

Аэрофотоснимки выполняются преимущественно в масштабе 1:30 000-1:12 000. По высоте полета различается съемка высотная (5-10 км), стандартная (1-5 км) и низковысотная (100-300 м).

По цветности существуют следующие виды съемки: черно-белая, цветная и спектральная.

По косвенным признакам – прежде всего по разломам и трещинам, характеру рельефа, цвету и растительности – при дешифрировании могут быть выявлены выходы кварцевых золотоносных жил и пегматитов, карсты, речные террасы, с которыми связаны россыпи и т.д. Многие геологические объекты идентифицируются (рис. 2) по характерной морфологии (например, складки, дайки, астроблемы, кратеры и т.д.).

Дешифровочные признаки – особенности фототона, позволяющие идентифицировать геологические объекты. Прямыми признаками является цвет (фототон) горных пород (рис. 3). По фототону можно идентифицировать состав пород: обычно светлый тон имеют известняки и другие карбонатные породы, а также кислые и щелочные интрузии, темный – глинистые породы, базитовые и ультрабазитовые интрузии.

Виды аэрофотосъемки

1. Плановая. Фотографирование производится в вертикальном направлении, сверху вниз, с отклонением от вертикали не более 3°. Этим видом съемки покрывают большие территории, пролетая над ней галсами (рис. 4).

2. Перспективная. Съемка производится под острым углом к горизонту. Используется обычно для съемки больших участков крутых склонов в условиях горной местности.

3. Маршрутная. Разновидность плановой съемки. Производится вдоль определенных направлений, долин рек, горных дорог и т.д. Особенно часто используется для нужд инженерной геологии.

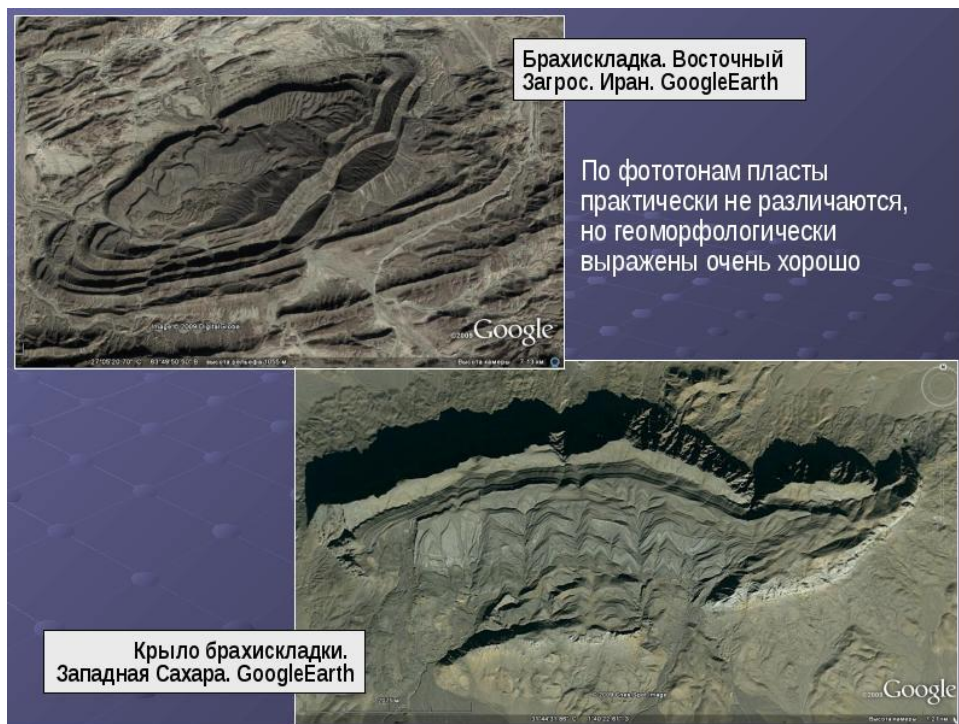


Рис. 2. Складчатые структуры на аэрофотоснимках



Рис. 3. Сетчатый рисунок фототона гранитного массива

Аэрофотосъемка

Виды аэрофотосъемки

1. **Плановая.** Фотографирование производится в вертикальном направлении, сверху вниз, с отклонением от вертикали не более 3°. Этим видом съемки покрывают большие территории, пролетая над ней галсами (залетами). Обычно залеты имеют широтную ориентировку. Это наиболее часто используемый вид съемки.
2. **Перспективная.** Съемка производится под острым углом к горизонту. Используется обычно для съемки больших участков крутых склонов в условиях горной местности.
3. **Маршрутная.** Разновидность плановой съемки. Производится вдоль определенных направлений, долин рек, горных дорог и т.д. Особенно часто используется для нужд инженерной геологии.

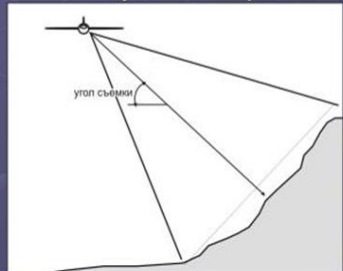



Рис. 4. Виды аэрофотосъемки

Из-за взаимного перекрытия на двух соседних снимках будет изображен один и тот же участок местности, снятый с двух разных точек. Совмещение таких снимков в поле зрения геолога, произведенное с помощью стереоскопа, создает визуальный эффект объемного изображения, позволяющий проводить дешифрирование не только в горизонтальной плоскости, но и по вертикали (рис. 5).

Из-за взаимного перекрытия, на двух соседних снимках будет изображен один участок местности, снятый с двух разных точек. Если создать такие условия, при которых каждое из изображений будет видеть только один глаз, то мозг обработает эту информацию, создавая объемную картину рельефа территории.



Зона перекрытия на рабочих частях снимков



Стереоскоп зеркально-линзовой

Задачу разделения изображений (левый глаз видит только левый снимок, а правый глаз – только правый) решает стереоскоп:
 1 – большое зеркало; 2 – линза;
 3 – малое зеркало; 4 – место для носа

Рис. 5. Получение объемного изображения с помощью стереоскопа

3.1.2. Аэрогеофизические методы поисков месторождений

Наряду с дешифрированием космо- и аэрофотоснимков в процессе проведения поисковых работ большое значение имеют другие дистанционные методы (съемки): аэромагнитная, аэрогаммаспектрометрическая, аэроэлектрометрическая, комплексная аэрогеофизическая (рис. 6).

Аэромагнитная съемка применяется при геологическом картировании для разделения областей развития осадочных, метаморфических и интрузивных пород, выявления тектонических нарушений, а также при поисках месторождений железных, титановых, цветных и редких металлов, приуроченных к зонам разломов, контактам основных и ультраосновных массивов и коре выветривания последних (рис. 7). Успешно применяется аэромагнитная съемка и для выделения некоторых складчатых структур, перспективных для поисков месторождений нефти и газа.

Аэромагнитная съемка проводится в масштабах от 1:1 000 000 до 1:50 000.

Аэрогаммасъемка применяется для выделения перспективных площадей под наземные поиски, для поисков м-ний радиоактивных руд по хорошо проявленным ореолам, для геол. картирования и для поисков нефтяных и газовых полей и м-ний (по аномалиям радиоактивности). Аэрометрические съемки применяют также для выявления различных россыпей, алмазных трубок, месторождений хрома, никеля, титана, платины, некоторых скарновых, редкометалльных, в частности ниобиевых, а также серии других (молибденовых, вольфрамовых, оловянных, кобальтовых и др. месторождений), особенно связанных с радиоактивными минералами.



Рис. 6. Группировка аэрогеофизических методов
АФС – аэрофотосъемка, ИКС – инфракрасная съемка, РЛС – радиолокационная
съемка, АМЛС – аэромагнитная локационная съемка

При интерпретации аномалий важным критерием их оценки является их интенсивность. Аномалии особо интенсивные, превосходящие окружающие породы по интенсивности в 2-3 раза и более, должны выделяться в число первоочередных для наземной заверки.

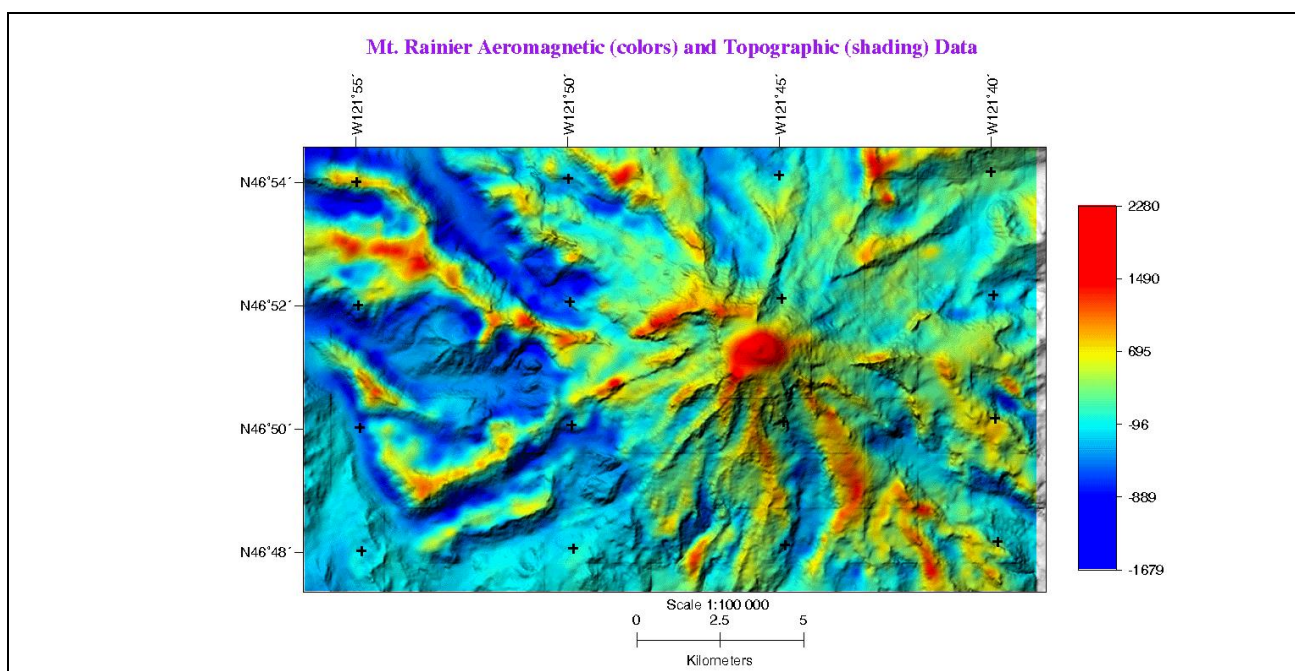


Рис. 7. Фрагмент карты магнитного поля

Результаты аэрогаммасъемки изображаются обычно в виде карт изолиний интенсивности гамма-излучения (приведенной к поверхности Земли) или изолиний содержания радиоактивных элементов. При проведении аэрогаммасъемки используются комплексные станции типа АГС-48М2, АГС-71с, СКАТ. В настоящее время преимущественно применяют аэрогамма-спектрометры МИФИ-ЭкоСфера и IRIS/GRS410.

Аэрогамма-съемка проводится в несколько этапов: выделение площадей для проведения съемки; проведение собственно съемки; обработка и интерпретация полученных материалов; наземная заверка выявленных аномалий; поисково-оценочные работы на перспективных аномалиях.

Наземная заверка аномалий обычно производится в 2 стадии: предварительную и детальную. Задачей детальной стадии наземной заверки является окончательная оценка перспективности оруденения.

В настоящее время можно разбраковывать площадные аномалии по их природе (урановые, ториевые, смешанные, калиевые).

Гравиметрическая съемка является одним из последних самых современных методов дистанционных геофизических исследований.

Сейчас в мире наблюдается повышенный интерес к аэрогравиметрии – измерению силы тяжести на борту летящего самолета (вертолета). Метод имеет ряд несомненных преимуществ перед традиционными гравиметрическими съемками: быстрота получения материала, высокая экономическая эффективность.

К настоящему времени создана аппаратура и разработана методика проведения аэрогравиметрических измерений струнными безинерционными гравиметрами с

погрешностью 0.7-0.8 мГал., что удовлетворяет требованиям, предъявляемым к гравиметрическим съемкам масштаба 1:200000.

Гравитационное поле Земли успешно изучается и по спутниковым данным (рис. 8). В этой связи возникает вопрос об разграничении областей применения аэросъемки и спутниковой гравиметрии и, в частности, спутниковой альтиметрии над водной поверхностью.

В настоящее время существует несколько каталогов гравитационного поля Земли, в которых значения силы тяжести над акваториями получены по альтиметрическим данным. Одним из самых полных является каталог Sandwell D., Smith W. версия 9.2.

Инфракрасная съемка

Инфракрасные съемки регистрируют длинноволновое излучение земной поверхности. Под действием солнечного излучения, внутреннего (эндогенного) тепла и деятельности человека объекты поверхности Земли в зависимости от их физических свойств (тепловой инерции, альбедо, влажности и т. д.) испытывают неравномерное нагревание, вызывающее различные температурные аномалии (рис. 9), которые и регистрируются при инфракрасной съемке (ИКС). Поэтому ИКС иногда называют тепловой аэросъемкой (ТАС).

Тепловая ИКС выполняется для решения разнообразных задач: мониторинговых наблюдений в районах активной вулканической деятельности; инженерно-геологического и геологического картирования, поисков подземных вод и некоторых видов полезных ископаемых.

Тепловая ИКС выполняется для решения разнообразных задач: мониторинговых наблюдений в районах активной вулканической деятельности; инженерно-геологического и геологического картирования, поисков подземных вод и некоторых видов полезных ископаемых. По температурным контрастам объекты ИКС делятся на две группы: первая — аномального температурного поля областей современного вулканизма, зон распространения термальных вод; вторая — относительно низкоконтрастного теплового поля, которое можно использовать для региональных геологических и эколого-геологических исследований.

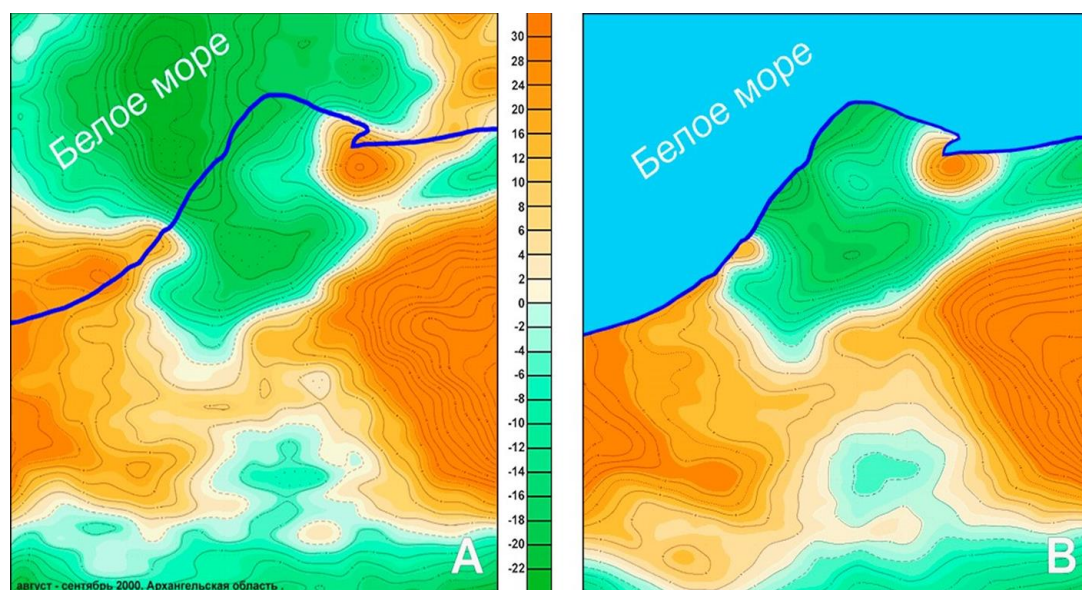


Рис. 8. Спутниковая гравиметрическая карта

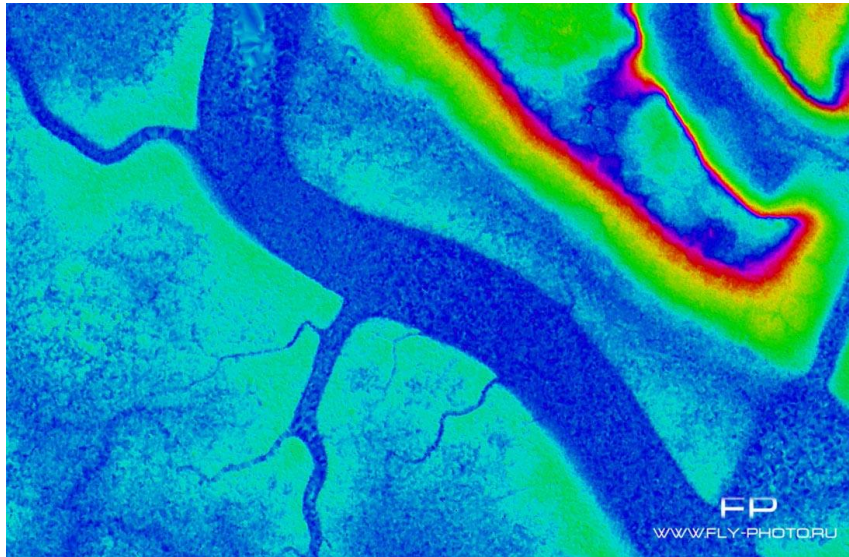


Рис. 9. Фрагмент карты инфракрасной съемки

При распознавании в материалах ИКС однопородных геологических объектов предполагается, что разновозрастные и близкие по литологии породы обладают одинаковыми тепловыми контрастами, т. е. отражаются одним тоном и близким текстурным рисунком. Имеются примеры регистрации тепловых аномалий над крупными разломами, сульфидными рудными телами.

Аэроэлектроразведка

Аэроэлектроразведка представляет собой одно из направлений (методов) аэрогеофизики, основанное на исследовании естественных или искусственно создаваемых электромагнитных полей с помощью приборов, устанавливаемых на летательных аппаратах.

В основном аэроэлектроразведку применяют при мелкомасштабных (1:100 000-1:200 000) картировочных работах и при поисках рудных месторождений в масштабах 1:25 000-1:50 000, реже — на стадии детальных поисков в масштабе 1:10 000.

Электроразведка как метод разведочной геофизики основана на применении естественных и искусственно создаваемых электромагнитных полей, которые по своему характеру делятся на группы, в пределах которых выделяются соответствующие электроразведочные методы:

- 1) методы переменных естественных электромагнитных полей;
- 2) методы низкочастотных электромагнитных полей;
- 3) методы становления электромагнитных полей;
- 4) методы высокочастотных электромагнитных полей.

По технологии проведения электроразведочных исследований методы и модификации аэроэлектроразведки можно разделить на следующие группы:

1) с нерегулируемым источником — пассивные методы и модификации, основанные на изучении переменного естественного электромагнитного поля (ПЕЭМП) или полей, создаваемых средневолновыми или длинноволновыми радиостанциями;

2) регулируемым источником — активные методы и модификации, основанные на изучении переменного искусственного низкочастотного электромагнитного поля гармонических или импульсных источников.

В основу классификации методов и модификаций аэроэлектроразведки положен тип используемого электромагнитного поля и технология исследований. При этом выделяются следующие методы и модификации:

- 1) аэроварианты метода длинного кабеля (АДК) и бесконечно длинного кабеля (АБДК);
- 2) аэровариант метода незаземленной петли (АНП);
- 3) аэровариант метода заряда (АМЗ);
- 4) аэрометод дипольного индуктивного профилирования (АДИП);
- 5) аэровариант метода переходных процессов (АМПП).

Комплексная аэрогеофизическая съемка. В конце прошлого столетия в СССР и за рубежом начала широко использоваться метод комплексной аэрогеофизической съемки, заключающийся в одновременном производстве аэрофотосъемки, аэромагнитной и аэрогаммасъемки и аэроэлектростримерии. Аэромагнитная съемка дает возможность выделить такие месторождения радиоактивных руд, для которых установлена связь с магнетитово-гематитовой минерализацией, причем данные м-ия могут располагаться на глубинах, недоступных для аэрогаммасъемки. В свою очередь, данные аэрогаммасъемки могут существенно помочь при выделении некоторых интрузивных массивов, которые не выявляются по материалам аэромагнитной съемки. Например, массивы основных и щелочных пород, характеризующиеся близкими магнитными полями.

3.2. Наземные методы поисков месторождений полезных ископаемых

Наземные поиски месторождений полезных ископаемых, являющиеся наиболее распространенными, включают в себя следующие группы: геологические, геохимические, геофизические, технические горно-буровые методы.

Геологические наблюдения и их анализ, отраженные на геологических (а также тектонических, структурных, минерагенических, геоморфологических и др.) картах, являются ведущей основой поисковых работ. К сожалению, геологическая съемка и выявленные при этом геологические критерии дают слишком общее представление о районе и намечают слишком обширные площади, на которых может быть обнаружено месторождение того или иного полезного ископаемого.

Это обстоятельство требует применения различных поисковых методов, дополняющих друг друга и позволяющих оконтурить конкретные участки проведения поисковых работ.

В настоящее время применяются следующие поисковые методы (рис. 10):

1. Геологическая съемка как метод поисков.
2. Наземные геолого-минералогические – обломочно-речной, валунно-ледниковый, шлиховой.
3. Геохимические – металлотрическая, гидрогеохимическая, эманационная, газовая, биогеохимическая и геоботаническая съемки.
4. Геофизические – магнитотрическая, электротрическая, сейсмотрическая, гравитрическая, радиотрическая, термотрическая.

Комбинирование и комплексирование этих поисковых методов на основе той или иной геологической карты – это и есть современные поиски.

Геологическая съемка как метод поисков.

Геологическая съемка и поиски взаимозависимы, хотя и не являются единой операцией; их целесообразно рассматривать и планировать отдельно

МЕТОДЫ ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Группа методов	Методы	
	дистанционные	наземные
Геологические	Аэровизуальные геологические и поисковые Дешифрирование аэро- и космофотоснимков	Геологическая съемка Геологические маршруты Изучение опорных разрезов
Минералогические	-	Обломочно-речной Шлиховой
Геохимические	-	Литогеохимическая съемка по вторичным ореолам рассеяния То же, по потокам рассеяния Гидрогеохимические (по поверхностным и подземным водам) Биогеохимические (в т.ч. геоботанический) Атмогеохимические
Геофизические	Комплексная аэромагнитная и аэрогаммаспектрометрическая съемка Аэроэлектрометрическая съемка	Магнитометрические Электрометрические Сейсмометрические Гравиметрические Радиометрические Термометрические
Горно-буровые	-	Проходка горных выработок Бурение скважин

Рис. 10. Наземные методы поисков месторождений твердых полезных ископаемых

Любые научно обоснованные методы поисков всегда начинаются и проводятся только на основе геологической карты. Государственная съемка масштаба 1:200 000 до 1:50 000 являются полноценной, но весьма дорогой основой для поисков всех видов полезных ископаемых с целью выделения рудных зон и полей. Геологические съемки масштабов 1:25 000-1:1 000 неотделимы от поисков и являются поисково-разведочной стадией работ. Исследования в этих масштабах ставятся на небольших площадях с целью выявления эндогенных и экзогенных месторождений всех видов полезных ископаемых.

Масштабы 1:10 000 и 1:5 000 чаще всего применяются в поисковой стадии, 1:2 000 и 1:1 000 – на разведочном этапе, 1:500-1:100 – в период эксплуатационной разведки. Обычно в масштабе 1:10 000 снимается площадь 10-100 км², в масштабе 1:5 000 – 5-25 км², а в масштабе 1:2 000 – 1-3 км², чаще даже десятые доли км, не говоря уже о масштабе 1:1 000. На этих малых площадях предполагается наличие промышленных месторождений того или иного типа, характерных для данных геологических условий. В каждом из изученных районов решаются основные вопросы: структурные – для участков развития постмагматических месторождений, геолого-литологические или фациально-литологические – для экзогенных и, наконец, геолого-петрографические – для метаморфогенных. На заснимаемых площадях параллельно проводятся различные специальные съемки: гидрогеологическая, минералогическая, петрографическая, четвертичных отложений и др. и составляются соответствующие карты.

3.2.1. Геохимические методы поисков

Важное поисковое значение имеют методы, основанные изучении явлений миграции элементов, происходящей при разрушении месторождений в зоне гипергенеза. Эта миграция может осуществляться в твердом, жидком и газообразном состоянии. В результате миграции элементов вокруг месторождений могут образовываться ореолы рассеяния, в пределах которых содержание того или иного элемента будет наиболее высоким вблизи месторождения.

Поиски по первичным ореолам рассеяния рудного вещества.

Первичное рассеяние сингенетично образованию самого месторождения. Минералообразование в процессе аккумуляции полезного ископаемого постепенно теряет свою активность во времени и пространстве. На границе продуктивной залежи и «пустой» породы образуется кайма (оторочка) того же состава, что и в залежи, с концентрацией компонентов, превышающей фоновую, но меньшей, чем в самой залежи. Вторичное рассеяние возникает в результате разрушения продуктивной залежи и ее первичных ореолов.

Первичные ореолы рассеяния месторождений.

Изучение первичных ореолов рассеяния проводится для выявления слепых рудных тел, для установления генезиса руд и вмещающих пород, изучения геохимической зональности, положения рудного тела, фоновых концентраций химических элементов, проведения геохимического картографирования и выявления различного уровня закономерностей – глобальных, региональных или локальных. Размеры первичных ореолов рассеяния, как правило, во много раз больше размеров рудных тел.

Пробы пород берутся по площади (по сетке опробования), по профилю, по разрезу (обнажению, скважине, горной выработке). Количество проб регламентируется масштабом (детальностью) исследований и соответствующими инструктивными документами.

Образец породы для анализа весом 200 г представляет собой штуф, керн, сколки с площади (обычно 1 м²), рыхлый материал. Важно обеспечить при этом статистическую представительность – примерно 25-30 образцов на каждую выделяемую группу.

Надо также учитывать, что на разные виды анализа – петрографический, минералогический, петрофизический, физико-механический, радиоактивный, химический, спектральный и другие существуют определенные требования к состоянию, форме, сохранности, размерам, степени измельченности образца и др.

Вторичные литохимические ореолы и потоки рассеяния

В местах выхода рудных месторождений на земную поверхность происходит интенсивное выветривание пород и руд. В результате возникают многочисленные геохимические новообразования, которые получили название ореолов и потоков вторичного рассеяния месторождений. Такое рассеяние наблюдается во всех компонентах ландшафта: в поверхностном рыхлом покрове, почвах, растительности, поверхностных и грунтовых водах при земном слое атмосферы.

На поисках и оценке вторичных ореолов построены различные геохимические методы: а) металлометрическое опробование потоков рассеяния, б) металлометрическая съемка по ореолам рассеяния, в) гидрохимический, г) газовый, д) биогеохимический, е) геоботанический.

Металлометрическое опробование потоков рассеяния.

Металлометрическое опробование гидрографической сети целесообразно применять до использования других поисковых методов. Обычно применяется в начальный период геологического изучения района при геологических съемках мелких масштабов: 1:500 000-1:200 000. Этот метод используется для опробования на все металлы.

Пробы отбираются из любых участков аллювиальных отложений, желательно подальше от бортов и из одной струи (русло или пойма). Ориентировочная густота (шаг) отбора проб: от 800 м (при масштабе 1:200 000) до 100 м (1:25 000).

Опробование илисто-глинистых донных осадков в потоках рассеяния позволяет дать предварительную оценку металлоносности плохо изученных горных районов, а также обоснованную оценку перспективных рудных районов с небольшой мощностью наносов, даже при поисках на известных рудных полях.

При отборе проб из донных осадков необходимо учитывать, что лучшими сорбентами металлов являются растительные остатки, гумус, глинистые минералы (особенно группы монтмориллонита, гидрослюды), коллоиды кремнезема и глинозема, гидроокислы железа и марганца, но отбор проб необходимо производить только из одного и того же сорбента.

Металлометрическую съемку гидрогеографической сети целесообразно сочетать с гидрохимическим и особенно шлиховым опробованием.

Рассматриваемый метод опробования имеет ряд достоинств, поскольку позволяет 1) проследить солевые потоки рассеивания в руслах пересохших водотоков, 2) фиксировать тонкодисперсную форму рассеивания, не улавливаемую шлиховым опробованием, 3) одновременно фиксировать механические и молевые потоки.

Все полученные результаты наносятся на геохимические карты на геологической основе.

Поиски по вторичным ореолам рассеивания рудного вещества.

Вторичные литохимические ореолы рассеивания образуются в рыхлых отложениях, перекрывающих месторождения. Они разделяются на две группы: механические и солевые, образующиеся при переносе вещества водными растворами.

В механических ореолах рудный материал находится в виде первичных минералов. Эти ореолы характерны для месторождений, представленных устойчивыми к выветриванию минералами SnO₂, CaWO₄, Au, Ta-Nb, которые дают россыпи в речных долинах.

В солевых ореолах рудный материал преобразуется в различные новообразования – растворимые и нерастворимые соли металлов.

В отбираемых пробах устанавливаются присутствие преимущественно элементов, образующих солевые ореолы рассеивания. Элементы, входящие в минералы механических ореолов, лучше улавливаются шлиховым методом поисков.

Вторичные ореолы рассеивания классифицируются на открытые и выходящие на поверхность в элювиально-делювиальных покровах мощностью до 5-7, реже 10 м; закрытые – не выходящие на поверхность при мощности элювиально-делювиальных отложений более 10 м; погребенные – перекрытые рыхлыми дальнепринесенными образованиями – морскими, коллювиальными, аллювиальными, ледниковыми отложениями.

Участки повышенных содержаний или геохимические аномалии нуждаются в геологической интерпретации, т.к. только часть их оказывается ореолами рассеивания, связанными с месторождениями полезных ископаемых.

Механические ореолы рассеивания используются для поисков ряда месторождений полезных ископаемых, таких как золото, платина, касситерит, вольфрамит, ильменит, молибденит и других достаточно устойчивых и прочных минералов. Применяемые для этих целей обломочно-речной, валунно-ледниковый и шлиховой методы широко известны, достаточно просты и эффективны.

Геолого-минералогические методы

Обломочно-речной метод поисков является одним из древнейших поисковых методов, который и теперь может использоваться в слабо опосредованных районах.

Данный метод состоит в нахождении и прослеживании рудоносных обломков (например, золотоносного кварца), а также обломков характерных вмещающих пород. Степень окатанности обломков ориентирует в вопросе о дальности их переноса. По ходу маршрута рудные обломки встречаются все чаще, а степень их окатанности постепенно уменьшается. Исчезновение обломков в аллювии свидетельствует о том, что на данном

участке рудные обломки поступают со склона из делювия. Дальнейшие поиски ведутся на склоне с учетом формы обломочного веера (рис. 11), а канавы или мелкие шурфы проходятся вблизи (обычно несколько выше по склону) последних верхних обломков.

Иногда поисковые маршруты идут не по реке, а вкрест простирания пород или примерно по одной горизонтали склона.

Валуно-ледниковый метод обычно применяется на северных территориях. В этих районах коренные породы почти повсеместно покрыты плащом ледниковых отложений, иногда достигающих десятков метров мощности. При поисках приходится использовать материал ледниковых отложений, в частности ледниковыми валунами.

Направление движения ледника определяется по шрамам (штрихам) на поверхности валунов, с ориентировкой которых совпадает направление переноса валунов, а последние в свою очередь зависят от направления понижения рельефа. Некоторые указания на направление транспортировки валунов может дать ориентировка конечных морен, озов и друмлинов.

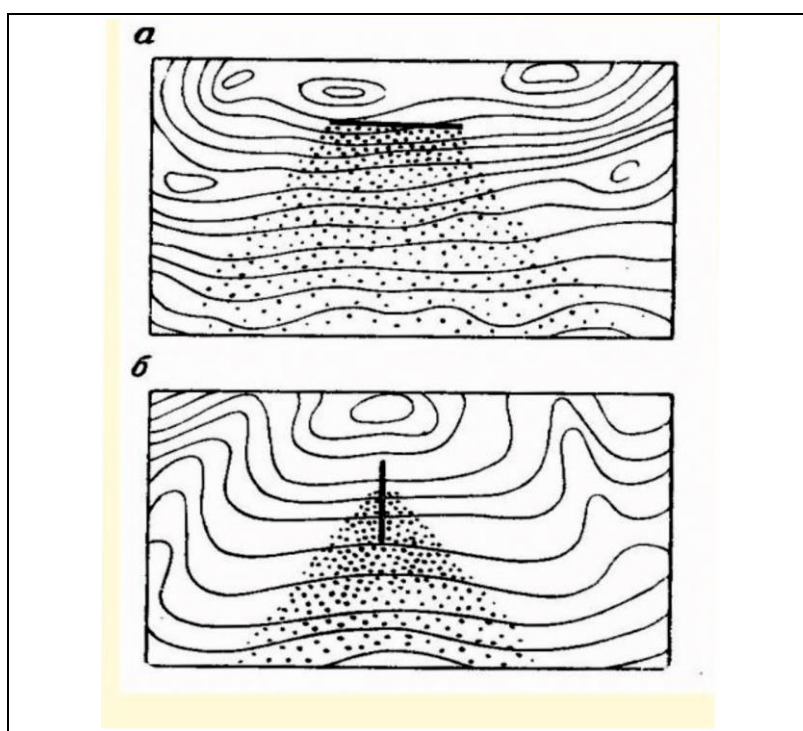


Рис. 11. Расположение рудных обломков на поверхности
а – при простирании жилы вдоль склона, б - при простирании жилы
поперек склона

Расеивание рудных валунов образует вторичный ореол рассеяния (рис. 12), связанный с ледниковой эрозией, часто четкий контур прослеживается на десятки километров, дальше его границы стираются и затушевываются. Поиски валунов следует вести только в пределах основной морены, используя карту четвертичных отложений масштаба 1: 50 000 и крупнее. От коренного месторождения рудные валуны обычно расходятся в виде веера, расширяющегося в сторону движения ледника. Нанесенная на карту схема распространения валунов должна дать возможность построить на ней валунный веер, вершина которого укажет на площадь наиболее перспективную для отыскания под ледниковыми отложениями коренного месторождения.

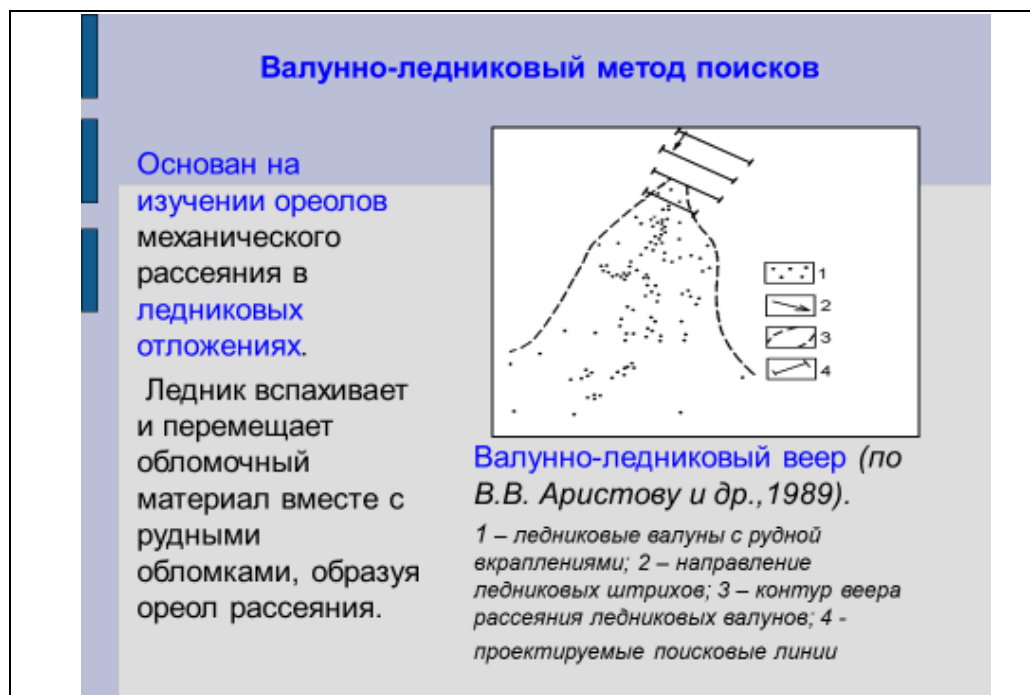


Рис. 12. Валунно-ледниковый метод поисковых работ

Шлиховой метод поисков заключается в обнаружении и постепенном прослеживании полезных минералов в шлихах.

Шлиховой способ применим для отыскания залежей определенной группы минералов с большим удельным весом и стойкостью к разрушению. Шлихи получают в промывке аллювиального и делювиального материала (а также материала из протолочек коренных пород), который через определенные интервалы отбирается вдоль долин водотоков вплоть до того места, откуда он поступает, т.е. до коренного месторождения.

При промывке проб вручную используется деревянный лоток. Как правило, промывку шлиховых проб ведут до получения серого шлиха. Промывку до черного шлиха можно вести только в случае поисковых работ на определенную группу тяжелых рудных минералов — золото, платину, иногда — касситерит, вольфрамит.

Результаты шлиховых поисков оформляются в виде шлиховых карт на которые наносятся данные анализа отобранных шлихов. Шлиховые карты бывают площадными и маршрутными, на которые наносятся результаты опробования в виде изолиний содержания (рис. 13), линий изменяющейся толщины в зависимости от содержания полезного компонента, а также кружками в пунктах отбора проб с секторами относительных количеств шлиховых минералов. Кроме рассмотренных ранее методов поисков, в настоящее время широко используется также группа геохимических методов, таких как гидрогеохимическая, газовая, биогеохимическая и геоботаническая съемки.

Гидрогеохимическая съемка. Этот метод поисков месторождений основан на изучении распределения в водной среде химических элементов на участках оруденения. Он отличается от металлометрического метода большей глубиной и возможностью применения в специфических условиях; в увлажненных областях с обильными проявлениями подземных вод и разветвленной сетью поверхностных водотоков.

Характеристика подземных вод может служить прямым или косвенным признаком наличия в районе рудных месторождений. Прямым признаком является повышенное (по сравнению с фоном) содержание металлов в подземных водах. К косвенным признакам

относятся повышенное содержание металлов-спутников и сульфат-иона (также отношение сульфат-иона к хлор-иону), пониженное значение рН.

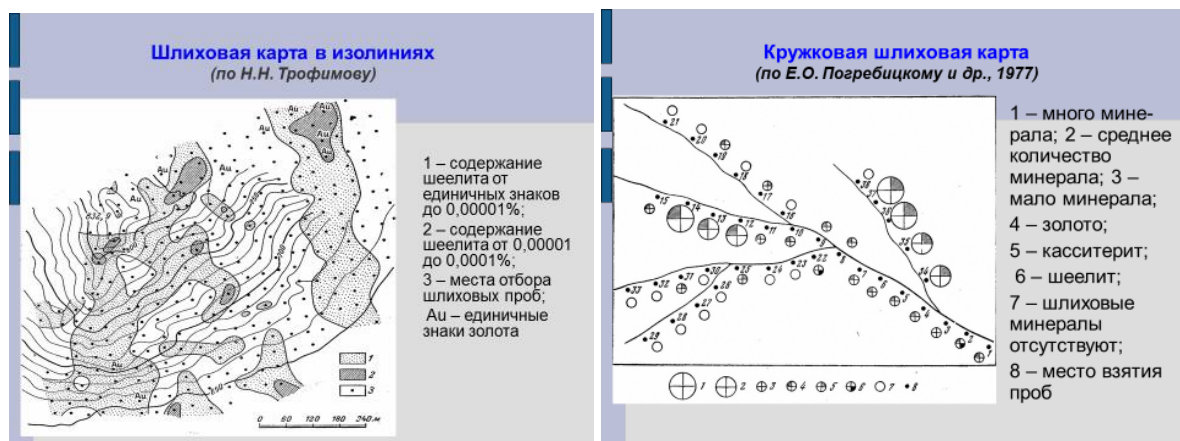


Рис. 13. Шлиховые карты

Объем пробы зависит от веса сухого остатка: при сухом остатке более 500 мг/л рекомендуется брать пробу объемом 0,1 л, при менее 100 мг/л – 1,0 л.

Пункты обследованных источников наносят на геологическую карту и проставляют около них данные анализов. После этого выделяют на карте участки с повышенным содержанием и широкой распространенностью того или иного компонента.

Газовый метод поисков

Этот метод основан на способности некоторых минеральных ассоциаций самостоятельно (радиоактивные и ртутные минералы) или при взаимодействии с некоторыми поверхностными реагентами рассеиваться в рыхлых отложениях с выделением в почвенный воздух специфических газобразных продуктов. Газовые ореолы, образующиеся вокруг некоторых месторождений, относятся к числу вторичных ореолов рассеяния.

При поисках в зависимости от геологической обстановки в исследуемом районе разбивается сеть пунктов или профилей и в каждом пункте берется проба почвенного воздуха для определения содержания в нем содержания радиоактивных газов, эманаций ртути или углеводородных газов (при поисках нефти и газа), CO₂, O₂ (в зонах окисления рудных месторождений), и наконец, SO₃ и H₂S (при поисках серных месторождений).

Метод газовой съемки применяется при поисках масштаба 1:25 000 и 1:50 000.

Эманационная съемка

Эманационная съемка основана на изучении концентрации альфа-частиц, содержащихся в эманациях, т. е. газообразных продуктах распада радиоактивных веществ, взятых из подпочвенного воздуха. Эманирование пород определяется не только наличием и количеством радиоактивных элементов ряда урана, но и строением породы, ее плотностью, разрушенностью, трещиноватостью, влажностью, температурой и другими факторами.

Методика полевой эманационной съемки сводится к отбору проб подпочвенного воздуха с глубины до 0,5–1 м и определению с помощью эманометра концентрации радона в нем. Эманационная съемка может быть маршрутной и площадной. Масштабы работ изменяются от 1 : 2000 до 1:10 000. Расстояния между профилями при площадной съемке изменяются соответственно от 20 до 100 м, а шаг – от 2 до 10 м. Детальную эманационную разведку проводят в виде площадной съемки по сети (10–50) × (1–5) м.

В результате эманационной съемки строят графики и карты равных концентраций радона (СЭ) и на них выделяют аномалии – участки повышенного содержания радона. В целом глубинность эманационной съемки не превышает 5–10 м.

Биогеохимический метод поисков.

Биогеохимический метод в значительной мере основан на представлениях о вторичных ореолах рассеяния. Он базируется на связи растительных организмов с питающей средой. В грубом приближении можно сказать, что резко повышенное количество какого-либо элемента в золе растения указывает на его повышенное содержание в почве и коренных породах, тем самым давая поисковый признак соответствующего месторождения.

Для поисков месторождений биогеохимическим методом можно использовать любые растения, отдавая предпочтение тем, которые имеют глубокую корневую систему. Биогеохимическая съемка проводится следующим образом: прокладываются поисковые профили с интервалом 500-1000 м, на каждом профиле через интервалы 50-100 м собирают листья или ветки растений в количестве 15-20 г. Кроме того, на заведомо безрудных породах собирают листья или ветки таких же растений, чтобы иметь золу с фоновыми содержаниями.

Результаты анализов наносятся на геологическую карту, на основе которых строят карты изолиний искомых элементов. По полученным данным судят об ореолах рассеяния и возможном местоположении рудных тел и наличие слепых рудных тел на глубине.

По глубинности биогеохимический метод превосходит металлометрическую съемку, но уступает гидрогеохимическому методу. Максимальная глубина, доступная для поисков данным методом, определяется геологическими, геоботаническими и почвенно-географическими условиями, из которых важнейшим является глубина проникновения корней растений: наиболее достоверной является цифра 20-30 м.

Геоботаническая съемка

Этот метод близок к биогеохимическому. Известно, что между рудной залежью и растительным покровом на поверхности существует взаимосвязь, проявляющаяся в перимущественном распространении некоторых определенных видов растений.

Сущность геоботанического метода поисков заключается в том, что в облике и строении флоры стремятся обнаружить такие особенности, которые связаны с определенным полезным ископаемым. Опыт показывает, что такая связь существует, но пользоваться ею можно только в пределах районов с одним климатом.

Геоботанический метод может быть использован в нескольких направлениях: 1) для составления литологических карт, 2) для обнаружения неглубоко залегающих грунтовых вод, благотворно влияющих на рост растительности, 3) для поисков соляно-купольных структур и новейших тектонических нарушений, 4) для обнаружения битуминозности, нефти, бора, серы и т.д., 5) для поисков рудных месторождений.

3.2.2. Геофизические методы поисков

Существуют различные виды классификации геофизических методов исследования по: используемым полям (грави-, магнито-, электро-, сейсмо-, термогеофизика и ядерная геофизика); технологиям и месту проведения работ (аэрокосмические, полевые, акваториальные, подземные методы и геофизические исследования скважин); прикладным, целевым направлениям и решаемым задачам (глубинная, региональная, разведочная, инженерная и экологическая геофизика); видам деятельности (теоретическая, инструментальная, экспериментальная, вычислительная и интерпретационная геофизика).

Кроме того, геофизические методы подразделяют по способам проведения работ, масштабам (мелко-, средне-, крупномасштабные).

Гравиметрический метод основан на зависимости силы тяжести на поверхности Земли от плотности горных пород. Использует распределение силы тяжести и определяет различие в плотности горных пород.

Определение аномалий силы тяжести и вторых производных потенциала от тел известной формы, глубины залегания, размера и плотности носит название прямой задачи гравиразведки. Определение местоположения, формы, глубины залегания, размеров и плотности тел по известным аномалиям Δg или вторых производных потенциала силы тяжести называется обратной задачей гравиразведки.

Следует различать виды работ по месту их проведения. Выделяют наземную, морскую, воздушную, подземную и скважинную съемки. Не менее важно разделение по масштабу работ. Съемки, проводимые для выявления региональных аномалий и наиболее общих закономерностей структуры поля в масштабах 1:200 000 и меньше, называют региональными. По результатам региональных съемок можно выделить отдельные крупные аномальные зоны, где затем производятся так называемые поисковые съемки. Они выполняются в масштабах 1:100 000–1:50 000 и обычно направлены на поиск месторождений полезных ископаемых..

Обычно используется площадная съемка, при которой участок покрывается сетью наблюдений. Маршрутная съемка проводится по отдельному профилю. Одним из важнейших этапов методики является выбор масштаба съемки. От него зависит и густота сети. При проведении разведочной съемки в масштабе 1:10 000 расстояние между профилями должно составлять не более 100 м. Шаг по профилю либо равен расстоянию между профилями, либо меньше него, но не более чем в 5 раз (при прямоугольной съемке).

Измеренные показания могут быть как абсолютными (измеряется сама величина силы тяжести, например, 981,2573 мГал), так и относительными (в этом случае измеряется разность силы тяжести в двух соседних пунктах).

Существует много различных конструкций гравиметров: кварцевые (ГНУ КС) (слайд 2), маятниковые (слайд 3), пружинные, баллистические (слайд 4), квантовые, инерциальные, автоматические (слайд 5), криогенные, струнные (слайд 6).

Результаты проведенных исследований отражаются на различных картах (рис. 14), схемах и графиках с геологическими картами, разрезах, моделях. Гравиразведка в полном комплексе с другими геофизическими методами широко используется при региональном тектоническом районировании суши и акваторий. Гравиразведка применяется в комплексе с другими геофизическими методами для поисков рудных и нерудных ископаемых, причем она привлекается как для крупномасштабного картирования и выявления тектонических зон и структур, благоприятных для залегания тех или иных ископаемых, так и для непосредственных поисков и разведки месторождений.

Магнитометрический метод основан на определении аномалии магнитного поля, которая вызывается различной магнитной проницаемостью горных пород.

СХЕМА ГРАВИТАЦИОННЫХ АНОМАЛИЙ
(оцифровка условная)

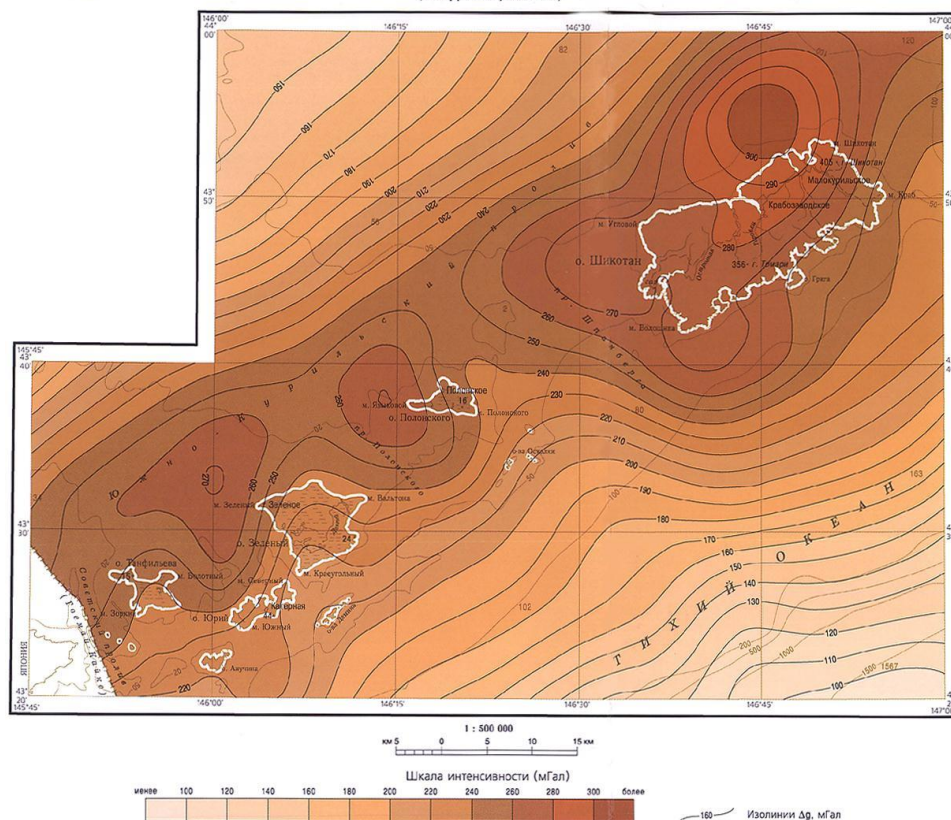


Рис. 14. Карта локальных гравитационных аномалий

Значения параметров магнитного поля Земли зависят, с одной стороны, от намагниченности Земли, а с другой стороны, от интенсивности намагничения геологических формаций, обусловленной разными магнитными свойствами пород и напряженностью магнитного поля Земли как в настоящее время, так и в прошедшие геологические эпохи (аномальное поле). От других методов разведочной геофизики магниторазведка отличается наибольшей производительностью (особенно аэромагниторазведка).

Магниторазведка является наиболее эффективным методом поисков и разведки железорудных месторождений. Она широко применяется и при геологическом картировании, структурных исследованиях, поисках полезных ископаемых, изучении геологической среды. Магнитные методы применяются не только для разведки, но и для глобальных исследований геомагнетизма и палеомагнетизма. Глубинность магниторазведки не превышает 50 км. Единицей напряженности геомагнитного поля (Т) в системе СИ принят ампер на метр (А/м). нТл

В комплексе с другими геофизическими методами магниторазведку применяют для решения задач региональной геологии и структурно-тектонического районирования, т.е. выделения региональных структур, зон разломов, контактов пород разного состава, сводов и впадин кристаллического фундамента. Магниторазведка особенно эффективна для картирования интрузивов и эффузивов, выделяющихся высокими значениями индуцированной и остаточной намагниченностей..

По способности к намагничиванию – магнитной восприимчивости все вещества делятся на диамагнитные и парамагнитные. Диамагнитными свойствами обладают кварц, кальцит, апатит, барит, флюорит, соль, гипс и другие нерудные минералы. К

магнитным относятся минералы и породы, содержащие в своем составе магнетит, титаномагнетит, гематит, пирротин и др. Вещества с высокой магнитной восприимчивостью называются ферромагнитными.

Магнитометрия высоко эффективна при поисках месторождений магнетитовых руд, при этом интенсивные магнитные аномалии рассматриваются как прямой поисковый признак. Магниторазведка применяется при поисках таких полезных ископаемых, как полиметаллические, сульфидные (рис. 15), медно-никелевые,

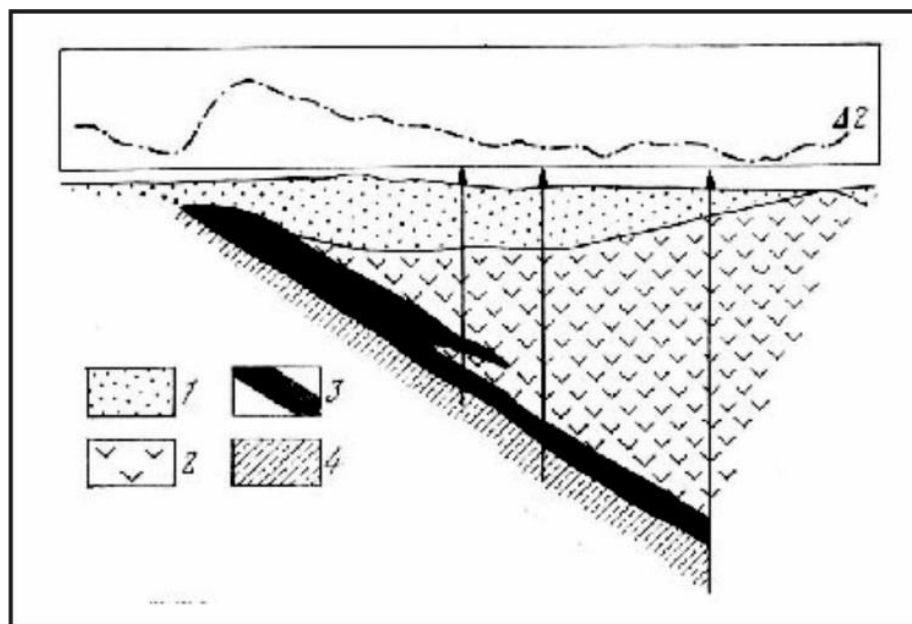


Рис. 15. График изменения вертикальной составляющей напряженности магнитного поля (ΔZ) над сульфидными медно-никелевыми рудами

марганцевые руды, бокситы, россыпные месторождения золота, платины, вольфрама, молибдена и др. Кроме того, по данным магнитной съемки выявляются зоны, благоприятные для рудообразования (сбросы, контакты и т.п.). Хорошие результаты получают при разведке кимберлитовых трубок, к которым приурочены месторождения алмаза.

Для производства магнитных измерений разработана высококачественная отечественная аппаратура: наземные магнитометры – М-18, М-20, М-23, М-27; аэромагнитометры – АСГ-48, АММ-13, АЯАМ-6 и др. В настоящее время для проведения наземных поисковых работ используются опытно-механические, квантовые, протонные, оберхаузеровские и другие модели магнитометров.

Каротаж. На месторождениях магнитных руд каротаж магнитной восприимчивости является важнейшим методом скважинной геофизики. С его помощью устанавливают и уточняют границы рудных тел, в рудах определяют содержания железа, связанного с магнетитом. Определение железа магнетитового осуществляется на основе градуировочных графиков зависимости магнитной восприимчивости от содержания железа магнетитового (общего).

Электроразведка

Электроразведка (точнее электромагнитная разведка) объединяет физические методы исследования геосфер Земли, поисков и разведки полезных ископаемых, основанные на изучении электрических и электромагнитных полей, существующих в

Земле в силу естественных космических, атмосферных, физико-химических процессов, либо созданных искусственно. Электрометрические методы основаны на различной электропроводности горных пород с поверхности земли.

В электроразведке сейчас насчитывается свыше пятидесяти различных методов и модификаций, предназначенных как для глубинных исследований, так и для изучения верхней части разреза. В зависимости от принципа исследования их можно разделить на следующие группы: методы сопротивлений (методы постоянного тока) и электромагнитные методы.

Методы кажущихся сопротивлений

Методы кажущихся сопротивлений основаны на пропускании в земле с помощью пары электродов известного постоянного тока и измерении напряжения, вызванного этим током, с помощью другой пары электродов. Увеличение разноса токовых электродов влечет увеличение глубинности исследования и является зондирующим фактором для вертикального электрического зондирования (ВЭЗ). Кроме ВЭЗ к группе относятся его модификации, основанные на измерении амплитуд (ВЭЗ-ВП) и фаз (ВЭЗ-ВПФ) поля вызванной поляризации, однополюсное комбинирование (ОКЭЗ) и дипольное (ДЭЗ) электрическое зондирование, а также электропрофилирование (ЭП).

Методы сопротивлений не относятся к электромагнитным методам, так как хотя в реальности применяется не постоянный, а низкочастотный ток, но магнитное поле в данной группе методов не фигурирует. По данным методов сопротивлений можно узнать распределение в среде удельного сопротивления и вектора вызванной поляризации.

Электромагнитные зондирования применяют главным образом при региональных, структурно-картировочных и разведочных исследованиях, когда ставятся задачи расчленения геологического разреза на слои и блоки, определения последовательности залегания пластов и картирования тектонических структур, в частности при поисках месторождений нефти и газа. Электротомография применяется для задач рудной разведки, экологических и инженерно-геологических задач.

Индукционные методы

К группе методов относится огромное количество различных модификаций, суть которых можно описать следующим образом. Под влиянием переменного электрического или магнитного поля в земле за счет феномена магнитной индукции возникает электромагнитное поле. Зная точно параметры источника поля, можно измерять различные электрические и магнитные компоненты индуцированного поля, восстанавливая по ним параметры среды. При переносе по профилю или площади установки с постоянными размерами, частотой или временем, получают электромагнитные профилирования.

Выделяют симметричное электропрофилирование (СЭП), когда профильное перемещение установки осуществляют с постоянным разносом электродов приемной цепи MN и питающей цепи АВ и вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ), когда измерения проводят по пунктам с различными размерами установок.

Скважинная электроразведка

Скважинной электроразведкой называют способ объёмного изучения межскважинного пространства. Сюда относят все варианты электрического профилирования в скважинах (ЭПС), методы вызванной поляризации (ВПС, ВПФС), естественного электрического поля (ЕЭПС, ПЕЭМПС), электрической корреляции (МЭК),

погруженных электродов (МПЭ), в том числе методы электрического (МЗ) и магнитного (МЗМ) заряда, контактный и бесконтактный способы поляризационных кривых (КСПК, БСПК), а также все виды скважинного электромагнитного профилирования, основанные на изучении поля дипольного источника (ДЭМПС), незаземлённой петли (НПС), переходных процессов (МППС), радиоволновое просвечивание (РВП) и др. Скважинные модификации применяют для поисков залежей полезных ископаемых в околоскважинном и межскважинном пространствах, изучения формы, размеров и компонентного состава залежи, а также для увязки результатов наземных и скважинных наблюдений.

Сейсмическая разведка (сейсморазведка) – это геофизический метод исследования строения земной коры, поисков и разведки залежей нефти и газа, а также других полезных ископаемых, основанный на изучении распространения упругих волн, возбужденных искусственно с помощью взрывов или ударов.

Скорость распространения сейсмических волн в породах различной плотности неодинакова: чем плотнее порода, тем быстрее проникают сквозь нее волны. На границе раздела двух сред с различной плотностью упругие колебания частично отражаются, возвращаясь к поверхности земли, а частично преломившись, продолжают свое движение вглубь недр до новой поверхности раздела (рис. 16). Отраженные сейсмические волны улавливаются сейсмоприемниками. Интерпретируя данные колебаний, можно определить глубины залегания сейсмогеологических границ, их падение, простирание, скорости волн, а используя геологические данные, установить геологическую природу выявленных границ.

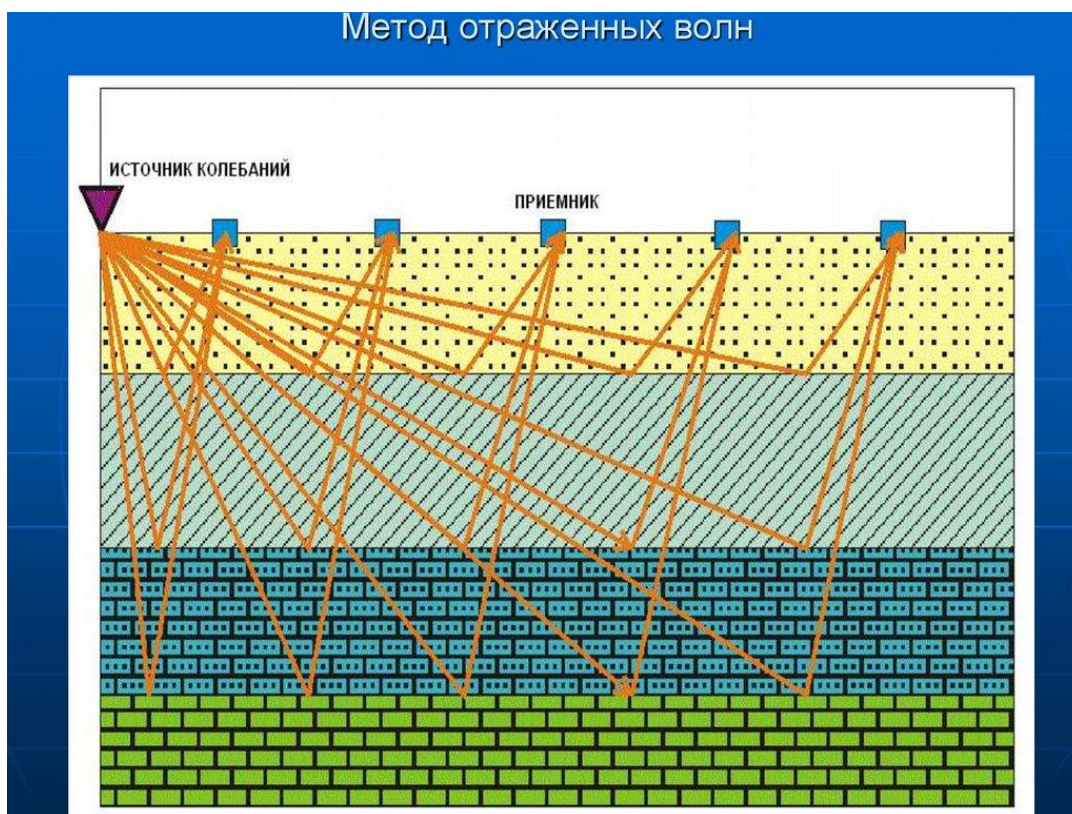


Рис. 16. Проведение сейсморазведки методом отраженных волн

По решаемым задачам различают глубинную, структурную, нефтегазовую, рудную, инженерную сейсморазведку. По месту проведения сейсморазведка подразделяется на наземную, акваториальную (морскую), скважинную и подземную, а по частотам колебаний

упругих волн можно выделить высокочастотную (частоты свыше 100 Гц), среднечастотную (несколько десятков герц) и низкочастотную (частоты менее 10 Гц) сейсморазведку. Результаты проведения сейсмических исследований отражаются на сейсмограммах – записях сейсмических колебаний одним или множеством сейсмических приёмников (рис. 17).

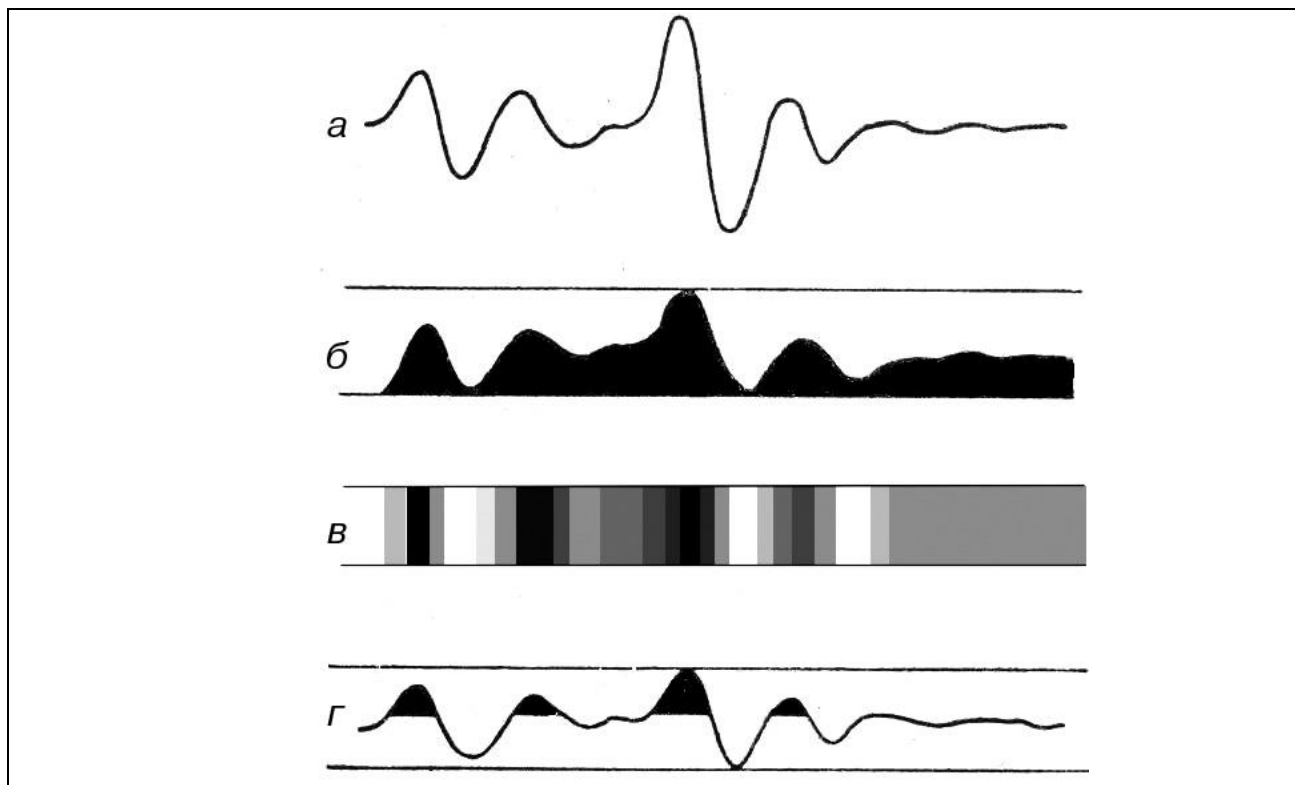


Рис. 17. Способы изображения сейсмического сигнала
 а – способ отклонений; б – способ переменной ширины; в – способ переменной плотности; г — смешанный способ

Прямые поиски и разведка рудных месторождений с помощью сейсморазведки практически не проводятся. Основным методом рудной сейсморазведки длительное время являлся лишь метод преломленных волн. Особенно широко МПВ применяется для изучения поверхности коренных пород. Скользящая преломленная волна позволяет определить глубину залегания горных пород, выявлять зоны их нарушений, трещиноватости. В последние годы в рудной сейсморазведке применяются и другие классы волн: обменные, отраженные, рефрагированные.

Ядерная геофизика объединяет физические методы поисков и разведки радиоактивных руд по их естественной радиоактивности (радиометрия) и поэлементного анализа горных пород путем изучения вызванной радиоактивности (ядерно-геофизические методы). Ядерная геофизика характеризуется малой глубиной исследований (десятки сантиметров) вследствие быстрого поглощения ядерных излучений окружающими породами и воздухом. Однако продукты радиоактивного распада способны мигрировать, образуя вокруг пород и руд газовые, водные и механические ореолы рассеяния, по которым можно судить о радиоактивности коренных пород.

Основным методом радиометрии является гамма-съемка (ГС), предназначенная для изучения интенсивности гамма-излучения. Гамма-методы служат для поисков и разведки

не только радиоактивных руд урана, радия, тория и других элементов, но и парагенетически или пространственно связанных с ними нерадиоактивных полезных ископаемых (редкоземельных, металлических, фосфатных и др.). С их помощью можно определять абсолютный возраст горных пород.

Известно несколько десятков ядернофизических методов и их модификаций, которые различаются по физической сущности, своим возможностям, областям применения, кругу решаемых задач и широте использования. Наибольшим распространением обладают три группы методов: гамма-методы, нейтронные методы, радиометрические методы.

3.2.3. Горно-буровые методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых

Горные и буровые работы применяются почти всегда и на всех этапах поисков в качестве вспомогательного метода, а также как самостоятельный метод поисков. Они широко применяются для взятия шлиховых и геохимических проб, проверки геофизических аномалий, а также для вскрытия выходов рудных тел, прослеживания их и оконтуривания. С этими же целями, но при большей мощности наносов, используются буровые скважины. Особое значение имеют буровые работы при поисках полезных ископаемых в закрытых районах. Буровые работы применяются для получения геологических данных, при геофизических исследованиях, геохимических методах поисков, а также для проверки выявленных аномалий.

Разведочные горные выработки (рис. 18) делятся на легкие (поверхностные, неглубокие) и тяжелые (подземные). К первым относятся расчистки, канавы, неглубокие шурфы и скважины; ко вторым – штольни, глубокие шурфы, разведочные шахты, квершлагги, гезенки, восстающие, орты, рассечки и глубокие скважины.

Расчистка – горная выработка, обычно неправильной формы, которая проводится по склону возвышенности или в борту долины с целью удаления почвенно-растительного покрова и рыхлых отложений, закрывающих выходы коренных пород.

Копуши – простейшие обычно ямообразные горные выработки небольшого поперечного сечения, которые проходятся главным образом для вскрытия почвенных горизонтов, подлежащих геохимическому опробованию, для отбора шлиховых проб из аллювиальных отложений, или для вскрытия коренных пород, залегающих под наносами на глубине не более 0.5-0.6 м.

Разведочной канавой – называется горизонтальная или наклонная горная выработка незначительной глубины и ширины по сравнению с длиной. Глубина их редко превышает 2.5-3.0 м, а длина 10-50 м. Но иногда в пределах рудных полей и крупных месторождений проходятся канавы длиной до нескольких километров. Они носят название магистральных. Канавы применяют для пересечения пластов, жил, рудных тел, а также вскрытия контактов между породами и рудами. Разрезы канав бывают прямоугольные, трапециевидные и ступенчатые.

Шурфы – вертикальные горные выработки прямоугольного реже квадратного сечения, которые проходятся непосредственно с дневной поверхности до коренных пород или полезного ископаемого. Глубина их от 35 м до 10 м, реже от 20 до 40 м.

Разведочная шахта – это вертикальная горная выработка прямоугольного реже квадратного сечения, имеющая выход на дневную поверхность. глубиной (от нескольких десятков метров до сотен метров), большими размерами поперечно сечения (от 6 до 12-14 м²).

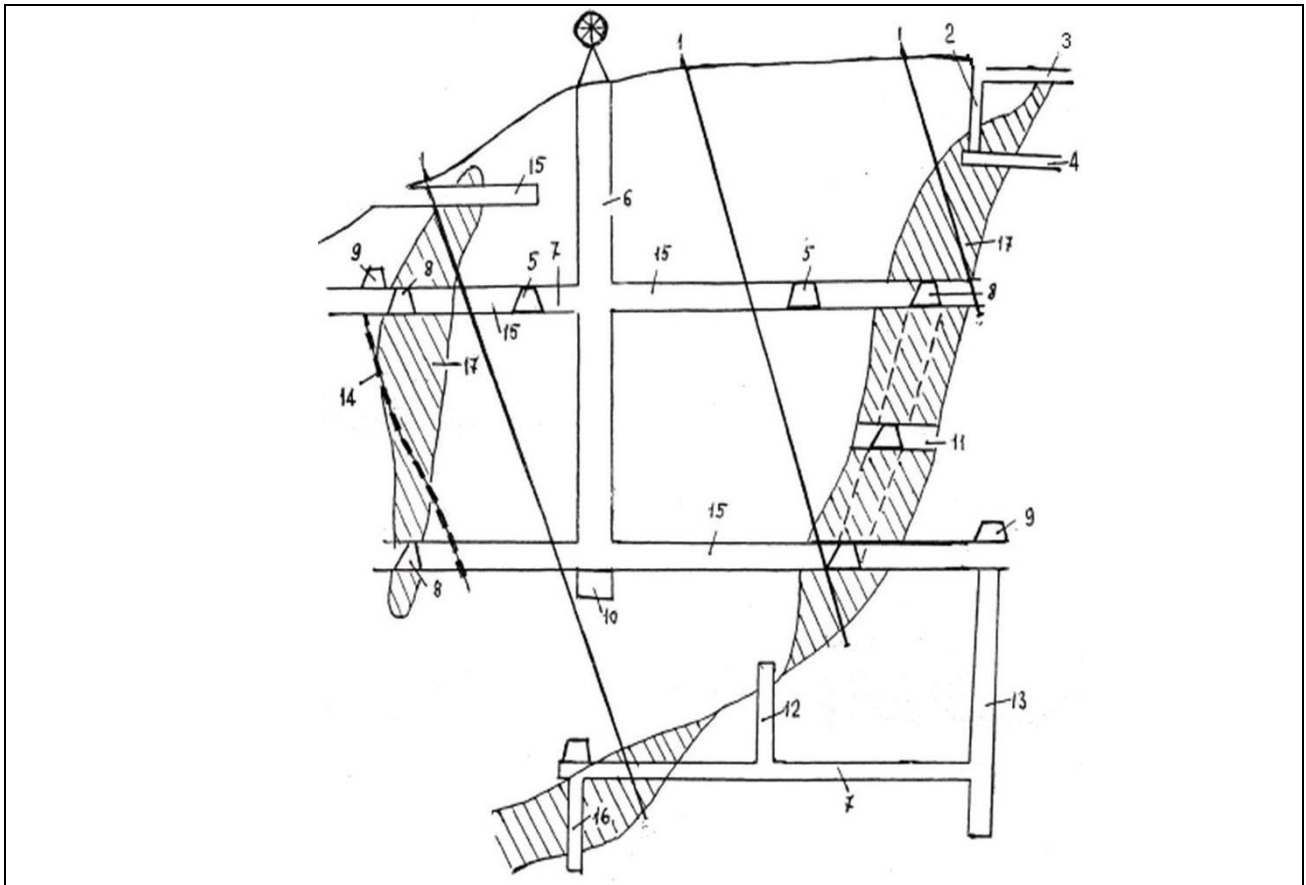


Рис. 18. Основные типы горных выработок

1 – скважины, 2 – шурф, 3 – канава, 4 – рассечка, 5 – штрек, 6 – шахтный ствол, 7 – квершлаг, 8 – рудный штрек, 9 – камера, 10 – зумпф, 11 – орт, 12 – восстающий, 13 – ствол слепой шахты, 14 – подземная скважина, 15 – штольня, 16 – гезенк, 17 – рудное тело

Штольня – горизонтальная подземная выработка, имеющая один выход на дневную поверхность. Штольни могут проходиться только в условиях благоприятного рельефа (наличия крутых горных склонов или склонов долин). Их длина от десятков и сотен метров до нескольких километров.

Квершлаг, штрек и орт – подземные горные выработки, не имеющие выхода на дневную поверхность и сообщающиеся с ней через ствол шахты или штольню. Квершлагом называется выработка по пустым породам вкрест их простирания. Штреком – выработка, проведенная по простиранию пустых пород или рудного тела, ортом – выработка, проведенная вкрест простирания пород по рудному телу и не выходящая за его пределы.

При подземных горных выработках различают кроме того, вертикальные горные выработки, не имеющие выходов на поверхность, проходимые из горизонтальных подземных выработок – восстающие, направленные вверх, слепые шахты и гезенки, направленные вниз.

Наклонные горные выработки являются промежуточными между горизонтальными и вертикальными и имеют соответствующие наименования близкой по типу выработки (наклонный штрек, шурф, наклонная шахта, штольня и т.д).

К разведочным горным выработкам относятся также буровые скважины (рис. 19) – выработки цилиндрической формы, имеющие незначительный, по сравнению с длиной, диаметр, пройденный буровым инструментом.

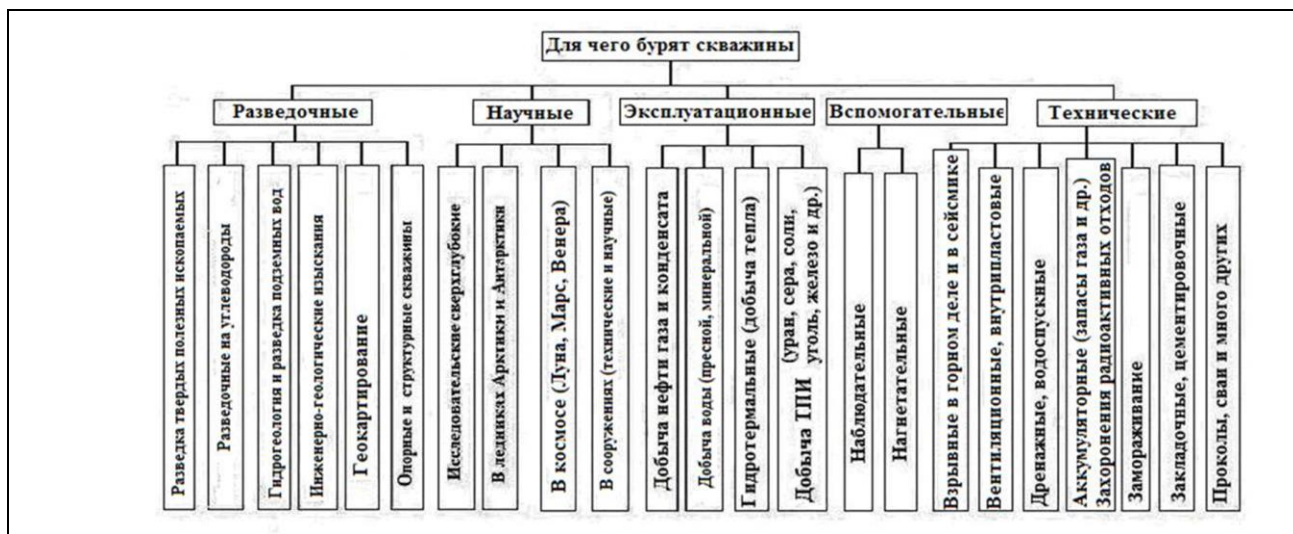


Рис. 19. Классификация буровых скважин в соответствии с их назначением

Выделяют 4 категории бурения скважины в зависимости от их глубин:

- мелкое бурение - до 1500 м;
- бурение на средние глубины - до 4500 м;
- глубокое бурение - до 6000 м;
- сверхглубокое бурение - глубже 6000 м.

Область применения бурения многогранна: поиски и разведка полезных ископаемых; изучение свойств горных пород; добыча жидких, газообразных и твёрдых (при выщелачивании и выплавлении) полезных ископаемых через эксплуатационные скважины; производство взрывных работ; выемка твёрдых полезных ископаемых; искусственное закрепление горных пород; осушение обводнённых месторождений и заболоченных районов; вскрытие и опробование месторождений; прокладка подземных коммуникаций; сооружение свайных фундаментов и др.

Классификация способов бурения

По способу воздействия на горные породы различают механическое и немеханическое бурение. При механическом бурении буровой инструмент непосредственно воздействует на горную породу, разрушая ее, а при немеханическом разрушение происходит без непосредственного контакта с породой источника воздействия на нее. Немеханические способы: гидравлический, термический (огнеструйное, плазменное, лазерное), электрофизический (электроимпульсное, электрогидравлическое, электромагнитное) находятся в стадии разработки и для бурения нефтяных и газовых скважин в настоящее время не применяются.

Механические способы бурения подразделяются на вращательное и ударное.

Нефтяные и газовые скважины сооружаются методом вращательного бурения. При данном способе породы дробятся не ударами, а разрушаются вращающимся долотом, на которое действует осевая нагрузка. Крутящий момент передается на долото или с поверхности от вращателя (ротора) или от забойного двигателя (турбобура, электробура, винтового двигателя).

По характеру разрушения горных пород на забое различают сплошное и колонковое бурение. При сплошном бурении разрушение пород производится по всей площади забоя. Колонковое бурение применяется при бурении скважин диаметром 45-130 мм глубиной до 1000 м; разрушение породы осуществляется по периферийной (кольцевой) части забоя скважины с сохранением нетронутой центральной части (керна).

Работы по перевооружения геологоразведочной службы новой техникой были начаты в 1957—1960 гг. В период 1957—1966 гг. были созданы буровые станки типа ВИТР-2000, СБА-500, СБА-800.

Однако широкое внедрение алмазного бурения и задачи механизации и автоматизации вспомогательных операций при проводке скважин выдвигают новые требования перед буровым машиностроением.

При ударно-вращательном бурении к породоразрушающему инструменту приложены усилие подачи, крутящий момент и ударные импульсы определенной частоты и силы. Для создания ударных импульсов могут быть использованы устройства, работающие в инфразвуковом (<20 Гц), звуковом (20–20 000 Гц) и ультразвуковом (>20 000 Гц) диапазонах частот.

При взрывном бурении компоненты, образующие взрывчатую смесь, в капсулах доставляются на забой, где при ударе происходит их смешение. Они могут подаваться на забой и раздельно по трубопроводам; там они смешиваются и взрываются.

При электрогидравлическом бурении электрический разряд в жидкости образует кавитационные полости, при заполнении которых происходит гидравлический удар, или проходит непосредственно через породу благодаря заполнению скважины диэлектрической жидкостью.

При имплозионном бурении в скважину подают герметически закрытые капсулы, из которых предварительно удален воздух. В момент разбивания капсул о забой происходит интенсивное смыкание вакуумной полости. Жидкость, окружающая вакуумную полость, под воздействием гидростатического давления приобретает большую скорость, и порода разрушается под действием импульсов высоких давлений.

Энергия высоконапорных струй жидкости может использоваться для разрушения породы в комбинации с резцовыми или шарошечными долотами или самостоятельно. При соответствующей конструкции гидромониторных насадок можно получить эффект кавитации струи промывочной жидкости непосредственно на забое скважины.

Создан инструмент для гидравлического бурения гидрогеологических скважин в мягких породах. Жидкость с большой скоростью истекает из сопел конусной головки и размывает грунт. Эффективно также разрушение пород прерывистой импульсной струей, выбрасываемой из сопла отдельными порциями при давлениях 300–500 МПа.

При эрозионном гидромониторном бурении порода разрушается струей жидкости, вытекающей из гидромониторных насадок при перепаде давления около 35 МПа со скоростью не менее 200 м/с и содержащей абразивный материал (кварцевый песок, стальную дробь) в концентрации 5–15 % по объему.

При термическом разрушении пород их нагрев осуществляется путем передачи им непосредственно тепловой энергии (прямой нагрев) или электромагнитной и лучевой энергии (косвенный нагрев).

Методы с прямым нагревом породы: огнеструйный (воздействие на породу тепла сгорающего топлива и усилия газового потока); плазменный (передача воздействия тепла от плазмы, возникающей при прохождении электрического тока через газы); плазменно-огнеструйный (передача тепла от плазмы, возникающей при прохождении электрического тока через пары топлива); электродуговой (передача тепла от электрической дуги);

электронагревательный (нагрев за счет тепла, образующегося при преобразовании в снаряде электрической энергии в тепловую); атомный (использование тепла, выделяемого в атомных реакторах); циклический (воздействие тепла и холода).

Методы с косвенным нагревом породы: электротермический (разрушение породы в результате диэлектрического нагревания с использованием токов низкой, высокой и сверхвысокой частоты); электроиндукционный (нагрев с помощью высокочастотных магнитных полей); лазерный (нагрев и разрушение породы за счет передачи ей лучевой энергии); электронно-лучевой (путем воздействия на породу потоков электронов).

Огнеструйное бурение – способ разрушения пород путем их нагрева посредством сжигания химического топлива (керосин, спирт, бензин, мазут, соляровое масло, природный газ) в среде окислителя (кислород, воздух, азотная кислота) в реактивной горелке. При этом на породу действует газовая струя, выходящая из сопла горелки со сверхзвуковой скоростью.

Термическое бурение применяется в промышленных масштабах при открытых работах. Ручные термобуры позволяют бурить шпуры глубиной до 1,5–2 м, а с помощью станков для термического бурения можно бурить скважины глубиной 8–50 м и диаметром 160–250 мм.

Плазменное бурение представляет собой нагрев пород с помощью плазменных генераторов. Плазма возникает в плазменных генераторах (плазмотронах) при прохождении электрического тока через газы (воздух, кислород, водород, аргон, гелий, неон, водяной пар, метан, пропан). При бурении используются температуры нагрева 2000–2500 °С.

При термодинамическом бурении в газовый поток добавляется твердая фаза (например кварцевый песок) через специальную насадку на срезе сопла Лаваля, что приводит к интенсификации теплообмена газового потока и породы.

Электродуговое бурение основано на локальном нагревании породы электрической дугой постоянного и переменного тока промышленной частоты за счет выделения тепла дуги и передачи его породе, а также за счет тепла, выделяющегося при прохождении тока через локальные участки породы. Электрическая дуга создает температуру от 5500 до 16 700 °С.

При термодетонационном бурении горение топлива происходит с большими скоростями и сопровождается образованием детонационных волн. Регулируя частоту импульсов, можно изменять соотношение между механической и тепловой энергией, затрачиваемой на разрушение пород. Импульсное воздействие факела на породу приводит к возникновению в ней знакопеременных нагрузок и к увеличению теплоотдачи.

При электронагревательном бурении тепловая энергия преобразуется из электрической в буровом снаряде или в теплоносителе, которым может быть как твердое (например буровой инструмент), так и жидкое тело (например, расплавленные породы и минералы). Разрушение породы в основном происходит за счет ее плавления.

Атомное бурение является разновидностью нагревательного способа бурения. Используется тепло, выделяемое атомным реактором.

Циклическое бурение предусматривает периодичность воздействия на забой горячих и холодных агентов.

Бурение с помощью лучевой энергии – способ разрушения породы с помощью оптических квантовых генераторов (лазеров), которые излучают электромагнитные волны определенной длины с очень слабо расходящимся пучком, что дает возможность не только термически разрушать породы, но даже расплавлять или испарять их. Электронно-лучевой способ разрушения пород основан на ускорении движения электронов между катодом и

анодом при напряжениях от 5 до 150 кВ. Электроны, эмиссированные с катода, фокусируются на забое при помощи смещающего напряжения, а также электростатических и электромагнитных линз.

При термомеханическом способе бурения тепловая энергия используется для снижения сопротивляемости пород последующему механическому разрушению. Это качественно новый процесс, характеризующийся большей эффективностью показателей термического и механического способов разрушения породы в отдельности.

4. Методика разведки месторождений полезных ископаемых

Геологоразведочные работы на данном этапе проводятся с целью изучения геологического строения вновь выявленных и ранее разведывавшихся месторождений, получения информации о количестве и качестве запасов, минеральном и химическом составе полезного ископаемого, его технологических свойствах и других особенностях месторождения с полнотой и достоверностью, обеспечивающих промышленную оценку месторождения, обоснование решения о порядке и условиях вовлечения его в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на его базе горного предприятия.

Объектом исследований является месторождение или его часть, закрепленная за пользователем в виде горного отвода оформленной лицензией (рис. 20). Этап включает две стадии: разведка месторождения и эксплуатационная разведка.

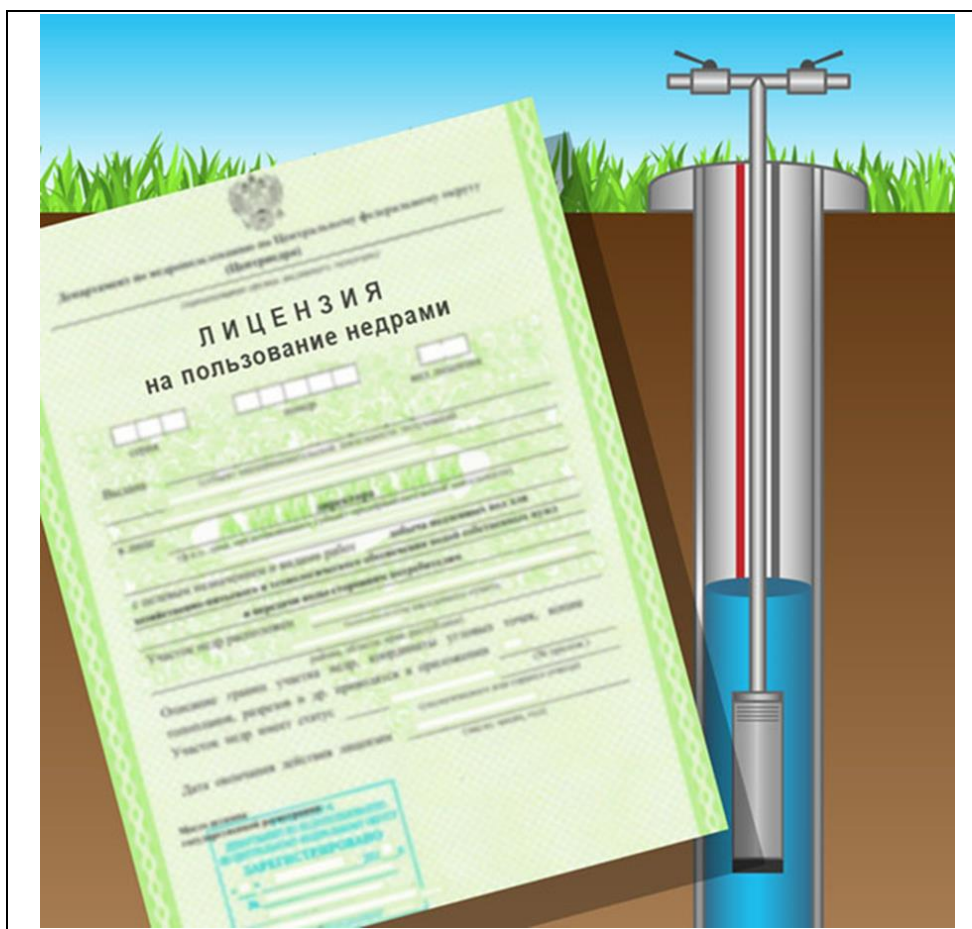


Рис. 20. Лицензия на пользование недрами

4.1. Разведка месторождения

Осуществляется с целью подготовки месторождения для промышленного освоения с подсчетом запасов по категориям: А+В+С₁+С₂. Основные оценочные параметры для подсчета запасов определяются технико-экономическим обоснованием постоянных разведочных кондиций (ТЭО). Для получения товарной продукции полезное ископаемое (руда) проходит полупромышленные технологические испытания. При положительной оценке перспектив месторождения составляется рабочий проект для строительства горнодобывающего предприятия.

При разведочных работах завершается изучение геологического строения месторождения с поверхности с составлением на инструментальной основе геологической карты. В зависимости от промышленного типа месторождения, его размеров, сложности строения, характера распределения и степени изменчивости тел полезных ископаемых геологическая съемка проводится в масштабе 1:10000 - 1:1000 с применением комплекса геофизических и геохимических методов исследований. Приповерхностные части месторождения вскрываются горными выработками (канавы, траншеи, шурфы) и мелкими скважинами. Разведка месторождений на глубину проводится скважинами до горизонтов, разработка которых экономически целесообразна. Месторождения сложного строения разведуются скважинами в сочетании с подземными горными выработками.

Вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучаются с детальностью, достаточной для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением полезных компонентов.

Гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические условия изучаются с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных для составления проекта разработки месторождения.

Выполняются работы по изучению и оценке запасов полезных ископаемых, залегающих совместно с основными, дается оценка возможных источников хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, производятся работы по выявлению местных строительных материалов.

По результатам разведочных работ разрабатывается технико-экономическое обоснование (ТЭО) постоянных разведочных кондиций, производится подсчет запасов основных и попутных полезных ископаемых и компонентов по категориям в соответствии с группировкой месторождений по сложности строения, дается детальная экономическая оценка промышленной ценности месторождения. Достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии тел полезного ископаемого подтверждается на представительных для всего месторождения участках детализации с квалификацией запасов на них по более высоким категориям разведанности.

Пространственное размещение и количество разведанных запасов, их соотношение по категориям устанавливаются недропользователем с учетом конкретных геологических особенностей месторождения, условий финансирования и строительства горнодобывающего предприятия и принятого уровня предпринимательского риска капиталовложений.

Технико-экономическое обоснование освоения месторождения, материалы подсчета запасов и результаты геолого-экономической оценки, включая обоснование постоянных разведочных кондиций, подлежит государственной геологической, экономической и экологической экспертизе.

При проектировании, вскрытии и эксплуатационных работах в пределах горного отвода продолжается разведка с целью изучения геологического строения месторождения, выявления и оконтуривания новых залежей и тел полезных ископаемых на флангах, глубоких горизонтах с переводом запасов категории С₂ в С₁, В, А. Уточняются вещественный состав, технологические свойства полезного ископаемого и горногеологические условия эксплуатации по ранее недостаточно изученным участкам.

4.2. Эксплуатационная разведка

Проводится в течение всего периода освоения месторождения с целью получения достоверных исходных данных для безопасного ведения работ, оперативного планирования горноподготовительных, нарезных и очистных работ, и обеспечения наиболее полной извлечения из недр запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов.

Основными задачами эксплуатационной разведки является уточнение контуров, вещественного состава и внутреннего строения тел полезного ископаемого, количества и качества запасов по технологическим типам и сортам руд с их геометризацией, уточнение гидрогеологических, горнотехнических и инженерно-геологических условий отработки по отдельным участкам, горизонтам, блокам.

По результатам эксплуатационной разведки производится уточнение схем подготовки и отработки тел полезного ископаемого, подсчитываются запасы подготовленных к отработке блоков и запасы готовые к выемке.

В состав работ стадии входят проходка специальных разведочных выработок, бурение скважин, опробование различными методами, геофизические исследования.

Для обеспечения рационального использования недр постоянно ведется учет потерь и разубоживания полезного ископаемого с группировкой потерь по месту их образования, определяются показатели извлечения количества полезного ископаемого и изменения его качества. Достоверность учета полноты и качества извлечения полезных ископаемых из недр подлежит проверке со стороны органов государственного геологического контроля и государственного горного надзора.

В процессе разработки месторождения при резком отклонении в отдельных частях месторождения геологических, горнотехнических, технологических и иных условий отработки, принятых в разведочных кондициях, а также в связи с изменением рыночной конъюнктуры на продукцию горного предприятия или других факторов, недропользователь имеет право разработать ТЭО эксплуатационных кондиций. Эксплуатационные кондиции разрабатываются на ограниченный временной период и должны быть привязаны к конкретным частям тел полезного ископаемого (горizontам, этажам, уступам и т.д.). ТЭО эксплуатационных кондиций и пересчитанные по этим кондициям запасы должны быть согласованы с местными органами управления, госгортехнадзором, органами, выдавшими лицензию, и, в необходимых случаях, пройти государственную экспертизу.

На протяжении всего этапа разведки и освоения месторождения ведется учет движения разведанных запасов по рудным телам, блокам и месторождению в целом с оценкой изменений запасов в результате их прироста, погашения, пересчета, переоценки или списания с баланса горного предприятия. Информация по движению запасов, добыче, потерях и обеспеченности предприятия разведанными запасами передается в установленном порядке в федеральный и территориальный фонды геологической информации.

5. Классификация и учет запасов твердых полезных ископаемых

Главные задачи подсчета запасов: оценка количества и качества минерального сырья, его размещения в недрах и степени изученности. Подсчет запасов осуществляется неоднократно по мере более детального изучения месторождения.

При подсчете запасов в соответствии с геологическими особенностями месторождения, принятыми кондициями и фактическим или проектным расположением разведочных выработок месторождение делят на части, называемые подсчетными блоками.

Все подсчетные блоки должны быть оконтурены и изображены на разрезах и проекциях. В каждом выделенном блоке подсчитывают запасы руды, иногда с разделением по типам и сортам, если это предусмотрено кондициями. На большинстве месторождений оценивают запасы полезных компонентов в руде как в целом, так и дифференцированно, с разделением по минеральной форме нахождения и по продуктам обогащения или переработки руды.

Соотношение количества запасов различных категорий служит критерием степени разведанности месторождений.

Категория А. Запасы находятся в блоке, ограниченном со всех сторон разведочными выработками. Разведанность блока должна обеспечивать: 1) полное выяснение условий залегания, формы и строения тел полезных ископаемых; 2) полное изучение качества и технологических свойств полезного ископаемого; 3) выделение и оконтуривание типов и сортов руд, некондиционных и безрудных участков внутри тела полезного ископаемого; 4) полное выяснение горно-технических условий разработки.

Категория В. Запасы оценивают в блоках, разведанных по густой систематической разведочной сети, допускается включение ограниченной зоны экстраполяции. Степень разведанности должна обеспечивать: 1) выяснение особенностей условий залегания, формы и строения тел полезных ископаемых; 2) выделение безрудных и некондиционных участков, типов и сортов руд внутри тел полезных ископаемых, а также закономерностей их пространственного размещения; 3) выяснение качества сырья; 4) выяснение основных горно-технических условий эксплуатации.

Категория С₁. Запасы оценивают в пределах блоков, разведанных по редкой систематической разведочной сети, границы блоков проводят на основе широкого использования интерполяции и экстраполяции данных разведочных выработок. К категории С₁ могут быть отнесены запасы неразведанных блоков, прилегающих к блокам с запасами категорий А и В.

Категория С₂. Запасы оценивают в пределах контуров благоприятных структур и комплексов горных пород. Условия залегания, форма и размеры рудных тел, качество сырья и его свойства, условия разработки месторождения определяют на основании геологических и геофизических данных, подтвержденных единичными разведочными выработками, или по аналогии с примыкающими участками, разведанными по более высоким категориям.

6. Опробование месторождений полезных ископаемых

С целью изучения вещественного состава полезного ископаемого, а также физико-механических свойств продуктивной толщи и вмещающих ее пород, при разведке проектом предусматривался отбор проб из керна скважин.

Опробование ответственный момент разведочных работ и, в конечном итоге, определяет достоверность качественных показателей полезного ископаемого.

Основные виды опробования следующие:

- рядовые пробы;
- групповые (объединенные) пробы;
- отбор сколков на шлифы;
- пробы на физико-механические испытания;
- пробы на радиационно-гигиенический анализ;
- лабораторно-технологические пробы;
- укрупненные (полузаводские пробы).

Рядовые пробы отбираются по продуктивной толще во всех скважинах. Отбор производится секциями с учетом литологических разностей, встреченных в разрезе продуктивной толщи. В случае монотонного строения разреза длина секций на новых объектах может составлять 1-2 м, на изученных месторождениях – 2-4 м. Рядовому опробованию также подлежат вскрышные и подстилающие породы.

После поэтапного сокращения конечный вес рядовой пробы составлял в зависимости от массы исходной пробы порядка 0,5 кг.

Конечная пробы делилась на две идентичные части, одна из которых являлась основной лабораторной пробой, другая – ее дубликатом. Пробы на внутренний и внешний контроль отбираются из дубликатов.

Групповые пробы формируются из рядовых проб и характеризуют природные разновидности руд, встреченных в разрезе полезной толщи, а в случае ее монотонного строения добычной уступ

Способы отбора проб

По увеличению степени достоверности способы отбора проб можно выстроить в следующий ряд: штуфной, точечный, шпуровой, бороздовый, задииковый и валовый.

Все способы пробоотбора можно разделить на: точечные, объемные и площадные, линейные. К точечным относятся – штуфной и точечный методы; к площадным – задииковый; к объемным – валовый; к линейным – шпуровой, бороздовый (и его разновидности).

7. Системы разведки

Под системой разведочных работ понимается такое пространственное размещение разведочных средств, которое дает возможность построить намеченные разрезы и провести необходимое опробование для подсчета промышленных запасов полезных ископаемых.

Среди основных видов буровых систем, применяемых в зависимости от геологических особенностей объекта разведки, выделяются:

- I. Системы вертикальных ударно-вращательных скважин.
 - II. Системы вертикальных ударно-канатных или колонковых скважин.
 - III. Системы наклонных колонковых скважин.
 - IV. Системы глубоких скважин переменной кривизны.
- Горными системами осуществляется наиболее достоверная разведка месторождений. Горные системы разделяются на три вида:
- V. Системы разведочных шурфов (рис. 21)
 - VI. Системы разведочных штолен (рис. 22).
 - VII. Системы разведочных шахт.

Особое место занимает группа комбинированных горно-буровых систем, с помощью которых разведываются большинство месторождений черных, цветных, редких и драгоценных металлов, а также неметаллических полезных ископаемых. В зависимости от

степени изменчивости свойств полезного ископаемого в одних системах преобладают горные выработки, в других – буровые скважины:

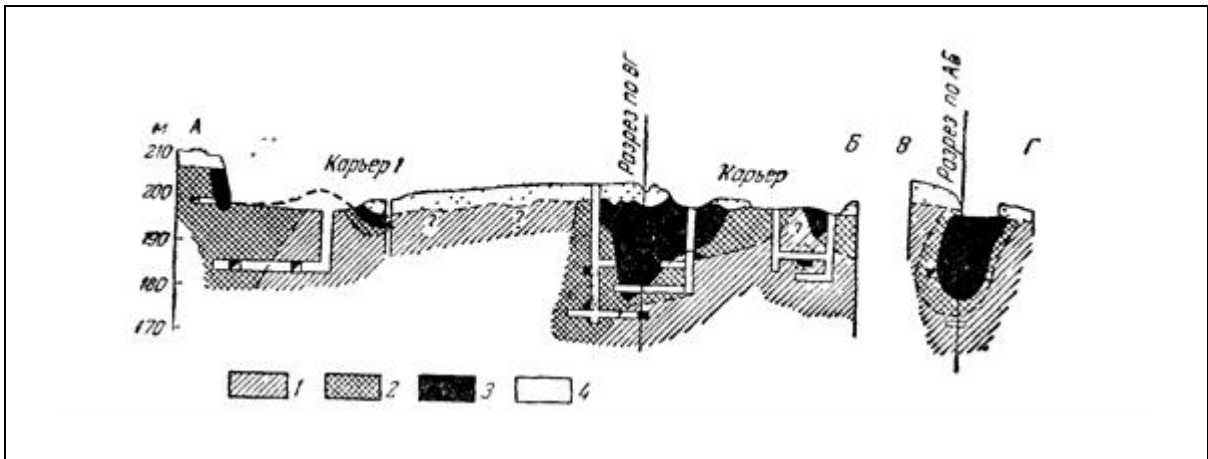


Рис. 21. Система шурфов с рассечками

1 – вторичные кварциты, 2 – андалузитовые породы, 3 – залежи корунда, 4 - делювий

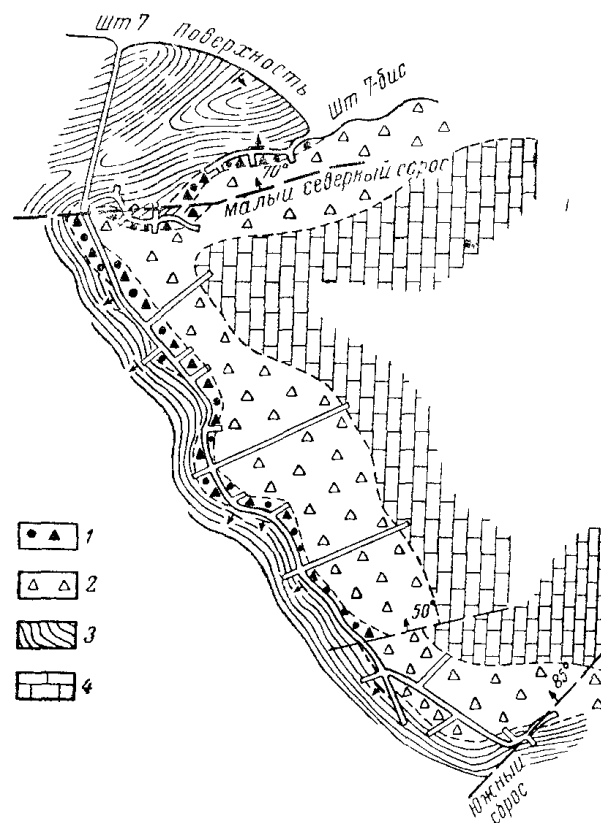


Рис. 22. Разведка штольнями с рассечками

1 – оруденелая брекчия промышленная, 2 – оруденелая брекчия непромышленная, 3 – сланцы, 4 - известняки

VIII. Системы ударно-вращательных скважин с контрольными шурфами.

IX. Системы разведочных штолен и буровых скважин.

X. Системы разведочных шахт и буровых скважин.

8. Подсчет запасов месторождений твёрдых полезных ископаемых

Запасы месторождений твёрдых полезных ископаемых подсчитывают в основном методами среднего арифметического, линейного, геологических и эксплуатационных блоков или методом разреза, а также другими второстепенными методами: статистического, метода треугольников, изогипс и изолиний, ближайшего района (рис. 23).

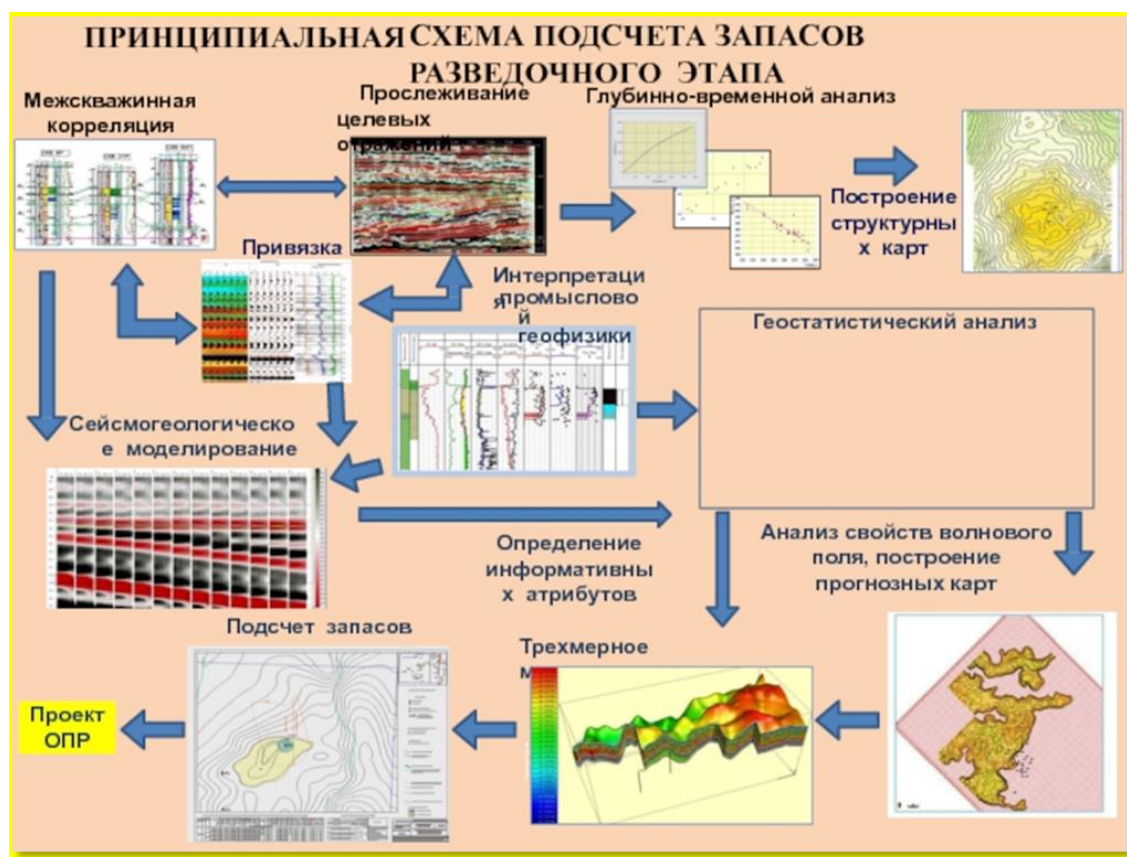


Рис.23 . Схема подсчета запасов

Метод среднего арифметического. Этим способом называются упрощенные приемы подсчета запасов, применяемые в тех случаях, когда месторождение разведано скважинами или горными выработками, пересекающими рудное тело по мощности. Средняя мощность тела полезного ископаемого и среднее содержание полезного компонента определяются как среднее арифметическое из данных, полученных по всем выработкам в пределах внутреннего контура.

Метод геологических блоков является универсальным. При этом методе в площади месторождения выделяются блоки, различные по степени разведанности, мощности, содержанию полезных основных и попутных компонентов, природным типам и сортам руд (рис. 24).

Запасы каждого блока подсчитываются по формулам:

$$V=Sm; Q=Vd; P=Q,$$

где V - объём тела полезного ископаемого; S - площадь тела на проекции; m -средняя горизонтальная или вертикальная мощность тела; Q -запасы полезного ископаемого, d -средняя плотность полезного ископаемого, C -среднее содержание полезного компонента (%). Оконтуривание и подсчёт запасов проводится по каждому блоку.

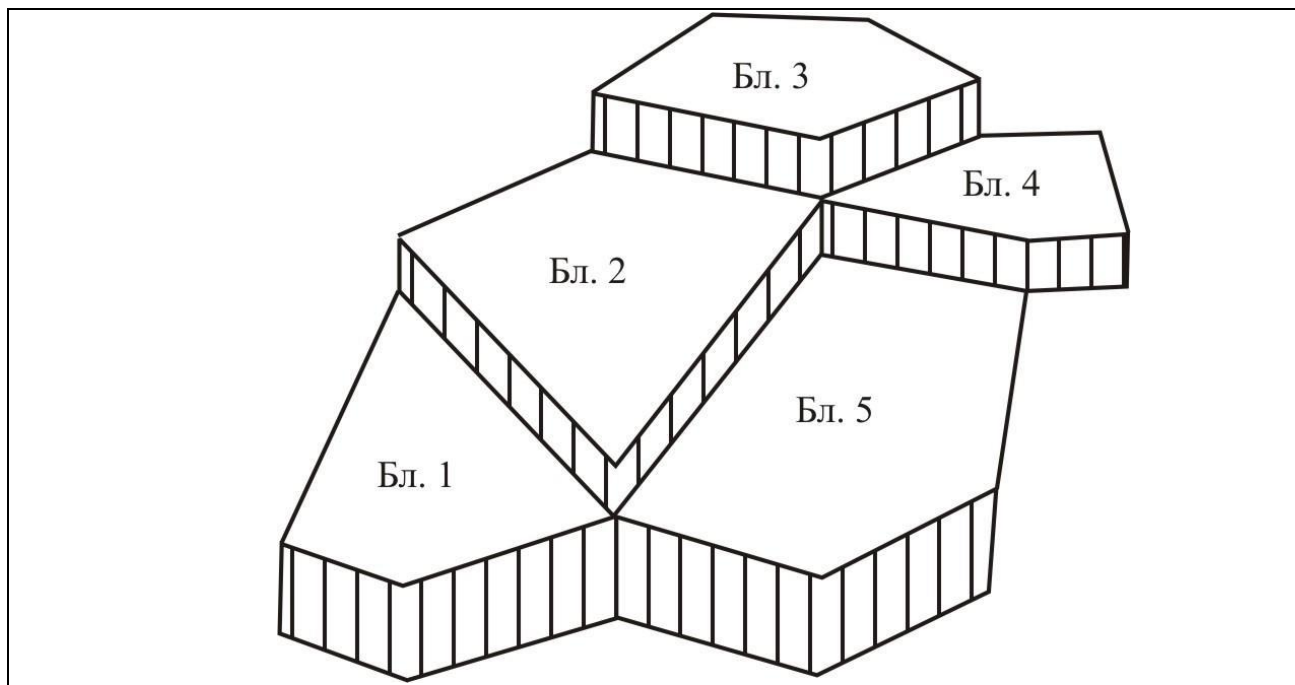


Рис. 24. Схема преобразования формы рудного тела в группу сомкнутых фигур различного размера при подсчете запасов способом геологических блоков

Подсчёт запасов по методу разрезов, который является основным методом подсчета запасов рудных и нерудных месторождений, наиболее полно учитывающим их геологические особенности. При этом способе подсчета рудные тела разбиваются на блоки, ограниченные геологическими разрезами, построенными по разведочным сечениям. Различаются две разновидности способа – вертикальных и горизонтальных разрезов.

Линейный способ. При подсчёте запасов россыпных месторождений применяют линейный способ, являющийся разновидностью метода разрезов. В начале определяют запасы полезных ископаемых и ценных компонентов в лентах шириной 1м по разведанным линиям, а затем на всю длину между ними.

Статистический способ заключается в подсчете запасов по данным разведки или эксплуатации выхода полезного ископаемого с единицы площади, который затем распространяется на всю минерализованную площадь.

Способ изогипс применяется для подсчета запасов выдержанных по мощности пластов. Поверхность пласта изображается в плане в виде системы изогипс, а объём участка, заключенного между двумя изогипсами, равен произведению его площади на мощность, которая определяется как среднее арифметическое по всем выработкам. Общие запасы вычисляются умножением суммы объемов таких участков на объемный вес руды.

Способ ближайшего района предусматривает разбивку месторождения на ряд многогранных призм, соответствующих числу выработок, с таким расчетом, чтобы к каждой из последних отшел ближайший, тяготеющий к ней участок. Все параметры

подсчета запасов принимаются по данным этой выработки. Запасы подсчитываются по каждой призме, а затем суммируются для определения запасов всего месторождения.

Способ треугольников. При подсчете запасов данным способом проекцию контура рудного тела в плане разбивают на треугольники путем соединения выработок прямыми линиями. В пространстве получается серия треугольных призм. Общий запас руды получается суммированием запасов всех призм.

9. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых

Неотъемлемой составной частью геологоразведочных работ любой стадии, так же как прогнозирование, опробование и геологическая документация, является геолого-экономическая оценка, целью которой является анализ всех факторов промышленной ценности объекта, расчете технико-экономических показателей и подготовке заключения об экономической эффективности дальнейших работ.

На стадии регионального геологического изучения недр и прогнозирования полезных ископаемых определяются прогнозные ресурсы перспективных рудных районов по категории P_3 без привязки к конкретным объектам по аналогии с ранее изученными территориями. Прямые геолого-экономические расчеты на этом этапе не применяются.

На стадии поисковых работ выявляются прогнозные ресурсы перспективных рудных полей по категории P_2 . На основании полученных материалов составляются технико-экономические соображения (ТЭС) о значимости выявленной минерализации. Для экономической оценки на этой стадии рекомендуется проводить расчет валовой потенциальной стоимости минерального сырья, исходя из средней мировой цены конечного продукта и количества прогнозных ресурсов.

Применяется следующая формула для расчета товарной стоимости (C) минерального сырья в недрах:

$$C = Ц \cdot M \cdot K,$$

где $Ц$ – средняя мировая цена конечного продукта; M – количество (масса) запасов и/или прогнозных ресурсов; K – совокупный коэффициент приведения стоимости конечного продукта к стоимости оцененных прогнозных ресурсов (запасов).

Оценочные работы проводятся на вновь выявленных объектах с целью определения их промышленного значения. Большая часть запасов должна соответствовать категории C_2 , а на участках детализации – C_1 . По менее изученной площади определяются прогнозные ресурсы перспективных рудных тел категории P_1 . На этой стадии уже проводится комплексная геолого-экономическая оценка по укрупненным показателям. По ее результатам разрабатывается технико-экономический доклад (ТЭД), в котором обосновывается целесообразность разведки месторождения.

Разведка месторождения ведется на локальном участке недр, закрепленном выданной лицензией. Производится подсчет запасов по категориям A , B , C_1 и C_2 в соответствии с группировкой ГКЗ. Выполняется полная геолого-экономическая оценка. Она включает анализ географо-экономических, пространственно-морфологических, объемно-качественных, гидрогеологических и инженерно-геологических условий месторождения, а также определение горнотехнических и экономических показателей с учетом социальных и экологических последствий разработки. Геолого-экономическая оценка включает разработку кондиций и выполняется в виде ТЭО.

Во время эксплуатации месторождения в процессе эксплуатационной разведки разведочные данные уточняются и детализируются. Происходит также изменение рыночной конъюнктуры на минеральное сырье, продукты его переработки, цен на

энергоносители и т.п. В этих условиях в оценочные показатели вносятся коррективы с целью обеспечить стабильную безубыточную работу предприятия.

Текстовая часть ТЭО постоянных разведочных кондиций обычно состоит из следующих разделов:

1. Вводная часть
2. Геологическая часть (общие сведения о районе месторождения, геологическое обоснование, методика геологоразведочных работ, гидрогеологические условия, подсчет запасов месторождения)
3. Горнотехническая часть (границы месторождения, способ отработки, порядок отработки пластов, вскрытие запасов, добычные работы, потери и разубоживание, календарный план горных работ)
4. Технологическая часть (технология производства сухих строительных смесей гипсовых изделий, прием и хранение сырья и добавок, технологические процессы)
5. Экологическая часть (современное состояние окружающей среды в районе месторождения, общие сведения о проектной деятельности, мероприятия по охране окружающей среды, возможность возникновения аварийных ситуаций, экологический мониторинг, экологические затраты)
6. Экономическая часть (краткая информация о недропользователе, маркетинговые исследования рынка, товарная продукция предприятия, исследования емкости рынка полезных ископаемых, расчетные цены и объемы товарной продукции предприятия, производственные фонды и капитальные вложения, режим работы предприятия, численность трудящихся и ФОТ, эксплуатационные расходы и себестоимость продукции, эффективность освоения месторождения для недропользователя, анализ чувствительности проекта, показатели кондиций)
7. Заключение (выводы и рекомендуемые параметры кондиций)

10. Задания для самостоятельной работы

10.1 Вопросы для самоконтроля

1. Сколько выделяется этапов и стадий геологоразведочных работ?
2. Какие стадии входят во второй этап геологоразведочных работ?
3. Каков оптимальный комплекс методов, используемых при поисковых работах?
4. Какие запасы и прогнозные ресурсы оцениваются на стадии оценочных работ?
5. Чем отличаются поисковые геологические критерии от поисковых геологических критериев?
6. Какие методы входят в дистанционную группу поисковых работ?
7. Перечислить геохимические методы поисковых работ.
8. Какие геофизические методы используются на стадии поисковых работ?
9. Какие дешифровочные признаки применяются при дешифрировании аэрофотоснимков?
10. Виды аэрофотосъемки.
11. С помощью какого прибора достигается объемный эффект при дешифрировании аэрофотоснимков?
12. Какие задачи решает аэрометрическая съемка?
13. С какой целью проводится равиметрическая съемка?
14. Чем различаются тепловая и инфракрасная аэросъемки?
15. На исследовании каких геофизических полей основана аэроэлектроразведка?
16. В чем заключается производство комплексной аэрогеофизической съемки?
17. Является ли геологическая съемка методом поисковых работ?
18. Какие геохимические методы поисков существуют?
19. Чем отличаются первичные ореолы рассеяния от вторичных?
20. При металлотрическом опробовании гидрографической сети отбираются пробы воды или илисто-глинистых донных осадков?
21. Чем отличаются озы от друмлинов?
22. Какой метод является одним из древнейших поисковых методов?
23. Какова форма обломочного веера при простирании рудной жилы вдоль и поперек склона?
24. Как определить направление движения ледника по поверхности валунов?
25. Как отображаются результаты шлиховых поисков на шлиховых картах?
26. К какому типу ореолов относятся газовые ореолы?
27. Чем отличается эманационная съемка от газовой?
28. Какой метод превосходит по глубинности поисков биогеохимический метод и какому уступает?
29. Какими геофизическими методами изучаются естественные поля Земли и какими – искусственным?
30. На какой зависимости основан гравиметрический метод?
31. Какова глубинность исследования Земли гравиметрическим методом?

10.2 Темы докладов на семинарных занятиях

1. Стадии проведения геологоразведочных работ
2. Региональное геологическое изучение недр
3. Поиски и оценка месторождений полезных ископаемых
4. Разведка месторождений полезных ископаемых

5. Геологические предпосылки прогноза и поисков месторождений основных геолого-промышленных типов
6. Структурно-тектонические критерии прогноза и поисков месторождений основных геолого-промышленных типов
7. Стратиграфические критерии прогноза и поисков месторождений основных геолого-промышленных типов
8. Геофизические критерии прогноза и поисков месторождений основных геолого-промышленных типов
9. Геохимические критерии прогноза и поисков месторождений основных геолого-промышленных типов
10. Дистанционные методы поисковых работ
11. Наземные методы поисковых работ
12. Геологическая съемка как метод поисковых работ
13. Литогеохимическое опробование ореолов и потоков рассеяния.
14. Гидрогеохимический метод поисков месторождений полезных ископаемых
15. Биогеохимический метод поисков месторождений полезных ископаемых
16. Геофизические исследования скважин
17. Горно-буровые работы при поисках месторождений полезных ископаемых
18. Основные задачи. разведки месторождений полезных ископаемых
10. Горные, буровые и комбинированные системы, применяемые при проведении разведки месторождений полезных ископаемых.
11. Виды разведочной сети и методы определения ее рациональной плотности.
12. Оконтуривание тел полезных ископаемых.
13. Категории запасов и прогнозных ресурсов полезных ископаемых.
23. Опробование месторождений полезных ископаемых.
24. Основные методы подсчета запасов.
25. Исходные данные для проведения подсчета запасов.
26. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых.
27. Промышленные кондиции и их основные виды.
28. Общие и частные кондиционные показатели.
29. ТЭО постоянных разведочных кондиций.
30. Государственный учет запасов месторождений полезных ископаемых.

10.3 Практические задания

Для выполнения самостоятельной работы по курсу «Методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых» необходимо предварительно ознакомиться с материалом лекций и презентаций по темам, которые приводятся в цифровом образовательном ресурсе «Методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых», ответить на теоретические вопросы в тестах по каждой из пройденных тем (<https://edu.kpfu.ru/course/view.php?id=4657>), а также ознакомиться с рекомендованной литературой.

Самостоятельная работа студентов включает в себя работу с учебными геологическими картами.

Учебная коллекция включает в себя геологические карты различных масштабов (1:500 000-1:50 000) по всем пройденным темам данного курса.

Студент проводит самостоятельное изучение геологических карт, при этом необходимо использовать рекомендованную литературу или учебно-методические пособия.

Оценивается выполнение полного и подробного описания образца по требуемой схеме, при этом особое внимание следует уделить пунктам:

1. Дать физико-географическую характеристику площади Тырнаузского волфрам-молибденового месторождения (Кабардино-Балкарская Республика).
2. Дать гидрографическое описание Кучук-Кулундинской озерной системы (Алтайский край).
3. Дать характеристику геоморфологического строения Холболок-Урагиского рудопроявления апатита (Забайкальский край).
4. Разработать стратиграфическую шкалу Элеваторного месторождения известняков (Республика Татарстан).
5. Представить характеристику тектонических структур Тюалойского участка (Чеченская Республика).
6. Дать описание магматических комплексов Хибинского массива агапитовых нефелиновых сиенитов (Мурманская область).
7. Представить петрографическую характеристику Геранского анортозитового массива (Хабаровский край).
8. Разработать историю геологического развития Селигдарского участка (Республика Саха-Якутия).
9. Провести прогноз-минерагеническую оценку площади Патынского сиенит-габбрового массива (Кемеровская область).

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдонин В.В. Технические средства и методика разведки месторождений полезных ископаемых. - Москва : Изд-во МГУ, 1994. – 206 с.
2. Каждан, А.Б. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М, Изд-во МГУ, 1985. – 288 с. – УДК 550.812(075.8).
3. Крейтер В.М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых – М.: Недра, 1969. – 284 с.
4. Голик, В. И. Разработка месторождений полезных ископаемых: учебное пособие / В.И. Голик. - Москва : НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 136 с. (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-006753-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/406234>. (дата обращения: 16.03.2020). - Режим доступа : по подписке.

Учебно-методическое пособие

Беляев Евгений Владимирович

**МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ**

Учебно-методическое пособие