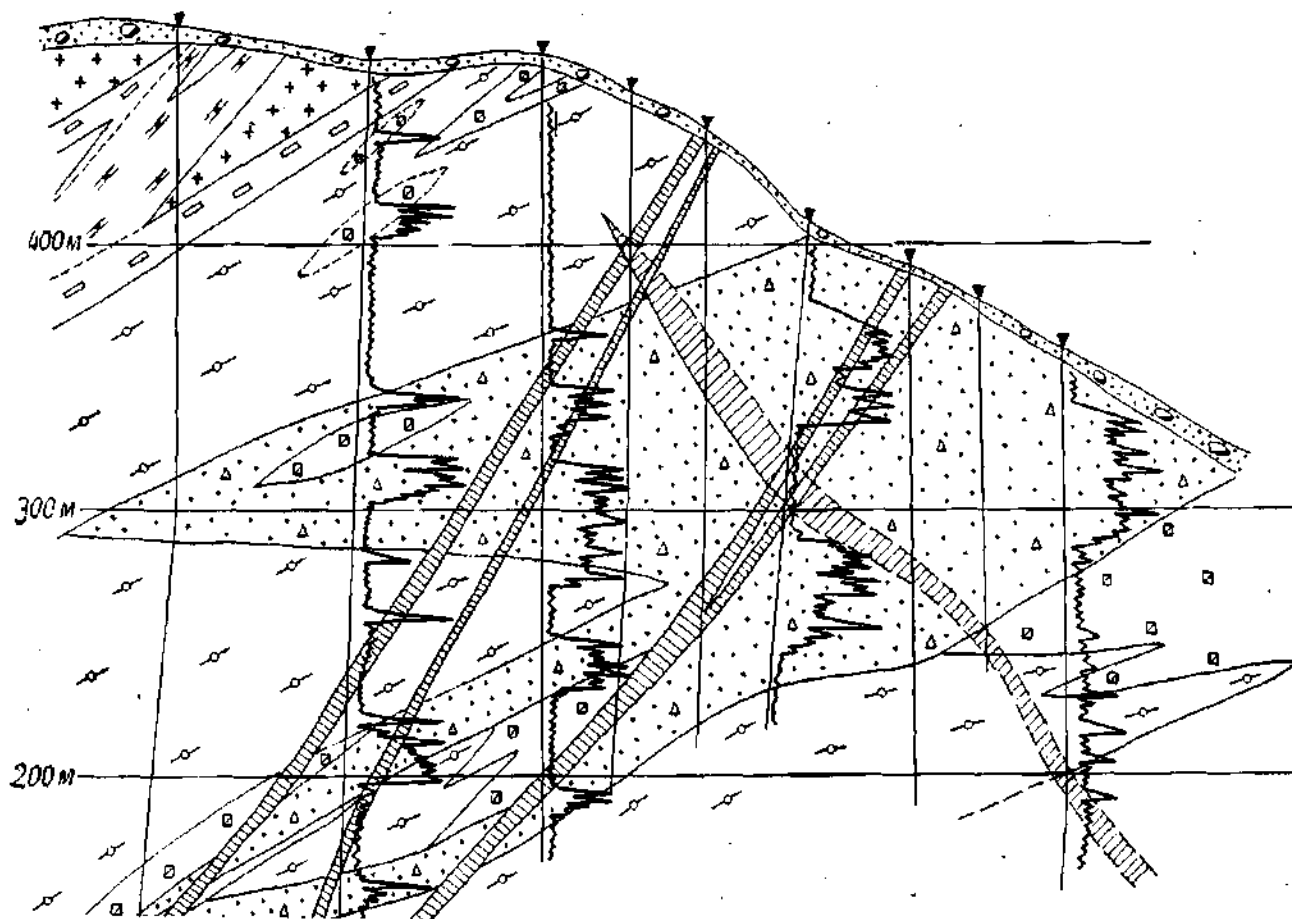


МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
(Апатитский филиал)

Кафедра геологии и разведки полезных ископаемых

Е.А. Каменев

ОРГАНИЗАЦИЯ, МЕТОДИКА И ЭКОНОМИКА ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ



Мурманск
2008

УДК 550.8.(075.8)

Каменев Е.А. Организация, методика и экономика геолого-разведочных работ (Учебное пособие). - Мурманск: Изд-во Апатитского филиала МГТУ, 2008. - 200 с.

Программа курса «Организация, методика и экономика геолого-разведочных работ» разработана с учётом двух положений; во-первых, этот курс является завершающим в цикле специальных дисциплин по направлению 130100; во-вторых, в связи с принятием Закона РФ «О недрах» в новой редакции и реформированием геологической отрасли возникла необходимость включить в программу принципиальные изменения и дополнения, вытекающие из законодательных и нормативных актов по регулированию отношений недропользования в Российской Федерации. В этих условиях многие положения ранее изданных учебных пособий являются устаревшими, поскольку не учитывают сложившегося правового механизма недропользования в области геологического изучения и управления государственным фондом недр, в сфере воспроизводства, использования и охраны минеральных ресурсов, в системе платного недропользования, финансирования работ по геологическому изучению недр, лицензирования, государственного контроля и отчётности.

Учебное пособие иллюстрируется материалами по поискам и разведке месторождений полезных ископаемых Мурманской области.

При разработке учебного пособия использованы постановления Правительства РФ, нормативные документы по недропользованию, подготовленные Министерством природных ресурсов и экологии России и Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых.

Илл. , табл. . библи. - названий

Рецензенты:

В.А. Припачкин – кандидат геолого-минералогических наук, профессор кафедры геологии и разведки полезных ископаемых Апатитского филиала МГТУ;

С.В. Терещенко – доктор технических наук, профессор, декан горного факультете Кольского филиала Петрозаводского государственного университета.

Евгений Арсениевич Каменев

Организация, методика и экономика геологоразведочных работ

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ

Недра являются частью земной коры, расположенной ниже почвенного слоя, а при его отсутствии - ниже земной поверхности и дна водоёмов и водотоков, простирающейся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения. Недра, включая содержащиеся в них полезные ископаемые, находятся в государственной собственности (Конституция РФ, Закон РФ «О недрах»).

Полезное ископаемое – невозобновляемый вид природных ресурсов, минеральное образование в твердом, жидком или газообразном состоянии, химический состав, физико-механические, технологические и другие свойства которого в качественном и количественном отношении пригодны для использования в сфере материального производства.

Руда – полезное ископаемое, практическое использование которого связано с добычей из недр, с последующим обогащением до минеральных концентратов и извлечением из них ценных компонентов (металлов и их соединений). Такие виды полезных ископаемых, использование которых не требуют химико-металлургической переработки на конечные продукты (строительные материалы, подземные воды и др.) рудой не являются.

Минеральное сырьё - полезное ископаемое, добытое из недр для непосредственного использования или последующей переработки.

Техногенные минеральные образования – отходы горного, обогатительного и химико-металлургического производств (шлаки, отвалы, хвосты), обладающие потребительскими свойствами, пригодными для повторного использования после предварительной переработки или в сыром виде. Техногенные минеральные образования являются собственностью недропользователя.

Рудопроявление - природное скопление минерального вещества в недрах, практическое значение которого не установлено.

Месторождение полезных ископаемых - геометризованный участок недр, заключающий в своих границах природное скопление одного или нескольких видов полезных ископаемых, которое, по данным завершённых геологоразведочных работ, подтвержденным государственной экспертизой, может быть объектом экономически эффективной и экологически безопасной промышленной разработки при достигнутом уровне техники и технологии добычи и переработки.

Кондиции – экономически обоснованные требования промышленности к качеству и количеству запасов конкретного месторождения (группы месторождений), условиям их добычи и технологии переработки для обеспечения наиболее полного комплексного и безотходного использования на рациональной экономической основе с учётом экологических последствий эксплуатации.

Запасы полезных ископаемых – выявленное в результате геолого-разведочных работ количество полезных ископаемых в недрах. По экономическому значению запасы подразделяются на балансовые и забалансовые; по степени изученности и подготовленности для освоения разведанные запасы подразделяются на категории (в порядке убывающей достоверности): А, В, С₁ и предварительно оцененные – С₂.

Запасы подсчитываются в недрах в соответствии с экономически обоснованными кондициями, подтверждёнными государственной экспертизой, без введения поправок на потери и разубоживание руд, неизбежные при добыче, обогащении и переработке концентратов (снижение качества добытых руд за счёт окелорудных вмещающих пород).

Баланс запасов полезных ископаемых – система государственного учёта разведанных и разрабатываемых запасов полезных ископаемых, включающая движение запасов в результате прироста за счёт разведки и погашения запасов при добыче, а также изменения о оценке запасов при пересчётах в случае изменения требований кондиций или списания при неподтверждении.

Прогнозные ресурсы полезных ископаемых – количества полезных ископаемых, предполагаемые на обследованной территории по материалам ранних стадий геологического изучения недр.

Ресурсы оцениваются по категориям Р₁, Р₂ и Р₃ в целом по бассейнам, рудным районам, полям, узлам, рудопроявлениям, флангам и глубоким горизонтам месторождений, исходя из благоприятных геологических предпосылок и обоснованной аналогии с известными месторождениями, а также по материалам геолого-съёмочных, геофизических и геохимических работ.

Воспроизводство запасов полезных ископаемых – соотношение между приростом запасов в результате разведки и их погашением при добыче за соответствующий период. В зависимости от соотношения объёмов прироста и погашения различают: *расширенное* воспроизводство – прирост запасов опережает их добычу; *простое* воспроизводство – объёмы

прироста и добычи сопоставимы; *отрицательное* воспроизводство – прирост запасов не компенсирует их погашение в результате добычи.

Недропользование - работы, относящиеся к геологическому изучению недр, разведке и добыче, в том числе и работы связанные с разведкой и добычей подземных вод, лечебных грязей и др., а также работы сбора коллекционных материалов, по строительству и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых.

Недропользователь - гражданское или юридическое лицо, государство или международная организация, получившие право осуществлять операции по недропользованию.

Операции по недропользованию - работы, относящиеся к государственному геологическому изучению недр, разведке и добыче, а также работы по строительству и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых.

Минерально-сырьевая база (МСБ) - совокупность разведанных, предварительно оценённых запасов и прогнозных ресурсов одного или нескольких видов полезных ископаемых на территории страны (региона).

Минерально-сырьевой комплекс - совокупность МСБ одного или нескольких видов полезных ископаемых вместе с соответствующими производственными структурами, осуществляющими геологическое изучение, добычу, обогащение и переработку минерального сырья.

Государственный фонд недр составляют геометризованные блоки недр (используемые участки) и неиспользуемые части недр в пределах территории РФ и ее континентального шельфа. Владение, пользование и распоряжение фондом недр осуществляются совместно органами государственной власти РФ и ее субъектов в интересах народов России и народов, проживающих на соответствующих территориях.

Рудный район – рудоносная территория, представляющая собой часть более крупной металлогенической формации (пояса, бассейны), в пределах которой размещаются месторождения одного или нескольких генетических типов полезных ископаемых. Размеры рудных районов измеряются сотнями-тысячами кв. км. В пределах рудных районов выделяются рудоносные площади меньших масштабов – рудные узлы, поля и месторождения.

Рудные районы: Оленегорский (железорудный), Хибинский (апатитовый), Кейвский (кианитовый), Печенгский (медно-никелевый).

Рудное поле – совокупность генетически родственных рудных тел или месторождений, объединенных общностью пространственного размещения и условий образования в конкретных геологических структурах, обусловивших эту совокупность.

Список сокращений слов и аббревиатур

ГМК – горно-металлургическая компания

ГОК – горно-обогатительный комбинат

ГКЗ - Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых

ГРР - геологоразведочные работы

МПИ - месторождение полезных ископаемых

МПР РФ - Министерство природных ресурсов Российской Федерации

МСБ - минерально-сырьевая база

МСК – минерально-сырьевой комплекс

ОАО – открытое акционерное общество

ТКЗ - Территориальная комиссия по запасам полезных ископаемых

ФАН – Федеральное агентство по недропользованию

Часть I

ОРГАНИЗАЦИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

ВВЕДЕНИЕ В УЧЕНИЕ О ПОИСКАХ И РАЗВЕДКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

«К изысканию оных (металлов) по всем местам Российского государства требуется великое множество людей, знающих минералы, которых у нас весьма мало... Правда, что многих можно из чужих краев выписать или выучить, однако, первое требует великого иждивения, другое – долгого времени и не безубыточно».

М.В. Ломоносов. «О слоях земных»

Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых как область знаний и учебная дисциплина является прикладной геологической наукой, изучающей условия нахождения, способы наиболее эффективного выявления и подготовки для промышленного освоения месторождений полезных ископаемых (МПИ) для нужд народного хозяйства. Поиски и разведка месторождений относятся к сфере материального производства, призванного обеспечить текущие и перспективные потребности страны в минеральном сырье в интересах нынешнего и будущих поколений.

Учение о поисках и разведке месторождений опирается на основные положения естественных, технических и общественных наук. В учебном процессе поиски и разведку месторождений следует рассматривать как продолжение курса «Полезные ископаемые». Успешное освоение студентами нового материала предполагает знание основ геологии, петрографии, минералогии и геохимии, а также математических приёмов обработки информации. Следовательно, учение о поисках и разведке МПИ находится на стыке пограничных областей знаний – геологии, горного дела, технологии и экономики (табл. 1).

Вместе с тем, как самостоятельная наука, учение о поисках и разведке имеет свои цели, предмет и методы исследования.

Цель изучения предмета – формирование у студентов устойчивого представления о рациональных методах геологического изучения недр на всех стадиях геологоразведочного процесса.

Таблица 1

«Организация, методика и экономика геологоразведочных работ» в системе
геологических наук

Науки о Земле			
Методы поисков и разведки месторождений	Общая (физическая) геология	Методы изучения вещественного состава	Горное дело
Геологическое картирование Геофизические и геохимические методы Подсчет запасов полезных ископаемых	Историческая и региональная геология Геохимия Геофизика Геотектоника Структурная геология Геоморфология Гидрогеология	Петрология Петрография Литоология Минералогия Минераграфия Кристаллография Аналитическая химия	Разработка месторождений Технология переработки минерального сырья Инженерная геология Рудничная геология Маркшейдерия
Техника геологоразведочных работ	ОРГАНИЗАЦИЯ, МЕТОДИКА И ЭКОНОМИКА ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ		Экономические науки
Проходка горных выработок Бурение скважин. Скважинная геофизика Опробование			Организация и экономика геологоразведочных работ Экономика минерального сырья Экономика горной промышленности

Задачи изучения дисциплины заключаются в ознакомлении студентов с основными методическими положениями и нормативно-правовыми документами, вступившими в силу в условиях реформирования отрасли, в частности, с проблемами:

- обеспечения расширенного воспроизводства минерально-сырьевой базы (МСБ) и улучшения географического размещения минеральных ресурсов страны путём расширения поисков и разведки месторождений;

- выявления новых, в том числе нетрадиционных видов полезных ископаемых, использование которых эффективно в народном хозяйстве;

- комплексного изучения и освоения минеральных ресурсов с учётом использования в промышленности не только главных, но и попутных полезных минералов (компонентов, металлов), отходов обогащения руд, переработки концентратов, вскрышных пород;

- повышения эффективности, качества и достоверности геолого-разведочных работ, разработки рациональных систем прогнозирования, поисков и разведки месторождений.

Предметом изучения дисциплины являются размещённые в земной коре скопления полезных ископаемых, их свойства, условия залегания, методика проведения поисков и разведки и экономика минерального сырья.

В результате освоения курса студенты должны овладеть знаниями:

- по организации геологической службы на современном этапе реформирования отрасли, основах законодательства о недрах и основных принципах проведения геологоразведочных работ (ГРР), предоставления недр в пользование – платности, конкурентности и равной доступности;

- по состоянию и перспективам развития МСБ Мурманской области, динамике воспроизводства разведанных запасов, обеспеченность ими горнодобывающих предприятий, основные проблемы);

- об отраслевых требованиях и стандартах (очередность и основные методические приёмы проведения поисков и разведки, содержание и оформление геологической информации о недрах, порядок расчётов технико-экономических показателей кондиций, основные методы подсчёта запасов и экономической оценки минерального сырья);

- по практическому использованию приобретённых знаний об экологических последствиях освоения недр и о мероприятиях по устранению ущерба, наносимого окружающей природной среде.

Контрольные вопросы

1. Учение о поисках и разведке как прикладная геологическая наука.

2. Взаимосвязь учения о поисках и разведке с науками о Земле.

3. Объяснить различие между понятиями: полезное ископаемое, минеральное сырьё, руда; рудопоявление и месторождение; разведанные запасы и прогнозные ресурсы; минерально-сырьевая база и минерально-сырьевой комплекс; расширенное и простое воспроизводство запасов.

4. Поиски и разведка как отрасль материального производства.

5. Целевое назначение ГРР, основные задачи, решаемые в процессе их проведения.

ОРГАНИЗАЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ РОССИИ

«Берг-Коллегиум единым судьей быти над всеми, чтобы никаким образом губернаторы, воеводы, ниже прочие начальники в рудокопные дела вступали и мешались»

Петр I, 1700

О существовании горного промысла в России можно судить по археологическим находкам древних выработок по добыче твердых горных пород и минералов для изготовления орудий труда и охоты, минеральных красок и самоцветов. Ещё в XV веке в России добывались мраморы, мусковит (оконная слюда), каменная соль, другие нерудные полезные ископаемые. В то же время в стране резко ощущался дефицит металлов – железа, меди, свинца, серебра. Стихийно сформировалась новая профессия – рудознатцев или «охочий людей», организовывались «сыскные» экспедиции в отдаленные губернии России.

Развитие ремесел, торговли и военные реформы, проводимые Петром I, вызвали необходимость организации отечественной горно-геологической службы. В августе 1700 г. Петр I издал именной указ об учреждении «Приказа рудокопных дел» (специального ведомства), чем положил начало созданию отечественной горно-геологической службы. «Приказами» в петровские времена именовались высшие органы управления – аналоги нынешних министерств. По статусу «Приказ» соответствовал специальному ведомству, подчинявшемуся Правительственному Сенату. В указе подробно сформулированы задачи деятельности «Приказа» на всей территории России. Указом предписывалось извещать органы власти о любых находках руд: *«И в том сыску руд радеть неоплошно, а изветчикам (т.е. охочим людям) сказать, чтоб они руд искали с немалым о том прилежанием... И буди (т.е. если) по их изветом сыщется руда и за тот рудный прииск изветчикам будет дано жалование. А буди кто какие руды ведает или впредь сведёт, а о том не известит, а после про то сыщется, и тем людям по розыску учинено будет наказание...»*.

«Ведение дел о рудах и минералах» было поручено специально созданной Берг-Коллегии. Необходимость организации такого учреждения была вызвана прежде всего дефицитом металлов для военных целей, которые ранее приходилось закупать в Европе. Создание геологической службы способствовало развитию горного дела на Урале, Рудном Алтае, в

Забайкалье, в европейской части России. Поисками и разработками полезных ископаемых и минералов занимались местные рудознатцы и приглашенные из Европы горных дел мастера (...*«призвать иноземцев рудосыскных дел добрых и знающих мастеров и рудосыскные снасти купить доброго мастерства, чтоб промыслом своим в Московском государстве сыскать руду»*). Законодательно закреплялось право российским и иноземным предпринимателям заниматься разведкой, добычей и переработкой руд без ограничений как на государственных, так и на частных землях. Были созданы льготные условия налогообложения в размере 10% за произведенную продукцию и 3% за пользование землёй. Цены на горную продукцию, приобретаемую для государственных нужд, и таможенные пошлины устанавливались такими, чтобы промышленники не оставались внакладе, а имели достаточную прибыль для развития промысла.

Наряду с предоставлением льгот действовала строгая система ответственности воевод, губернаторов и чиновников за причинение ущерба горному делу, вплоть до лишения чинов, имущества, телесных наказаний и даже смертной казни (*«... тем, которые изобретённые руды утять и доносить об них не будут <...> объявляется Наш жестокий гнев, неотложное телесное наказание, и смертная казнь, и лишение всех имений, яко врагу общенародных пользы»*).

Большое значение Петр I придавал подготовке специалистов-рудознатцев. По его указу в 1709 г. на Урале была организована Невьянская горнозаводская школа, многие молодые люди направлялись на учебу в Европу, создавались специальные музеи или кунсткамеры. В дальнейшем были организованы Российская академия наук (1724), Московский университет (1755), Петербургское горное училище (горный кадетский корпус, 1773; с 1993 г. – СПб Горный институт-университет).

В 1724 г. по указу Петра I были разграничены полномочия между Университетом и Академией. Университет определялся как *«собрание ученых людей, которые наукам высоким <...> молодых людей обучают»*, а Академия – *«собрание ученых и искусных людей...»*, которые не только науки знают, но и *«чрез новые инвенты (т.е. изобретения) оные совершить и умножить тщатся...»*. В ведение Академии передавались Кунсткамера, библиотека книг и рукописей.

Таблица 2

Организация геологической службы в России (1700-1917 годы)

ПРАВИТЕЛЬСТВУЮЩИЙ СЕНАТ		
Ведомства	Местные отделения	Учебные заведения
Приказ рудокопных дел (1700-1721)	Московская и местные Берг-конторы в губерниях и провинциях (1711)	Невьянская горнозаводская школа (1709)
Берг-Коллегия (1722-1730) Генерал-Берг-директориум (1731-1741) Берг-Коллегия 1742-1810)	Частные компании и лица. Горная и Минеральная экспедиции. Фабрики и мануфактуры.	
	Департамент по монетным делам. Экспедиции для горных дел (1773)	
	Местные канцелярии горных управлений. Экспедиции для горных дел (1775)	Горное училище (1773-1803). Горный кадетский корпус (1804- 1833).
Министерство финансов		
Департамент горных и соляных дел (1811- 1862)	Местные горные правления и экспедиции. Горный совет.	Институт корпуса горных инженеров (1834-1866)
Министерство государственных имуществ		
Горный департамент (1862-1882)	Горные округа. Горный совет. Ученый комитет	Ученый совет корпуса горных инженеров
Геологический комитет (1882-1918)		Горный институт

Основоположником отечественной геологической школы является М.В. Ломоносов (1711-1765). Его книги «Слово о рождении металлов от трясения земли» (1757) и «О слоях земных» (1763) предопределили дальнейшее развитие геологической науки и ее прикладных направлений. В этих работах сформулированы передовые по тому времени представления о

геологическом строении Земли, происхождении минералов и горных пород, сделаны рекомендации по поискам полезных ископаемых.

Большой вклад в развитие геологических знаний внесли общественные естественнонаучные общества: Московское общество испытателей природы (1803), Петербургское минералогическое и Русское географическое общества (1845). К основным достижениям раннего периода геологических исследований и горных промыслов относятся:

- организация комплексных экспедиций в отдаленные районы страны – на Урале, в Сибири и Камчатке;
- освоение рудных месторождений Урала, Алтая, Забайкалья, позволившее преодолеть экономическую изоляцию России;
- создание отечественной геологической науки и образовательных учреждений – Академии наук, Московского университета, горного института, минералогических музеев.

Геологическая служба России в качестве государственного органа оформилась в 1882 г., когда был учреждён Геологический комитет при Горном департаменте. В «Положении о Геологическом комитете» сформулированы задачи государственной важности *« систематическое исследование геологического строения России; разработка относящихся до сего предмета сведений и издание научных по оному сочинений; составление и издание подробной геологической карты государства; собирание горных пород и полезных ископаемых и составление из них систематических коллекций; содействие другим ведомствам и частным лицам по предметам занятия комитета»*.

Штат Геолкома состоял из нескольких человек – крупнейших ученых: академиком А.П. Карпинского (председатель), Ф.Н. Чернышова, И.В. Мушкетова, В.А. Обручева и др. Несмотря на ограниченность средств и малочисленность персонала уже к 1891 г. была составлена геологическая карта европейской части страны в масштабе 10 верст/дюйм (1:420 000), а для промышленных районов Урала, Кавказа, Донбасса, Кривого Рога – более детальные карты. Эти карты получили высокую оценку на VII сессии Международного геологического конгресса (Москва, 1897). К важнейшим результатам деятельности Геолкома относятся открытие месторождений железных руд и золота на Урале, каменного угля в Донбассе,

Никопольского марганцевого бассейна на Украине, фосфоритов в Ярославской губернии.

Итоги Русско-японской (1904-1905) и Первой мировой (1914-1918) войн явились следствием экономической и технической отсталости России, не имевшей собственной сырьевой базы для обеспечения не только нужд фронта, но и собственной промышленности. Последовавшие затем гражданская война и иностранная интервенция усугубили кризисное состояние российской экономики, привели к ее полной разрухе.

В условиях финансовой и кадровой необеспеченности практически прекратила свою деятельность геологическая служба страны. В 1915 г. по инициативе В.И. Вернадского и А.П. Карпинского при Академии наук была создана Комиссия по изучению естественных производительных сил (КЕПС) для изучения рудных районов Урала, Средней Азии, Кавказа, Кольского п-ова и других рудных районов. Однако, деятельность КЕПСа не получила финансовой поддержки со стороны государства, отделы КЕПСа были реорганизованы в научные учреждения и институты АН СССР.

В 1918 г. Постановлением Совета Народных Комиссаров деятельность Геолкома была возобновлена. Перед Геолкомом была поставлена задача по научному сопровождению геолого-поисковых и разведочных работ, по развитию новых направлений науки, связанных с созданием минерально-сырьевого комплекса, по подготовке специалистов геологического профиля.

Таблица 3

Организация геологической службы в СССР (1918-1946 годы)

ВЫСШИЙ СОВЕТ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА (ВСНХ)	
Геологический комитет (1918-1929)	Территориальные отделения: Московское, Сибирское, Уральское, Северо-Кавказское. Центральное управление промразведок.
Народный комиссариат тяжелой промышленности	
Главное геологоразведочное управление (1930-1939)	Геологоразведочные тресты (17 трестов). Территориальные управления (20 управлений).
Совет народных комиссаров (Совет министров СССР)	
Комитет по делам геологии (1939-1946)	Территориальные геологические управления (20 управлений)

На базе научных отделов Геолкома были созданы Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт (ныне Всероссийский геологический институт – ВСЕГЕИ), НИИ минерального сырья (ВИМС), Московская горная академия и геологоразведочный институт (МГРИ), ряд учебных институтов и геологических факультетов в университетах по подготовке геологов, горняков и металлургов.

Дальнейшие мероприятия правительства были направлены на преодоление топливно-энергетического кризиса и восстановление горнодобывающих предприятий. Проведение работ по геологическому изучению территории страны и созданию и развитию минерально-сырьевых баз было возложено на Главное геологоразведочное управление (ГГРУ) и его территориальные филиалы: Московское, Ленинградское, Уральское, Зап. и Вост. Сибирские, Дальневосточное и Якутское.

К 1940 г. территория страны была обеспечена геологическими съёмками масштабов 1:5000000 и 1:2500000, а отдельные рудные районы геологическими картами масштабов 1:200000 и крупнее. В этот период были выявлены новые месторождения медно-никелевых, железных, апатитовых руд и редких металлов на Кольском полуострове. Успехи геологической науки и практики получили мировое признание. В 1937 г. в Москве состоялся XVII Международный геологический конгресс, были организованы геологические экскурсии на месторождения важнейших полезных ископаемых, в частности, в Хибины.

В годы Великой отечественной войны в связи с временной оккупацией Донецкого каменноугольного бассейна и Криворожского железорудного района перед геологической службой страны была поставлена неотложная задача по расширению и использованию минерально-сырьевых баз Урала, Сибири, Дальнего Востока и Средней Азии для обеспечения фронта стратегическими видами минерального сырья. Многие месторождения, открытые в довоенные годы, были вовлечены в эксплуатацию (медно-никелевые месторождения Норильска, железные руды Кузбасса, месторождения хрома, асбеста и др.). В эти годы были открыты новые месторождения углей, чёрных, цветных и редких металлов, каменных углей для нужд оборонной промышленности.

В послевоенный период произошло качественное преобразование геологической службы страны. На базе Комитета по делам геологии были созданы Министерства геологии СССР, РСФСР, Украины, Узбекистана и

Казахстана, управления геологии в других союзных республиках. Одновременно были организованы отраслевые геологические службы в министерствах нефтяной, газовой, угольной промышленности, чёрной и цветной металлургии, разрабатывающих месторождения полезных ископаемых (табл. 4).

Министерство геологии СССР и управления союзных республик, подведомственные им территориальные геологические объединения, экспедиции и партии, проектные и научно-исследовательские институты составляли единую геологическую службу страны. На долю Министерства геологии приходилась большая часть госбюджетных средств, выделяемых на проведение ГРР; остальная часть предназначалась отраслевым горнодобывающим предприятиям на финансирование эксплуатационной разведки месторождений. Такая концентрация средств обеспечивала опережающий прирост запасов по всем видам полезных ископаемых.

Таблица 4

Организация геологической службы в СССР (1946-1991годы)

СОВЕТ МИНИСТРОВ СССР	
Союзно-республиканское Министерства геологии (1946-1953)	Министерства геологии союзных республик Территориальные геологические управления
Министерство геологии и охраны недр (1953-1963)	Главные геологические управления (12 управлений)
Государственный геологический комитет (1963-1965)	Управления геологии союзных республик (14 управлений)
Министерство геологии СССР (1965-1991)	Министерства геологии РСФСР, Украинской, Казахской и Узбекской республик Управления по геологии в других союзных республиках
Министерства химической промышленности, чёрной и цветной металлургии, др. ведомства	Геологические службы на горнодобывающих предприятиях

К числу наиболее крупных достижений послевоенного периода относятся открытие месторождений алмазов в Якутии, нефти и газа в Тюмени и Прикаспии, никеля, меди и драгоценных металлов в Норильске, на Кольском п-ове, Курской магнитной аномалии и др.

Организация геологической службы строилась по административно-территориальному признаку: территориальные управления, впоследствии преобразованные в производственные объединения, специализированные геологические экспедиции, геолого-съёмочные, поисковые и геологоразведочные партии, которые осуществляли свою производственную деятельность в тесном контакте с горнодобывающими предприятиями. В системе Министерства действовало более 200 территориальных и специализированных подразделений, объединявших 700 стационарных экспедиций и несколько тысяч геологических партий. Кадры дипломированных специалистов готовились в 50 вузах страны и многочисленных техникумах. В середине 1980 годов численность работников в геологической отрасли достигла 700 тыс. чел., из них более 100 тыс. специалистов с высшим образованием. Научный сектор был представлен специализированными НИИ и конструкторскими бюро, в которых работало более 400 докторов и свыше 4000 кандидатов наук.

Отечественная геологическая служба оказывала значительную помощь в организации и проведении геологических исследований в зарубежных странах. На территории развивающихся стран Азии, Африки и Латинской Америки. Нашими геологами были выявлены крупные месторождения нефти в Индии, Египте, Йемене, железных руд в Афганистане и в Иране, ртути в Алжире, редких, благородных металлов, нерудного сырья и подземных вод.

Основными производственными подразделениями геологических объединений были специализированные экспедиции, структура управления которыми построена по функциональному принципу: геолого-съёмочные, геологоразведочные, геофизические, гидрогеологические, тематические партии. С учётом минерально-сырьевой специфики исследуемой территории создавались комплексные специализированные геологические экспедиции, в составе которых функционируют партии и отряды. Концентрация функций в одном подразделении обеспечивала возможность эффективного управления производственным процессом.

Как правило, территория деятельности экспедиции охватывает административный район (область, край). В зависимости от объёма и специфики выполняемых работ численность сотрудников экспедиции составляет от 250-500 и более человек.

Так, до 1950 г. геолого-съёмочные работы на территории Мурманской области выполнялись сезонными партиями Ленинградского геологического

управления, разведочные работы – силами горнодобывающих предприятий. Геологическая съёмка масштабов 1:200000-1:50000 проводилась на площадях, перспективных на обнаружение железорудных, медно-никелевых и слюдяных месторождений.

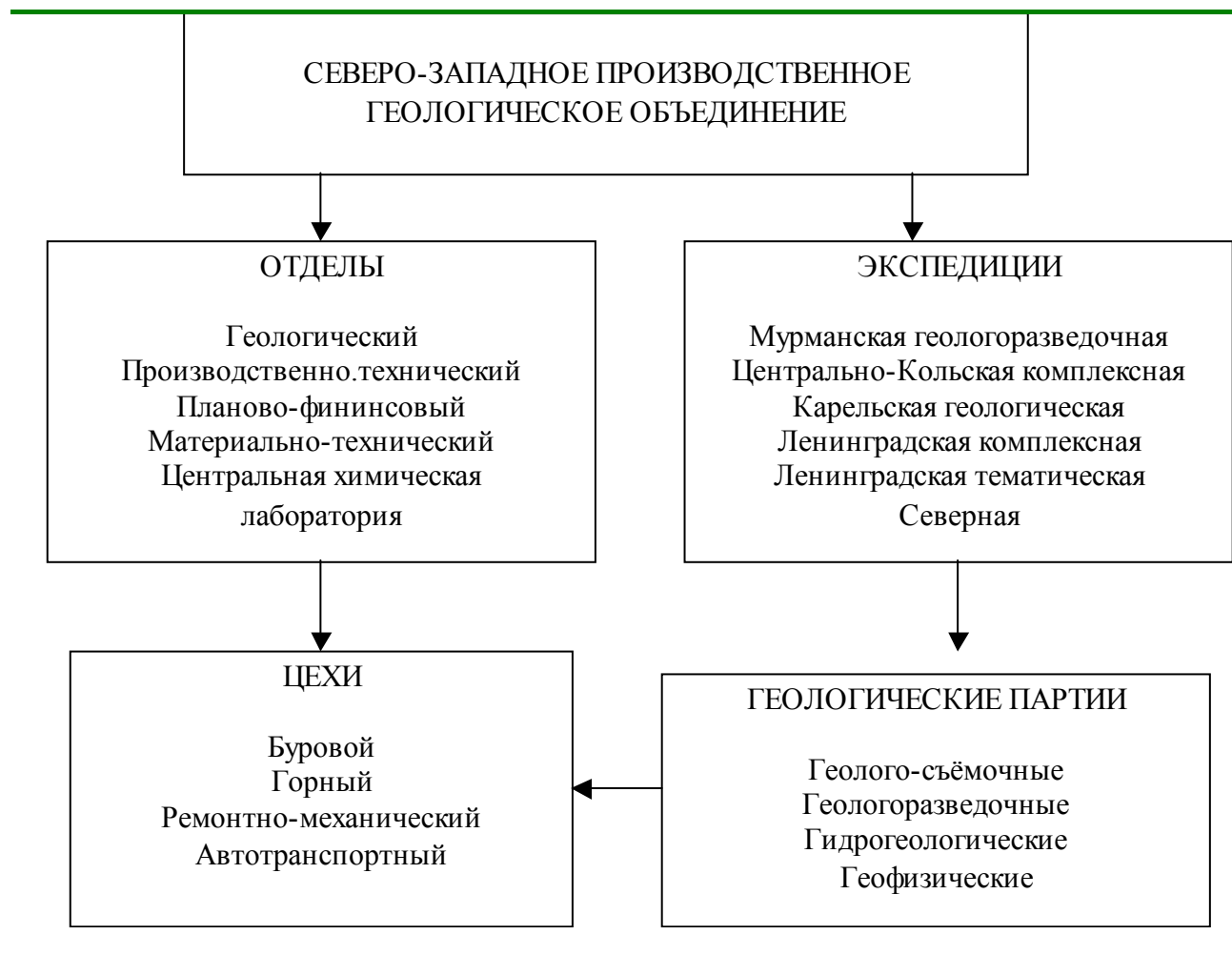


Рис.1. Организационная структура территориального геологического управления (ТГУ) и производственного геологического объединения (ПГО)

В 1951 г. на базе сезонных партий Ленинградского управления и геологических служб горнорудных комбинатов была создана Кольская комплексная (ныне ОАО «Мурманская геологоразведочная экспедиция»), выполнявшая на территории области как геолого-съёмочные и поисковые работы, так и разведку выявленных к тому времени месторождений и доразведку освоенных рудных объектов. Численный состав экспедиции к середине 1960-х годов составил 3,5 тыс. чел. объём поискового и разведочного бурения – 50 тыс. м.

Стационарные геологоразведочные партии – Ковдорская, Ловозерская, Мончегорская, Оленегорская, Печенгская и Хибинская – были

приближены к действующим горно-обогатительным комбинатам для обеспечения расширенное воспроизводство рудно-сырьевых баз. Сезонные партии продолжали геолого-картировочные работы.

Территория области изучена геологической съёмкой в масштабе 1:200000 (85% площади), геохимической (42%), гравиметрической (94%) и аэрофотокосмогеологической (37%), съёмками, а в масштабе 1:50000 и крупнее – геологической (70%), грави- и магниторазведкой (33 и 25%), аэрогаммасьёмкой (90%), аэромагнито- и электроразведкой (68 и 47%). Специализированные детальные поиски в масштабе 1:25000 и 1:10000 на различные полезные ископаемые проведены на 15% территории области.

Однако, большая часть перечисленных видов геолого-картировочных и геофизических исследований выполнена до 1970 г. и не соответствует современным требованиям.

Впоследствии, в связи с резким увеличением объёмов выполняемых исследований, необходимостью обновления геологической основы для оценки прогнозных ресурсов и поисков на новом методическом и аппаратном уровнях наряду с Мурманской ГРЭ была организована Центрально-Кольская поисково-съёмочная экспедиция (Ц-КПСЭ), специализирующаяся на проведении геолого-картировочных работ.

Политические и экономические преобразования на этапе перехода от плановой к рыночной экономике вызвали необходимость переоценки политики в области управления недрами, формирования и использования МСБ. Реформирование отрасли и перестройка организационная структура геологической службы России были направлены на обеспечение функций государственного регулирования изучения и использования недр независимо от ведомственной подчинённости геологоразведочных предприятий. В поисках оптимальных управленческих форм, максимально приближенных к условиям рынка, организационная структура геологической службы России неоднократно реформировалась (табл. 5)

Федеральное Агенство по недропользованию (ФАН) находится в ведении Министерства природных ресурсов и экологии РФ. Деятельность ФАН направлена на обеспечение функций государственного регулирования работ по изучению и использованию недр независимо от ведомственной подчинённости геологических предприятий. ФАН осуществляет свои полномочия через территориальные подразделения во взаимодействии с органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и местного самоуправления.

Таблица 5

Организация геологической службы Российской Федерации

ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	
Министерство экологии и природных ресурсов (1991-1996)	Комитет РФ по геологии и использованию недр (Роскомнедра)
Министерство природных ресурсов РФ (1996-2000)	Территориальные министерства и комитеты природных ресурсов, межрегиональные департаменты природных ресурсов
Федеральное агентство по недропользованию – ФАН РФ (в настоящее время)	Территориальные Агенства по недропользованию

В государственном секторе экономики функции ФАН непосредственно не связаны с прямым воспроизводством и использованием минерально-сырьевой базы. Этот сектор реализует функции в сфере государственного управления, регионального геологического изучения недр (геокартирование территорий, изучение континентального шельфа, исследования на Мировом океане) и создания информационной базы для недропользователей.

В рыночном секторе экономики задачи по воспроизводству МСБ для обеспечения потребностей народного хозяйства в минеральном сырье путём проведения ГРП реализуются за счёт средств недропользователей. Предприятия ФАН в ограниченном масштабе осуществляют поиски и оценку месторождений полезных ископаемых.

Компетенция Министерства природных ресурсов, ФАН и его территориальных подразделений в области недропользования подробно рассмотрена в лекции «Основы законодательства о недрах».

Задачи геологической службы на современном этапе

В условиях плановой системы и изоляции от мировой экономики стратегия развития минерально-сырьевой базы (МСБ) была ориентирована на обеспечение внутренней и экспортной потребностей во всех видах минерального сырья. За десятилетия была создана мощная МСБ, которая не только обеспечивала внутренние потребности страны, но и позволяла в

больших количествах экспортировать сырьё. Так, в 1988 году экспорт минерального сырья – руд и концентратов – превысил импорт тех же продуктов в 20 раз.

СССР лидировал по добыче большинства основных видов полезных ископаемых, опережая по темпам роста производства минерального сырья и топлива среднемировые значения. Отечественный минерально-сырьевой комплекс представлял собой своеобразный экономический феномен, для которого рост производства являлся самоцелью. Ни соображения экономической эффективности производства, ни наличие или отсутствие спроса и оптимальной потребности в продуктах переработки минерального сырья, ни, тем более, проблемы охраны природной среды в районах добычи и переработки сырья не принимались во внимание при определении стратегии развития геологической отрасли. Расширенное воспроизводство минерально-сырьевого потенциала не сопровождалось принципиальными изменениями в области техники добычи и технологии переработки сырья. Планирование добычи и прироста запасов осуществлялось произвольно от достигнутого уровня в предшествующий период. Логика централизованной административной системы привела к отраслевому расчленению минерально-сырьевого комплекса по видам полезных ископаемых. Каждой отрасли вертикально интегрированной монополии ставилась задача по обеспечению задаваемых сверху плановых показателей производства по приросту запасов, объёмам добычи и выпуску конечной продукции.

Выбывание месторождений с лучшими технико-экономическими показателями освоения компенсировалось ростом вложений в поиски и разведку, что обеспечивало воспроизводство запасов сравнительно низкого качества и расположенных в сложных географо-экономических и горно-геологических условиях и. Это привело к затовариванию государственного баланса неактивными запасами и прогнозными ресурсами по большинству видов полезных ископаемых. В результате при высокой формальной обеспеченности многие действующие горнорудные предприятия испытывают недостаток в активных, экономически эффективных запасах.

По мере повышения степени изученности и обеспеченности фронта работ горнодобывающих предприятий геологическая отрасль продолжала наращивать запасы опережающими темпами, причём нередко в таких природно-климатических условиях и такого низкого качества, что их использование не предвиделось в обозримой перспективе. Это вело к непомерным затратам, не соотносимым с полученными результатами.

Разведанные запасы в стоимостном выражении не оценивались и безвозмездно передавались горным предприятиям. Стоимость добытых из недр запасов оценивалась по директивно установленным и весьма низким ценам. Взамен горнодобывающие предприятия получали «бесплатные» капиталовложения из госбюджета на наращивание прироста и добычи.

Отраслевая расчленённость геологических и горнодобывающих предприятий, ведомственный эгоизм не способствовали комплексному использованию добываемого сырья, приводили к безвозвратным потерям ценных попутных компонентов. При фактическом избытке комплексного сырья в отходах предприятий разной ведомственной подчинённости создавались новые параллельные производства по добыче традиционных видов полезных ископаемых вопреки экономической целесообразности и экологической безопасности.

Российская Федерация унаследовала мощную МСБ, позволяющую ей занимать ведущее место в мире по запасам и добыче большинства видов полезных ископаемых. Геологическая изученность территории России соответствует уровню изученности развитых стран, обладающих крупным минерально-сырьевым потенциалом с сырьевой ориентацией экономики. Добывающие предприятия, бесплатно получившие в ходе приватизации первоначальный капитал в виде разведанных запасов с долговременной обеспеченностью, не были заинтересованы во вложении средств на поддержание и воспроизводство МСБ, тогда как бюджетные инвестиции на эти цели были вначале резко урезаны, а затем полностью прекращены, что привело к кризису геологической отрасли.

Продукция геологической отрасли – информация о недрах, разведанные запасы полезных ископаемых – имеет отложенный спрос. Промежутки времени между выявлением прогнозных ресурсов, открытием месторождения, разведкой запасов и подготовкой их к освоению занимают годы и десятилетия. По мере погашения запасов сокращаются сроки обеспеченности, усложняются условия отработки, увеличивается потребность в инвестициях, необходимых для поддержания баланса в системе «прирост-добыча» и качественного улучшения МСБ. В России за годы экономических реформ по всем без исключения видам полезных ископаемых объёмы добычи полезных ископаемых не компенсируются их приростом. В Мурманской области прирост запасов на действующих горнорудных предприятиях прекратился ещё в 1986 году.

С распадом СССР распался и минерально-сырьевой комплекс. Россия и другие страны СНГ получили свои доли в урезанном виде, без ряда крупных месторождений, с разрывом связей в технологических цепочках, транспортных схемах и в снабжении. Тем не менее к началу реформ МСБ России оставалась одной из крупнейших в мире, её организационная структура и основные проблемы были унаследованы от прежнего экономического уклада. Политические и экономические преобразования в России вызвали необходимость переоценки политики в области формирования и использования МСБ.

По мере углубления реформ произошла значительная трансформация всей системы обеспечения экономики России сырьём. Освобождение цен резко изменило структуру затрат в минерально-сырьевом комплексе. Предприятия - естественные монополисты, выпускающие дефицитную продукцию, резко подняли цены, что привело к сокращению внутреннего платежеспособного спроса, вызвало неплатежи внутри страны и повысило интерес к экспорту. Минеральное сырьё осталось одним из немногих товаров, конкурентоспособных на мировом рынке. Поэтому часть избыточного из-за низкого спроса производимого сырья экспортировалась часто по демпинговым ценам не без ущерба для эффективности сделок.

Для поддержания воспроизводства запасов минерального сырья на должном уровне необходим постоянный приток инвестиций. Однако резкое сокращение, а затем и полное прекращение бюджетных средств не было компенсировано другими источниками финансирования, что привело к сокращению выпуска продукции и кризису всего комплекса. В последние годы из-за недостаточной компенсации добываемых или списываемых запасов приростом происходит сокращение разведанных запасов.

. Опережающие приросты экономически «неактивных» запасов в прошлом сопровождались ускоренным ростом затрат, что не всегда обеспечивали реальной кратности в системе «прирост-добыча», которая у нас формально была в 2-3 раза выше, чем в мировой практике. Конечно, вкладывая огромные средства можно долго поддерживать высокий потенциал кратности. Однако на практике ГРР целесообразно проводить до тех пор, пока поступления от реализации продукции окупают все затраты, связанные с ее производством.

Негативные процессы в минерально-сырьевой отрасли вызваны резким сокращением объёмов поисковых работ и полным отказом государства от финансирования работ по воспроизводству и качественному улучшению

запасов минерального сырья. Функции Федерального Агентства по недропользованию направлены только на учёт накопленных запасов полезных ископаемых, но не на их воспроизводство. Это создаёт крайне неопределённую ситуацию на будущее.

Государство ответственно перед нынешним и будущими поколениями за состояние МСБ как главного национального богатства для обеспечения устойчивого развития в XXI веке. Для реализации государственной политики в области использования, охраны и воспроизводства природных ресурсов и преодоления сложившейся кризисной ситуации в минерально-сырьевом комплексе наряду с совершенствованием структуры управления государственным фондом недр необходимо решение ряда неотложных проблем:

- реализация концепции природно-ресурсной политики, нормативно-правового, экономического обеспечения рационального недропользования на основе цифровых геоинформационных систем;
- внедрение в практику геологических исследований современных методов и технических средств прогнозно-минералогических, геолого-геофизических, геохимических, лабораторно-технологических разработок;
- обеспечение опережающих исследований по прогнозированию новых месторождений для ликвидации хронического отставания прироста запасов от объёмов добычи полезных ископаемых, прежде всего дефицитных и стратегических видов минерального сырья;
- повышение уровня комплексного использования минерального сырья и техногенных отходов горнообогатительного и перерабатывающих производств.

Организация геологической службы в зарубежных странах

Геологическая служба США является научным, технологическим и законодательным центром в области изучения геологического строения и минерально-сырьевой политики. Федеральная геологическая служба (United States Geological Survey) и её региональные подразделения в штатах обеспечивают геологическое картирование территорий, осуществляют прогнозирование и оценку потенциальной ценности природных ресурсов. Финансирование осуществляется как за счет федерального бюджета, так и за счет средств за оказанные услуги другим организациям. Кадровый состав

геологической службы укомплектован профессиональными учеными – геологами, геофизиками, гидрогеологами, картографами.

В состав федеральной службы входит Горное Бюро (United States Bureau of Mines), которое является крупным научно-исследовательским, аналитическим, информационным и издательским центром. Функции Горного Бюро: анализ минерально-сырьевой политики, сбор, обработка и хранение базы данных о минеральном сырье не только США, но и других стран. Федеральная служба и Горное Бюро координируют свою деятельность с Американским Геологическим институтом, объединяющим 250 научных обществ, исследовательских институтов как государственных, так и частных, которые занимаются проведением научных исследований в области геологии, распространением геологических знаний, повышением квалификации специалистов. Основной объем ГРР и добычных работ выполняют геологические компании и фирмы (преимущественно частные), контролируемые правительством.

Геологическая служба Канады представлена Министерством энергетики, горнорудной промышленности и ресурсов, объединяющим два научных подразделения – Геологическую службу (Geological Survey of Canada) и Центр по развитию технологии в области минерально-энергетического сырья (CANMET). Геологическая служба осуществляет геокартирование территории страны и оказывает научно-консультационную помощь частным компаниям в области изучения недр, добычи и переработки минерального сырья.

Наряду с Министерством энергетики, горнорудной промышленности и ресурсов фундаментальные геологические исследования выполняются университетами и их подразделениями – научными институтами, центрами и лабораториями. Работы по поискам, оценке, разведке и добыче полезных ископаемых осуществляются частными компаниями и фирмами.

Каждая из десяти провинций Канады обладает суверенитетом в области геологических исследований на своих территориях. Работы финансируются федеральным правительством.

Геологическая служба Франции в организационном отношении сходна с американской: Горно-геологическое бюро Франции является государственной промышленно-коммерческой организацией. Бюро состоит из двух подразделений: Национальной геологической службы и Управления разведкой и эксплуатацией полезных ископаемых. Задачи Национальной геологической службы: – проведение фундаментальных

научных исследований, совершенствование методики поисково-разведочных работ и охрана природных ресурсов и окружающей среды, консультационные услуги по вопросам ресурсобеспечения.

Контрольные вопросы

1. Этапы истории становления геологической службы в России от Указа Петра I до создания Геологического комитета (1700-1882 годы).
2. Основные результаты деятельности Геологического комитета.
3. Организация геологической службы в СССР (1917-1991 годы).
4. Реформирование геологической отрасли на этапе перехода к рыночным отношениям (с 1992 г.).
5. Достижения отечественной геологии за 300-летнюю историю.
6. Организация геологической службы в зарубежных странах.
7. Задачи геологической службы на современном этапе.

ОСНОВЫ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА РФ «О НЕДРАХ»

Исторический аспект. Впервые «Горное положение Союза ССР», регулирующее порядок предоставления недр в пользование, было принято в 1927 г., когда в стране ещё действовали рыночные отношения в экономике (НЭП). Под горным промыслом понимались поиски, разведка и промышленная разработка месторождений. Право заниматься горным промыслом предоставлялось как специализированным предприятиям (юридическим лицам), так и гражданам.

Месторождения классифицировались на *открытые*, к которым относились скопления разведанных запасов полезных ископаемых, и *неоткрытые*, наличие которых должно быть подтверждено поисково-разведочными работами. Право разработки «открытых» месторождений предоставлялось на договорной основе. Условиями договора между государством и горнопромышленником оговаривалось внесение платы за право разработки «открытого» месторождения, которая устанавливалась в натуральной форме путём долевого отчисления добытого минерального сырья или её денежного эквивалента. Размер платы за недра определялся соглашением сторон или в порядке публичных торгов. Договором предусматривались сроки отработки месторождения и обязательства по минимальному объёму годовой добычи. Лица, получившие разрешение на проведение поисков полезных ископаемых и обнаружившие «неоткрытое» месторождение, получали преимущественное право на его безвозмездную разведку и разработку и статус *«Первооткрывателя»*.

После принятия в 1936 г. Конституции СССР и введением принципа бесплатного пользования недрами действие «Горного положения...» утратило силу, месторождения были выведены из гражданского оборота, а управление отношениями недропользования было построено в соответствии с принципами административно-командной системы.

Впоследствии из «Основ законодательства Союза ССР о недрах» (1976) были полностью исключены все экономические рычаги управления горными отношениями.

В настоящее время законодательной основой недропользования является Закон РФ «О недрах», принятый Государственной Думой в 1992 г., одобренный Советом Федерации и подписанный Президентом РФ. Закон «О недрах» и закрепляет основные принципы недропользования:

- обеспечение воспроизводства и рационального использования МСБ и охраны недр в интересах нынешнего и будущих поколений народов РФ;
- совместное распоряжение недрами Правительствами РФ и её субъектов (республиками, краями, областями);
- лицензионный порядок предоставления недр в пользование на основе конкурентности, равной доступности и платности.

Закон направлен на обеспечение защиты государственных интересов страны и её граждан, прав и гарантий пользователей недр в связи с геологическим изучением, использованием и охраной недр России, её континентального шельфа. В нём заложены правовые и экономические основы рационального комплексного использования и охраны недр.

Собственность на недра. Недра, включая подземное пространство и содержащиеся в них полезные ископаемые, являются государственной собственностью, а вопросы владения, пользования и распоряжения недрами находятся в совместном ведении Российской Федерации и её субъектов в интересах народов, проживающих на соответствующих территориях, и всех народов России. Недра не могут быть предметом купли, продажи, дарения, наследования и других форм отчуждения. Добытые из недр полезные ископаемые по условиям лицензии могут находиться в федеральной собственности, собственности субъектов Федерации, муниципальной и частной формах собственности. Государственный фонд недр составляют используемые участки недр (геометризованные блоки) и неиспользуемые части недр на территории России и её континентального шельфа. Федеральные и территориальные органы власти разрабатывают государственные программы геологического изучения недр, воспроизводства МСБ, их рационального использования и охраны окружающей среды.

Компетенция органов власти в сфере недропользования. Реализация федеральной политики в области пользования недрами возлагается на органы управления государственным фондом недр (ФАН) и его территориальные подразделения. Агенства по недропользованию субъектов Федерации выполняют те же функции в пределах своей компетенции и участвуют:

- в совершенствовании законов и других нормативных документов по недропользованию, в разработке и реализации территориальных программ геологического изучения, развития и освоения МСБ;

– в подготовке балансов запасов и кадастров месторождений, в экспертизе информации о разведанных запасах полезных ископаемых и в других управленческих и исполнительных мероприятиях, относящихся к недрам подведомственных территорий (табл. 6).

Таблица 6

Компетенция органов власти в сфере недропользования

Разработка законодательства о недрах и распоряжение государственным фондом недр		Разработка и реализация федеральной политики недропользования, определение стратегии дальнейшего расширения и качественного улучшения МСБ путем реализации программ геологического изучения недр
Введение ограничений на пользование недрами для обеспечения национальной безопасности и охраны природы		
Определение условий, форм и размеров платы за пользование недрами	ФУНКЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫМ ФОНДОМ НЕДР	Разрешение споров по вопросам недропользования между субъектами РФ
Ведение государственных балансов запасов, кадастров месторождений и рудопроявлений полезных ископаемых		Защита прав недропользователей, интересов граждан РФ и малочисленных народов
Координация научно-исследовательских и опытно конструкторских работ, связанных с использованием недрами		Заключение международных договоров по геологическому изучению, использованию и охране недр
Государственная экспертиза информации о запасах полезных ископаемых	Распоряжение недрами континентального шельфа Российской Федерации	Создание, ведение и распоряжение системой геологической информацией о недрах

Месторождения и участки недр, содержащие стратегические и дефицитные виды ресурсов, наличие которых влияет на национальную безопасность страны, имеют статус объектов федерального значения. Отнесение месторождений и участков недр к федеральному фонду принимается совместным решением федерального и территориального органов государственной власти.

Органы местного самоуправления районов и городов, на территории которых находится участки недр, предоставляемых в пользование, имеют

право осуществлять контроль, вводить ограничения или приостанавливать работы по добыче общераспространённых полезных ископаемых, если это пользование может создать угрозу жизни и здоровью людей, нанести ущерб хозяйственным объектам или окружающей среде (табл. 7).

Таблица 7

Компетенция местных органов власти в сфере недропользования

ФУНКЦИИ ОРГАНОВ МЕСТНОГО САМОУПРАВЛЕНИЯ РАЙОНОВ И ГОРОДОВ	
Участие в решении вопросов, связанных с соблюдением социально-экономических и экологических интересов местного населения при предоставлении недр в пользование	Предоставление разрешений на разработку месторождений общераспространённых полезных ископаемых, а также приостановление их добычи в случаях нарушения Земельного законодательства.
Контроль за использованием и охраной недр при добыче общераспространённых полезных ископаемых	Введение ограничений на пользование недрами в пределах населённых пунктов для предотвращения ущерба объектам хозяйства и природной среде

Владельцы дачных и земельных участков вправе по своему усмотрению осуществлять добычу общераспространённых полезных ископаемых, не числящихся на государственном балансе, строительство подземных сооружений для своих нужд на глубину до пяти метров и эксплуатацию бытовых колодцев и скважин на первый водоносный горизонт, если он не является источником централизованного водоснабжения.

Лицензионный порядок пользования недрами

Берг-Коллегии цену металлам по состоянию места, положения и изживания таким образом учредить, чтобы наши верные подданные прямую и довольную прибыль иметь будут.

М.В. Ломоносов

Недра предоставляются в пользования для геологического изучения территории, поисков и предварительной оценки перспектив рудоносности, проведения геологоразведочных работ и добычи полезных ископаемых, а

также осуществления иной деятельности, не связанной с эксплуатацией месторождений – строительства и эксплуатации подземных сооружений, образования особо охраняемых геологических объектов (заповедников, памятников природы и др.), сбора минералогических, палеонтологических и других коллекционных материалов (табл. 8).

Таблица 8

Направления и цели использования недр

Региональное геолого-геофизическое изучение, геокартирование, научно-исследовательские и другие изыскания, прогнозирование природных процессов, мониторинг окружающей среды, контроль за режимом подземных вод		Геологическое изучение, поиски, оценка и разведка месторождений полезных ископаемых
Разведка и добыча полезных ископаемых, в том числе отходов горнодобывающего и перерабатывающих производств	ВИДЫ ПОЛЬЗОВАНИЯ НЕДРАМИ	Оценка пригодности участков недр для строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых
Образование особо охраняемых геологических объектов, имеющих научное, культурное, эстетическое значение (научные, учебные полигоны, памятники природы, геологические заповедники, пещеры и др.)		Сбор минералогических, палеонтологических и других геологических коллекционных материалов

Предоставление недр в пользование оформляется специальным разрешением или лицензией.

Лицензия является документом, удостоверяющим право её владельца на выполнение видов деятельности в определённых границах в соответствии с указанной целью в течение установленного срока при соблюдении им требований, заранее оговорённых федеральным органом управления фондом недр или, по согласованию, его территориальным подразделением.

Государственная система лицензирования определяет единый порядок предоставления лицензий, включающий информационную, научно-аналитическую, экономическую и юридическую подготовку материалов, которая призвана обеспечить:

- практическую реализацию государственных программ развития добывающей промышленности и МСБ;

- социально-экономические, экологические и другие интересы населения, проживающего на данной территории и всех граждан РФ;
- развитие рыночных отношений, проведение антимонопольной политики в сфере пользования недрами;
- равные возможности всех юридических лиц и граждан в получении лицензии и необходимые гарантии владельцам лицензий и защиту их прав.

Таблица 9

Содержание лицензии на право пользования недрами

Основание для предоставления лицензии; данные о пользователе недр и органах, предоставивших лицензию	Целевое назначение работ; пространственные границы участка недр и земельного отвода, предоставляемого в пользование для ведения работ	
Согласованный уровень добычи минерального сырья, соглашение о праве собственности на добытое минеральное сырье и на геологическую информацию, полученную в процессе пользования недрами	СОДЕРЖАНИЕ ЛИЦЕНЗИИ НА ПРАВО ПОЛЬЗОВАНИЯ НЕДРАМИ	Сроки действия лицензии и начала работ, порядок предоставления геологической информации на государственную экспертизу
Условия выполнения требований по охране недр и окружающей природной среды, безопасному ведению работ	Условия, связанные с платежами за пользование недрами, земельными участками	Порядок и сроки подготовки проектов ликвидации или консервации горных выработок и рекультивации земель

Для получения лицензии проводятся конкурсы или аукционы (тендеры).

Объявления о предстоящем конкурсе или аукционе заблаговременно публикуются в средствах массовой информации. В объявлении содержатся сведения по объекту лицензирования, размеры регистрационного взноса за участие в конкурсе и платы за предоставление геологической информации и за пользование недрами и земельным участком, требования по охране недр и природной среды, по безопасному ведению работ.

В свою очередь предприятие-заявитель предоставляет конкурсной комиссии пакет геологической, горнотехнической, технологической и иной

информации и технико-экономические показатели ведения работ на объекте. Победителем в конкурсе признаётся заявитель, обеспечивающий наиболее оптимальные экономические и экологические условия недропользования. При аукционной системе предпочтение отдаётся претенденту, предложившему наибольшую плату за получение права на пользование недрами.

Оформление, регистрация и выдача лицензии осуществляются Федеральным Агенством по недропользованию или, по согласованию, его территориальным подразделением. Владельцу лицензии выдаётся полный пакет геологической информации по предоставленному участку недр.

Пользователями недр могут быть субъекты предпринимательской деятельности независимо от форм собственности, в том числе юридические лица и иностранные граждане. Их права и обязанности возникают с момента получения лицензии. Добыча радиоактивного сырья и захоронение радиоактивных отходов и токсичных веществ производится только государственными предприятиями.

Недра предоставляются в пользование для геологического изучения на срок до 5 лет, для добычи полезных ископаемых - до 20 лет; при совмещении этих видов деятельности срок может быть продлен до 25 лет. Без ограничения срока могут быть предоставлены участки недр для строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых (тоннели, хранилища и др.), а также для образования особо охраняемых объектов.

Право пользования недрами может быть досрочно прекращено, приостановлено или ограничено в случаях:

- возникновения чрезвычайных ситуаций (стихийных бедствий) и непосредственной угрозы жизни и здоровью людей, работающих или проживающих в зоне влияния работ;
- существенного нарушения условий, обусловленных в лицензии, правил пользования недрами и охраны окружающей природной среды;
- нарушения срока начала работ, определенного условиями лицензии, а также ликвидации предприятия.

Права и обязанности недропользователя

Пользователь недр имеет право:	Пользователь недр обязан:
1. Использовать предоставленный ему участок недр для любой формы предпринимательской деятельности, соответствующей цели, обозначенной в лицензии. 2. Самостоятельно выбирать формы деятельности, не противоречащие законодательству. 3. Использовать результаты своей деятельности, в том числе добытое минеральное сырьё. 4. Использовать отходы горнодобывающего и обогащательного производств, если иное не оговорено в лицензии. 5. Ограничивать застройку площадей залегания полезных ископаемых в границах горного отвода. 6. Проводить без дополнительных соглашений геологическое изучение недр за счёт собственных средств в границах горного отвода. 7. Обращаться в органы, предоставившие лицензию, для пересмотра условий лицензирования при возникновении обстоятельств, существенно отличающихся от тех, при которых лицензия была предоставлена.	1. Соблюдать требования законодательства и ГОСТов по технологии ведения работ и переработке минерального сырья, по недопущению сверхнормативных потерь, разубоживания и выборочной отработки полезных ископаемых. 2. Осуществлять ведение геологической документации и предоставлять достоверную геологическую информацию в федеральный и территориальный фонды. 3. Обеспечивать безопасное ведение работ, требований по охране недр, атмосферного воздуха, земель, лесов, вод, а также зданий и сооружений от вредного влияния работ. 4. Обеспечивать приведение участков земли и других природных объектов, нарушенных при пользовании недрами, в состояние, пригодное для их дальнейшего использования. 5. Обеспечивать сохранность разведочных выработок и буровых скважин, которые могут быть использованы при разработке МПИ; ликвидацию выработок, не подлежащих дальнейшему использованию. 6. Выполнять лицензионные условия, своевременно и правильно вносить платежи за пользование недрами.

Законом «О недрах» регламентируются требования по рациональному использованию и охране недр (табл. 11).

Таблица 11

Требования Закона «О недрах»
по рациональному использованию и охране недр

Обеспечение полноты геологического изучения, достоверности оценки запасов полезных ископаемых		Рационально комплексное использование и охрана недр, полное извлечение из руд основных и попутных компонентов	
Государственная экспертиза и учёт запасов полезных ископаемых	ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ И ОХРАНЕ НЕДР		Использование промышленных отходов добычи и переработки руд
Охрана месторождений от затопления и других факторов, снижающих качество полезных ископаемых и промышленную ценность месторождения		Соблюдение порядка консервации и ликвидации горнодобывающих предприятий и сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых	
Недопущение самовольного пользования недрами		Предупреждение самовольной застройки площадей залегания полезных ископаемых	

Эти требования распространяются на обеспечение опережающего геологического изучения недр, достоверной оценки запасов и свойств полезных ископаемых и рационального комплексного использования, охраны недр и окружающей природной среды при проведении геологоразведочных и горно-добычных работ. Законом закрепляются обязанности владельца лицензии по осуществлению геолого-экономической переоценки запасов в случае существенного расхождения фактических условий разработки от средних показателей, принятых при обосновании разведочных кондиций. Такая переоценка необходима для обеспечения безубыточной работы предприятия в случае изменения рыночной конъюнктуры по минеральное сырьё и продукты его переработки и резких колебаний цен на и на энергоресурсы.

Плата за пользование недрами. Кроме обязательных платежей, предусмотренных законодательством, с недропользователей взимаются следующие виды платежей:

– разовые сборы за участие в конкурсе (аукционе) и за выдачу лицензии, размеры которых определяются по суммарным затратам на подготовку, проведение торгов, оформление и регистрацию лицензии;

– платежи за поиски, разведку месторождений и добычу минерального сырья, размеры которых зависят от вида полезного ископаемого, уровня геологической изученности и подготовленности к освоению и степени риска. Эти платежи включаются в себестоимость добычи как доля от мировой цены на конечную продукцию. За сверхнормативные потери минерального сырья при добыче и переработке ставка платежей удваивается;

– акцизный сбор взимается за разработку месторождений с лучшими горно-геологическими и экономико-географическими условиями, а также за разработку высоколиквидных полезных ископаемых, пользующихся повышенным спросом на внутреннем и внешнем рынках;

– плата за геологическую информацию, полученную за счёт государственных средств. Получение сведений об участке недр иным путём, кроме установленного законом, не освобождает от платы за геологическую информацию.

Контрольные вопросы

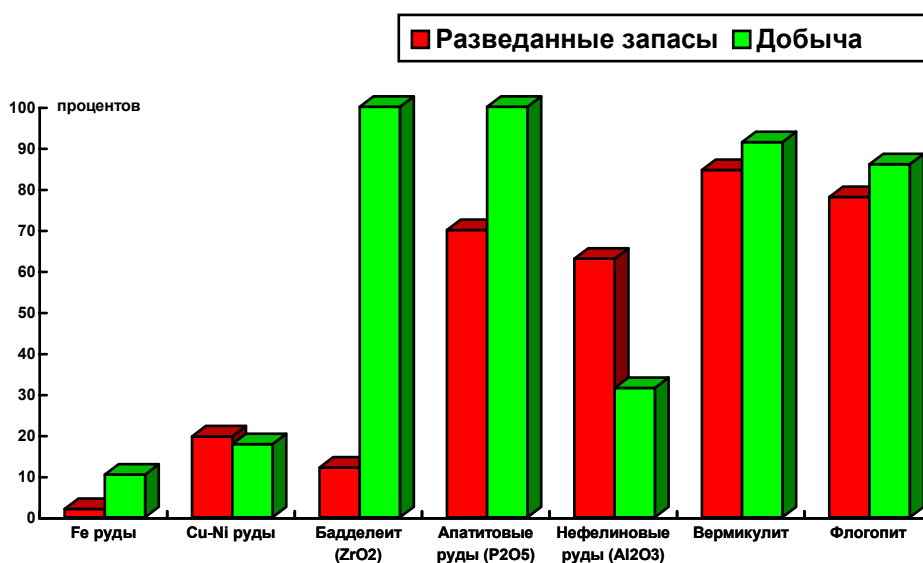
1. Законодательство РФ «О недрах». Основные положения.
2. Права собственности и пользования недрами.
3. Недра (дать определение). Виды пользования недрами.
3. Охрана недр, представляющих научную и культурную ценность.
4. Основные права и обязанности пользователя недрами.
5. Система лицензирования (равнодоступность, платность и конкурсность).
7. Платное недропользование. Виды платежей (за право пользования недрами, за участие в конкурсе и получение лицензии, акцизы).
8. Требования законодательства по рациональному недропользованию.
9. Нормативные акты, обязательные для выполнения всеми недропользователями, осуществляющими геологическое изучение и разработку месторождений, использованию отходов основного производства.

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

По многим доказательствам заключаю, что в северных земных недрах пространно и богато царствует натура.

М.В. Ломоносов

Мурманская область – один из наиболее развитых горнорудных районов России. Здесь на площади 144,1 тыс. км² (менее 1% территории страны) сосредоточены крупные и эффективные источники минерального сырья федерального значения, создан мощный горнорудный комплекс, обеспечивающий преобладающую часть потребности страны (%) в фосфатах (99), флогопите и вермикулите (80-90), мусковите, нефелиновом и керамическом сырье (30-40), железе (10), цирконии (100), никеле, меди, кобальте, ниобии, тантале, редкоземельных металлах (рис.2).



**Рис. 2. Структура запасов и добычи основных видов полезных ископаемых Мурманской области
(в процентах от показателей Российской Федерации)**

Минерально-сырьевые ресурсы представлены в основном крупными месторождениями технологически освоенных комплексных руд, расположенными в экономически развитых районах. На базе разведанных месторождений действуют Акционерные общества (горно-обогатительные, горно-металлургические комбинаты и горные компании), являющиеся градообразующими для городов Апатиты, Кировск («Апатит»), Никель и

Мончегорск («ГМК Печенганикель» и «ГМК Североникель»), Оленегорск («Оленегорский ГОК»), Ковдор («Ковдорский ГОК», «Ковдорслюда»), пос. Ревда («Ловозерская ГК»), Енский, Риколатва, в которых проживает треть населения области. Продукция горнодобывающей отрасли составляет 2/3 промышленного производства области. Обеспеченность действующих предприятий рудно-сырьевой базой является долгосрочной. Имеются реальные предпосылки для вовлечения в промышленное освоение новых рудных объектов с нетрадиционными для области и остродефицитными для страны источниками сырья (хром, титан, руды цветных, редких и благородных металлов, нерудные ископаемые), по расширению номенклатуры выпускаемой продукции, пользующейся повышенным спросом на внутреннем и внешнем рынках.

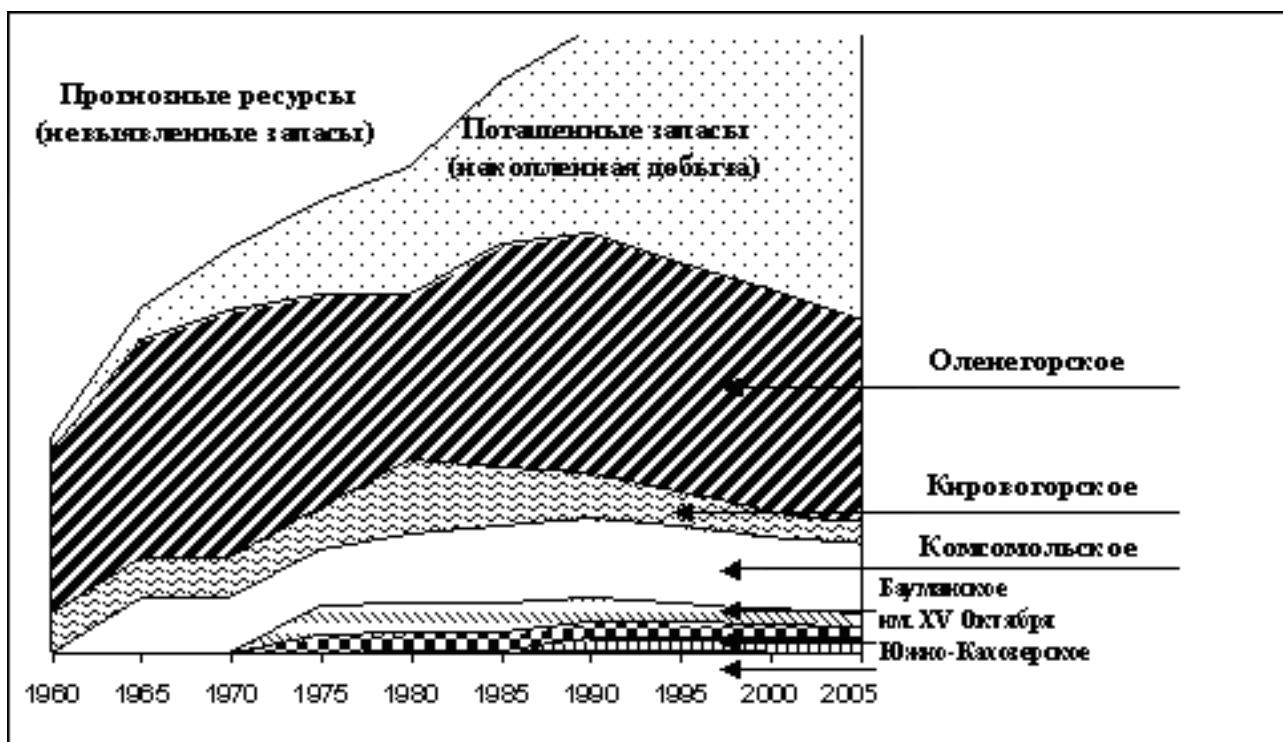
Разрабатываемые месторождения

Сырьевая база *железных руд* представлена десятью месторождениями, из которых в шести эксплуатируемых сосредоточено 95% запасов области. Руды представлены магнетитовыми кварцитами, разрабатываемыми Оленегорским ГОКом (60% запасов), комплексными апатит-магнетитовыми рудами Ковдорского месторождения (35%) и неизвлекаемым при переработке титаномагнетитом в апатитовых рудах Хибинских месторождений. Прогнозные ресурсы, связанные с глубокими горизонтами освоенных месторождений и с новыми рудопроявлениями, в 3,8 раза превышает разведанные запасы, однако доля активных ресурсов, доступных для открытой отработки, в них незначительна.

ОАО «Олкон» разрабатывает открытым способом месторождения Оленегорское (с 1949 г.) Кировогорское (1978), Им. проф. Баумана (1987), Им. 15-летия Октября (1989) и Комсомольское (1999). Добытая руда с содержанием 29-30% Fe обогащается по магнитно-гравитационной схеме с выпуском стандартного (65,6% Fe) и суперконцентрата (72% Fe), а также ферритовых Sr-порошков и Sr-магнитов. Извлечение железа в продукты обогащения составляют 78,8%. Вскрышные породы, представленные щебнем гранитов и гнейсов, используются в стройиндустрии.

Обеспеченность запасами для открытой добычи составляет 20 лет, после чего неизбежен переход на подземную отработку, что вызовет удорожание и снижение выхода продукции. Для поддержания мощностей предприятия на достигнутом уровне в отдалённой перспективе необходимо

освоение новых месторождений с небольшими запасами, расположенными в 10-16 км от комбината.

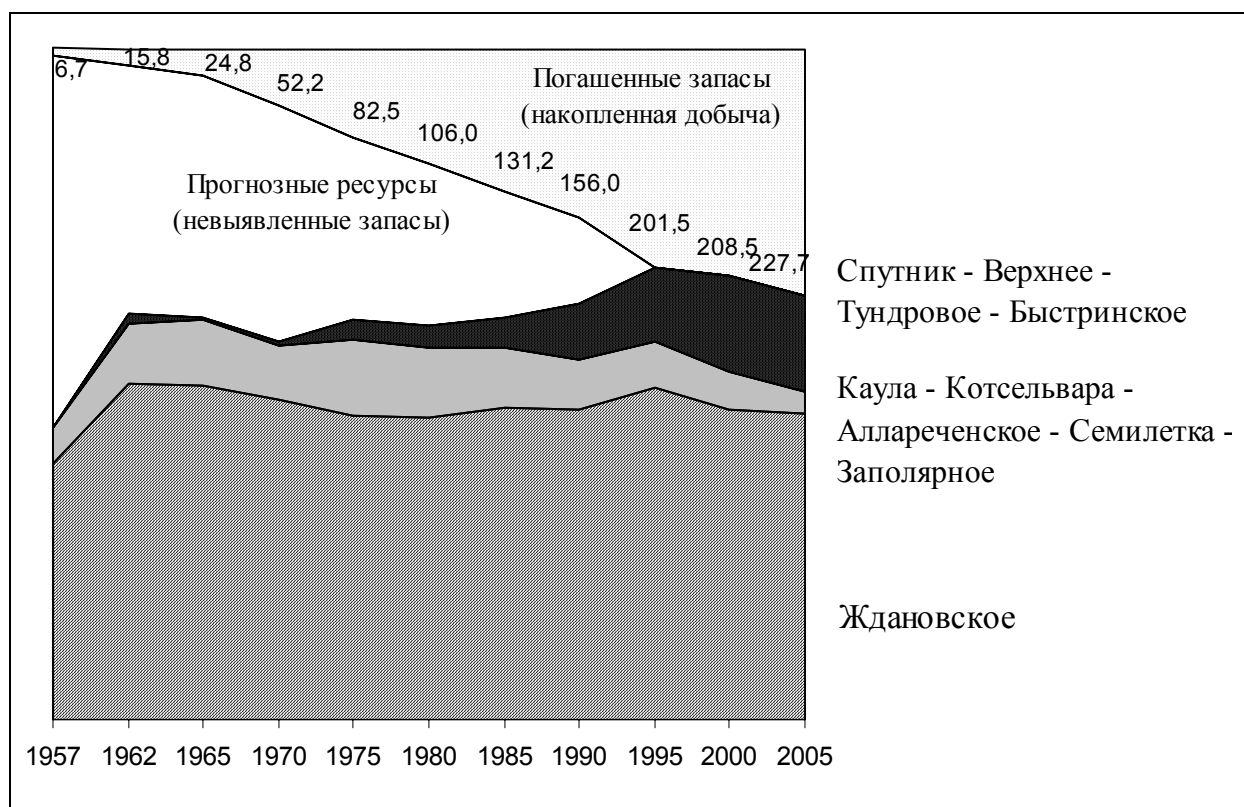


**Рис.3. Динамика воспроизводства запасов железных руд
ОАО «Оленегорский ГОК» («Олкон») в системе «прирост–добыча» (млн.т.)**

«Ковдорский ГОК» с 1962 г. разрабатывает открытым способом комплексные магнетит-апатитовые руды с бадделеитом ZrO_2 (25-28% Fe, 7% P_2O_5 , 0,15% ZrO_2), которые обогащаются магнитно-гравитационно-флотационным сепарацией с получением концентратов: магнетитового (64-65% Fe), апатитового (38% P_2O_5) и бадделеитового (98-99% ZrO_2), который является единственным в РФ источником циркония. Выпуск ZrO_2 за последнее 10-летие увеличился в несколько раз за счет переработки техногенных отходов обогащения. Большая часть Zr-концентрата (90%) экспортируется. Подготовленная сырьевая база обеспечивает работу предприятия на 40-летний срок, в том числе в карьере на 25 лет.

В связи с увеличением потребности в апатите и бадделеите с 1995 г. ведется разработка техногенных отходов магнитной сепарации, что позволило без дополнительных затрат на создание перерабатывающих мощностей и 2-кратном сокращении добычи руды обеспечить на прежнем уровне выпуск апатитового и в несколько раз увеличить производство бадделеитового концентратов.

По запасам и устойчивой добыче сульфидных *медно-никелевых руд* Мурманская область занимает (после Норильска) второе место в России. Балансом учитываются запасы десяти месторождений Печенгского рудного района. Разрабатываются открытым способом Ждановское и подземным способом Заполярное, Котсельвара-Каммикиви и Семилетка.



**Рис. 4. Динамика воспроизводства запасов никеля
ОАО «Печенганикель» в системе «прирост–добыча»**

В контурах разрабатываемых месторождений сосредоточено 75% запасов. По мере затухания добычи в карьерах центр тяжести будет перемещаться на подземную отработку месторождений Заполярное, Ждановское, Тундровое и Быстринское, а также Спутник и Верхнее.

Товарная продукция ГМК «Печенганикель» - файнштейн перерабатывается на комбинате «Североникель» (г. Мончегорск). Никель, медь и кобальт (15-20% отечественного производства), драгоценные металлы (золото, серебро, платиноиды), а также селен, теллур и сера пользуются неограниченным спросом на внутреннем и внешнем рынках.

Месторождения Каула, Восток, Аллареченское (Печенгский район), Ниттис-Кумужья-Травяная, Нюд, Сопча (Мончегорский район) полностью отработаны. Резервной сырьевой базой служит ряд предварительно

оцененных месторождений и рудопроявлений с небольшими запасами, расположенных вблизи действующего предприятия.

Подготовлено к освоению Сопчеозерское месторождение хромитов – стратегического для России минерального сырья.

Крупные запасы и ресурсы *редких металлов* сосредоточены в лопарите (тантал, ниобий, стронций, редкоземельные металлы) и эвдиалите (цирконий, иттрий) Ловозерского массива, в сподумене (литий, тантал, ниобий, бериллий) Вороньих тундр, в пироклоре (ниобий, тантал) карбонатитовых массивов Вуориярви, Себляярв и Салланлатва.

Ловозерское месторождение включает 12 рудных участков, из них в разрабатываемых (Карнасурт, Кедыквырпахк и Умбозеро) сосредоточено 75% всех запасов. Остальные участки не намечены для освоения в обозримом будущем. Действующие рудники обеспечены запасами на длительную перспективу (более 100 лет). В составе Ловозерского ГОКа действует горно-обоганительный комплекс с производительностью до 1,5 млн т руды. На обоганительных фабриках по гравитационной схеме получается 95% лопаритовый концентрат, который перерабатывается на Соликамском магниевом заводе по хлорной технологии на ниобий, тантал и редкие земли. Жёсткая зависимость предприятия от единственного потребителя вызывает необходимость создания в области собственного производства по выпуску готовой продукции.

Резервной сырьевой базой являются эвдиалит-лопаритовые руды, выгодно отличающиеся высоким содержанием тантала до 1% и ниобия до 10-12%, а также эвдиалитовые руды, содержащие цирконий и иттрий.

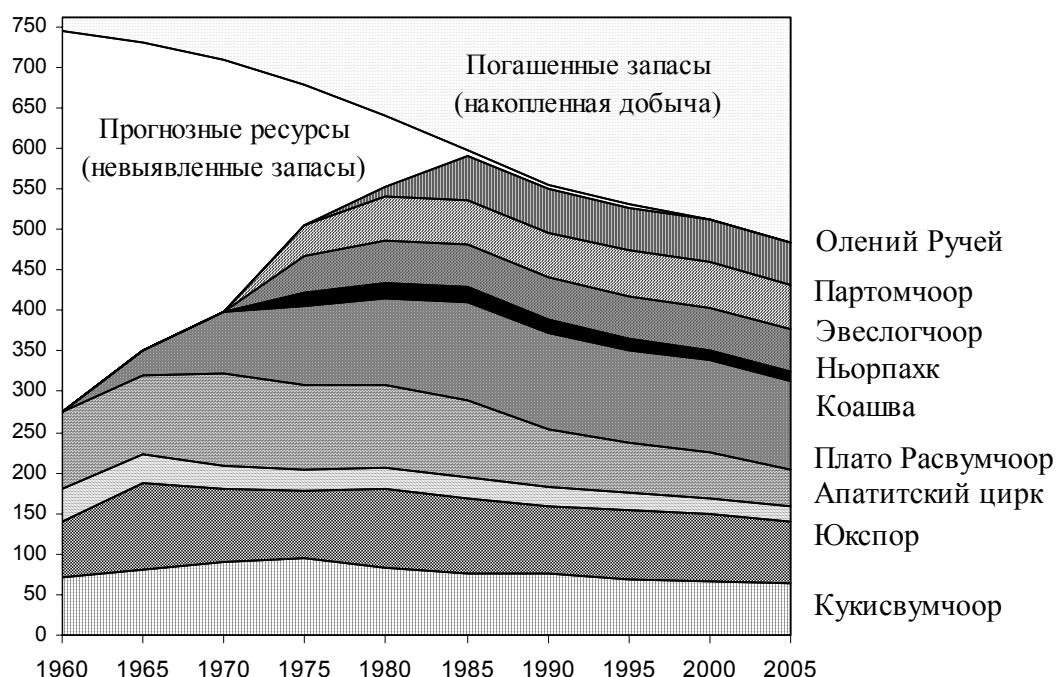
Редкие щелочные металлы (литий, рубидий, цезий), бериллий, ниобий и тантал концентрируются в сподумен-поллуцитовых пегматитах Вороньих тундр (месторождения Колмозеро, Полмос).

Производство фосфатных удобрений в России полностью базируется на апатитовом концентрате Ковдорского и Хибинских месторождений.

Из десяти Хибинских месторождений разрабатываются открытым (60%) и подземным (40%) способами шесть месторождений. Запасы обеспечивают работу подземных рудников на длительную перспективу, для открытой добычи сохранились только в Коашвинском карьере.

За период освоения из недр добыто 1,6 млрд т руды (или 1/3 всех запасов), причём лучших по качеству (17% P_2O_5), условиям и глубине залегания и способам отработки. Из добытой руды получено 575 млн т апатитового концентрата. Доля погашенных в результате интенсивной

добычи запасов по месторождениям составила, в % от начальных: Плато Расвумчорр 70, Апатитовый Цирк - 59, Кукисвумчорр – 50, Ньоркпахк - 45, Юкспор - 33 и Коашва - 15%.



**Рис. 5. Динамика воспроизводства запасов P_2O_5 (тыс.т.)
ОАО «Апатит» в системе «прирост–добыча» за 1960 – 2005 гг.**

По состоянию на начало 2008 г. в освоенных месторождениях осталось 2,2 млрд т руды (325 млн т P_2O_5), кроме того 1,6 млрд т руды (180 млн т P_2O_5) в разведанных резервных месторождениях – Олений Ручей, Эвеслогчорр и Партомчорр. Резервы наращивания запасов полностью исчерпаны.

Апатитовый концентрат направляется на экспорт (25%) и на химзаводы России (75%), которые, в свою очередь, экспортируют фосфорные удобрения. В результате по количеству вносимых удобрений Россия в 5-10 раз уступает развитым странам. Переработка нефелинового концентрата (28-29% Al_2O_3) освоена на Волховском и Пикалевском заводах с выпуском глинозема, галлия, соды, поташа и портландцемента. Значительная часть нефелина (более 90%), весь титаномагнетит и сфен ежегодно в количестве 15-20 млн т ежегодно пополняют отходы АНОФ.

Апатитовые руды Хибинских месторождений комплексные. Они содержат: в апатите – фосфор, фтор, стронций, редкие земли; в нефелине – алюминий, галлий, щелочные металлы; в титаномагнетите и в сфене – титан. Крупные запасы этих компонентов в апатито-нефелиновых рудах

составляют преобладающую часть отраслевых балансов редких металлов: стронций (99% государственного баланса), редкоземельные металлы (80%), фтор (42%), галлий, рубидий и цезий (27-38%) и титан. Однако состояние балансов запасов редких металлов не отражает реального их использования, поскольку уровень извлечения попутных компонентов из концентратов остаётся крайне низким.

При сернокислотной переработке апатитового концентрата на фосфорные удобрения извлекается соединения фтора, а другие ценные компоненты теряются в отходах химических заводов в виде фосфогипса. По азотнокислотной технологии возможно получение нитрофосфата калия с попутным извлечением карбонатов редких земель.

Ковдорское месторождение *вермикулита* и *флогопита* является крупнейшим в мире. В нем сосредоточено 85% и 78% запасов и практически вся отечественная добыча. За весь период эксплуатации добыто 20 млн т вермикулитовой и 630 тыс т флогопитовой руды (или 7% и 30% от запасов). Обеспеченность рудника запасами превышает 500 лет, однако в проектных контурах отработки запасы ограничены 10-15 годами. Вермикулитовый концентрат направляется на слюдяные фабрики и металлургические заводы России (75 %) и частично экспортируется (25 %).

Из добываемой жильной массы производится широкий ассортимент флогопитовой продукции, которая отправляется на слюдяные фабрики и автошинные заводы, экспортируется в Бельгию и Францию.

По запасам и добыче *кварц-полевошпатного сырья* Мурманская область занимает ведущее место в стране. Балансом учитываются запасы трёх месторождений, из них эксплуатируются Куру-Ваара и Риколатва. Обеспеченность запасами долгосрочная. Известно много перспективных пегматитовых проявлений. Выпускаемая продукция направляется на ряд заводов по изготовлению фарфоровых и керамических изделий.

В области известно свыше 20 месторождений *листового мусковита*, однако 2/3 всех запасов сосредоточена в трёх крупных месторождениях - Енском, Риколатвинском и Неблогорском. В связи с конверсией основного потребителя – ВПК – рудники перепрофилированы на переработку отвалов прошлых лет для выпуска керамики и мелкоразмерного мусковита.

В области имеются крупные запасы *огнеупорных оливинитов* (Хабозерское и Ковдорское месторождения), однако используются они в ограниченных объемах, хотя появилась устойчивая тенденция к увеличению спроса со стороны металлургических и цементных заводов.

Запасы *облицовочных камней* учитываются по 15 месторождениям, а разрабатываются только 5-7 из них. По разнообразию цветовой гаммы и декоративным качествам облицовочные камни Мурманской области могут конкурировать с продукцией известных производителей. Блоки, плиты, изделия из облицовочного камня используются местными строительными организациями и отгружаются на предприятия Петербурга и Москвы.

В дореформенный период ГРР были ориентированы на обеспечение расширенного воспроизводства запасов только освоенных видов сырья – медно-никелевых, апатито-нефелиновых, железных и лопаритовых руд, слюды-мусковита для действующих ГОКов. Все остальные полезные ископаемые (хромиты, титан, благородные металлы, алмазы) изучались по остаточному принципу. Интенсивная отработка месторождений освоенных руд привела к истощению сырьевой базы ГОКов, возможности прироста запасов для которых весьма ограничены. В сложившихся условиях необходима переориентация работ на поиски и оценку перспективных для области полезных ископаемых с последующей их переработкой до товарной продукции на базе существующих ГОКов. Наиболее актуальны те виды сырья, которые ныне крайне дефицитны в России (хром, титан, редкие и редкоземельные металлы). Резервные месторождения способны обеспечить потребности России в редких металлах: литии, бериллии, цезии, иттрии, цирконии, редких землях, ниобии и тантале. В Мурманской области установлено несколько рудопроявлений золота (Оленинское, Няльм-1 и Няльм-2 и др.), ресурсы которых оценены на поисковой стадии.

Завершена разведка и ведутся подготовительные работы по освоению крупного Фёдоровотундровского месторождения платинометаллических руд. В ближайшие годы намечается строительство рудника и обогатительной фабрики с выпуском сульфидного концентрата, содержащего палладий, платину, золото, никель и медь.

Разведанные запасы и ресурсы высококачественных кианитовых руд Кейвских месторождений – перспективного источника для получения огнеупоров и глинозёма – в несколько раз превышают все ресурсы кианитового сырья в мире и являются практически неограниченными, однако сроки их освоения отодвигаются на отдалённую перспективу.

Негативные факторы в МСК Мурманской области:

- истощение запасов традиционных полезных ископаемых в связи с их интенсивной отработкой. За последние десятилетия всем видам полезных ископаемых не обеспечивается даже простое воспроизводство запасов;

- низкий уровень комплексного использования руд, ориентированного на первичную переработку основного рудного минерала, высокие потери минерального сырья при добыче и переработке попутных компонентов;
- несоответствие технико-экономических показателей освоения запасов ранее подготовленных месторождений рыночным условиям;
- недостаточная геолого-поисковая изученность дефицитных видов минерального сырья.

В соответствии с этим к числу основных задач относятся:

- устранение возникших в период рыночных реформ диспропорций между объёмами добычи и прироста запасов основных видов сырья;
- поддержание и развитие рудной базы за счет вовлечения в освоение новых нетрадиционных для области видов полезных ископаемых (металлов платиновой группы, хрома, титана, кианита, барита, эвдиалита, редких и редкоземельных элементов, огнеупорного сырья и др.), а также техногенных отходов горного и обогащательного производств;
- повышение уровня комплексности использования минерального сырья и углубление его переработки;
- проведение применительно к требованиям рынка экспертной геолого-экономической переоценки эксплуатируемых и резервных месторождений;

Реализация этих мероприятий позволит обеспечить условия для устойчивого развития отрасли, реализации социально значимых программ и проектов и оздоровления социально-экономической обстановки.

Контрольные вопросы

1. Кольский горнопромышленный комплекс (основные предприятия, выпускаемая продукция, тенденции и перспективы развития, обеспеченность подготовленными запасами, проблемная ситуация).
2. Минерально-сырьевая база Мурманской области: состояние, перспективы развития и использования.
3. Темпы добычи и воспроизводства рудно-сырьевой базы, оценка уровня и полноты использования минерального сырья.
4. Угроза истощения рудно-сырьевых баз действующих ГОКов. Перспективы вовлечения в освоение новых видов минерального сырья.
5. Актуальные проблемы развития Кольского горнопромышленного комплекса и направления их решения.

Часть II

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

*«Рудных дел обстоятельное знание не
меньше есть, как металлов употребление»*
М.В. Ломоносов

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОВЕДЕНИЯ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ

Эффективность ГРР зависит от сложности геологического строения изучаемого объекта, выбора оптимального комплекса геолого-съёмочных, поисковых и разведочных работ, обеспечивающих необходимую и достаточную информацию для решения поставленной задачи. Показателями геолого-экономической эффективности являются выполнение геологического задания в возможно кратчайшие сроки с использованием минимально необходимых, но достаточных объемов работ и финансовых средств для получения конечного результата.

В отличие от других отраслей народного хозяйства, где конечной продукцией является товар, пользующийся спросом на рынке, в качестве продукции геологоразведочного производства выступает информация о недрах – специальные карты геологического содержания, выявленные и оцененные рудопроявления, подготовленные для промышленного освоения месторождения полезных ископаемых. Потребителями продукции являются недропользователи – субъекты предпринимательной деятельности, юридические и физические лица, получившие в установленном порядке лицензию на право пользования недрами. Сама же геологическая информация о недрах, полученная по завершению ГРР, в денежном выражении до последнего времени не оценивалась.

Недра недоступны для непосредственного наблюдения, поэтому геологическая информация имеет вероятностный характер.

Наши представления о геологическом строении и о прогнозном потенциале перспективной площади, рудного района, количестве и качестве запасов полезного ископаемого и условиях будущей разработки конкретного месторождения основаны на интерпретации наблюдений, полученных при изучении обнажений, горных выработок, скважин и

данных опробования. Достоверность или степень подтверждаемости конечных результатов при прочих равных условиях зависит от детальности выполненных исследований.

Обобщение отечественного опыта геологического изучения недр дает основание для выдвижения основных принципов поисков и разведки, соблюдение которых обеспечивает наибольшую достоверность результатов работ, геолого-экономическую эффективность, экономию затрат времени и средств на их получение.

Принцип последовательных приближений (очередности проведения работ по стадиям) заключается в постепенном наращивании знаний, поскольку сразу получить необходимую информацию об объекте исследования практически невозможно. В соответствии с «Положением о порядке проведения ГРР по этапам и стадиям» геологоразведочный процесс начинается с геологического картирования и прогнозирования минерально-сырьевого потенциала территории, затем сменяется поисками полезных ископаемых на перспективных площадях и оценкой выявленных рудопроявлений и завершается разведкой месторождений.

Принцип аналогии означает, что месторождения, принадлежащие к одному геолого-промышленному типу и сформированные в сходной геологической обстановке, обладают близким вещественным составом руд и более или менее выраженными чертами сходства. В геологоразведочной практике применяются самые разные эталоны – от эталонов, характеризующих основные черты строения рудных полей и структуру месторождений, до геолого-математических эталонов, описывающих количественные характеристики изменчивости основных параметров.

Правомерность использования принципа аналогии зависит от достоверности и степени изученности критериев подобия-различия.

Принцип полноты и комплексности исследования основан на необходимости сочетания комплекса геологических, геохимических, геофизических, химико-аналитических методов, взаимно дополняющих друг друга. Принцип полноты изучения означает необходимость полного оконтуривания площади месторождения, вскрытия рудных тел на всю мощность, всестороннего изучения минерального, химического состава полезных ископаемых, их физико-механических свойств, использования всех данных, получаемых с помощью разведочных выработок для выяснения гидрогеологических и горнотехнических условий.

Несоблюдение этого принципа на ранних этапах обследования снижает достоверность представлений об объекте изучения и вызывает необходимость повторного выполнения отдельных операций.

Реализация основных принципов изучения недр возможна с использованием *системного подхода познания*, при котором объект исследования рассматривается как система, состоящая из множества структурных элементов (элементов неоднородности), объединённых между собой совокупностью внутренних связей.

С позиций системного подхода геологическую природу изучаемых объектов следует рассматривать как систему соподчинённых элементов от уровня строения земной коры до структуры минералов.

ЭТАПЫ И СТАДИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ НЕДР

Объектами ГРР являются недрa, перспективные на обнаружение полезных ископаемых, выявленные рудопроявления и разведанные месторождения. Информация о недрах, получаемая в процессе проведения геологических исследований, носит вероятностный характер, поскольку основана на анализе дискретных данных наблюдений и замеров в обнажениях, горных выработках, буровых скважинах, на обработке результатов опробования, геофизических, геохимических измерений. На ранних этапах геологического изучения объекта мера неопределённости информации (энтропия) наибольшая. По мере накопления, обработки и обобщения фактического материала достоверность знаний по объекту повышается, следовательно, сокращается и риск в принятии ошибочного решения по узловым вопросам о его подготовленности для освоения, целесообразности проведения или прекращении дальнейших работ.

Поиски и разведка месторождений связаны со значительными затратами времени и труда, денежных и материальных средств. Перспективные на обнаружение полезных ископаемых площади составляют, как правило, лишь незначительную часть исследуемой территории. В процессе геолого-экономического анализа выявленных рудопроявлений сокращается число потенциально рудоносных объектов, а промышленным месторождением, экономически рентабельным для разработки, становится одно-два из нескольких десятков рудопроявлений.

Очередность изучения рудного объекта и вовлечения его в освоение определяется в зависимости от потребности в данном виде сырья,

экономики геологоразведочного и горного производств, необходимости создания резервного фонда подготовленных месторождений на ближайшую, среднесрочную и отдаленную перспективу. Поэтому в первую очередь ГРР проводятся на рудных объектах, расположенных в экономически освоенных районах с дефицитным балансом запасов, на предварительно оценённых месторождениях с крупными масштабами запасов руд лучшего качества и с благоприятными условиями разработки.

В отечественной практике геологические исследования проводятся в соответствии с «принципом последовательных приближений к конечному результату». Соблюдение очередности проведения ГРР обеспечивает полноту геологического изучения недр, возможность оперативного учета и анализа геологической изученности для обоснованного выбора направлений поисковых, оценочных и разведочных работ (табл. 13).

Таблица 13

Стадии проведения работ по геологическому изучению недр

<i>Порядок проведения ГРР по этапам и стадиям</i>	
Инструкция ГКЗ СССР, М., 1984 г.	Распоряжение МПР РФ № 83-р от 5.07.1999 г.
<i>Стадия 1</i> Региональное геологическое изучение в м-бе 1:1000000-1:200000	<i>Этап I</i> <u>Работы общегеологического и минерагенического содержания</u> <i>Стадия 1.</i> Региональное геологическое изучение недр и прогнозирование полезных ископаемых
<i>Стадия 2.</i> Геолого-съёмочные работы м-ба 1:50000 - 1:25000	<i>Этап II</i> <u>Поиски и оценка месторождений</u> <i>Стадия 2.</i> Поисковые работы <i>Стадия 3.</i> Оценочные работы
<i>Стадия 3.</i> Общие поиски	
<i>Стадия 4.</i> Детальные поиски	
<i>Стадия 5.</i> Поисково-оценочные работы	
<i>Стадия 6.</i> Предварительная разведка	<i>Этап III</i> <u>Разведка и освоение месторождения</u> <i>Стадия 4.</i> Разведка месторождения <i>Стадия 5.</i> Эксплуатационная разведка
<i>Стадия 7.</i> Детальная разведка	
<i>Стадия 8.</i> Доразведка и эксплуатационная разведка	

Методическими указаниями ГКЗ, действовавшими до принятия Закона РФ «О недрах», предусматривалась излишне дробная очередность работ по геологическому изучению недр с разбивкой этапов по региональному геологическому изучению, поисковые работы, а также по разведке

месторождений на две стадии – предварительной и детальной. Тем самым, снижался риск вовлечения в разведочный процесс объектов с сомнительной перспективностью, но продлевались сроки их подготовки к освоению.

С учетом рыночных преобразований и внедрением системы лицензирования пользования недрами МПР РФ разработано «Положение о порядке проведения ГРП по этапам и стадиям» (табл. 14).

«Положение...» предназначено для разработки программ развития и освоения МСБ страны и регионов, при предоставлении лицензий на право пользования недрами, при проведении государственной экспертизы геологической информации, для проектирования и финансирования ГРП по договорам между заказчиком и исполнителем работ. Границы между стадиями условны и определяются масштабами работ, рангами изучаемых площадей и требованиями к конечным результатам по каждой стадии.

Приведенная последовательность работ по стадиям устанавливает общие требования к содержанию и результатам ГРП для всех видов полезных ископаемых. Вместе с тем, она имеет для недропользователей рекомендательный характер. На условиях предпринимательского риска работы на отдельных стадиях могут выполняться одновременно (поиски могут совмещаться с оценкой выявленных рудопроявлений) или, наоборот, поочередно (разведка очень крупных месторождений-гигантов, запасы которых способны обеспечить долгосрочную потребность в минеральном сырье, может проводиться последовательно, сначала приповерхностных, а затем и более глубоких горизонтов.

РЕГИОНАЛЬНОЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ НЕДР

*Посмотрите на благословенное свое Отечество
и сравните с другими странами. Увидите в нем
полей плодородных, не лишенные притом металлов.*

О, сколь блаженна сими свойствами Россия!

М.В. Ломоносов

Региональное геологическое изучение недр проводится с целью получения комплексной информации о геологическом строении территории России и континентального шельфа, отдельных ее регионов и для изучения закономерностей формирования и размещения полезных ископаемых.

Таблица 14

Объекты изучения, цели работ и основные результаты ГРР по этапам и стадиям

Объекты работ	Цель работ	Конечный результат
<i>I этап. Работы общегеологического и минерагенического назначения</i> <i>Стадия 1. Региональное геологическое изучение недр и прогнозирование полезных ископаемых</i>		
Территория РФ, глубинные части земной коры, шельф, горно-рудные регионы, районы интенсивного строительства	Создание фундаментальной многоцелевой геологической основы для прогнозирования полезных ископаемых, обеспечение отраслей экономики геологической информацией в области ГРР, горного дела, мелиорации, строительства, обороны, экологии	Комплекты специальных геологических карт м-бов 1:1000000 и крупнее; комплексная оценка рудного потенциала и определение прогнозных ресурсов категорий Р ₃ и Р ₂ ; мониторинг геологической среды
<i>II этап. Поиски и оценка месторождений</i> <i>Стадия 2. Поисковые работы</i>		
Бассейны, горно-рудные районы, узлы и поля с прогнозными ресурсами категорий Р ₃ и Р ₂	Геологическое изучение территории поисков; выявление проявлений и МПИ; определение целесообразности их дальнейшего изучения	Оценка прогнозных ресурсов по категориям Р ₂ и Р ₁ ; укрупненная геолого-экономическая оценка очередности их дальнейшего изучения и освоения
<i>Стадия 3. Оценочные работы</i>		
Рудопроявления и МПИ с оцененными ресурсами категорий Р ₂ и Р ₁	Геологическое изучение и геолого-экономическая оценка проявлений и МПИ; отбраковка проявлений, не представляющих промышленной ценности	Оценка запасов по категориям С ₂ и С ₁ и прогнозных ресурсов Р ₁ ; ТЭО временных кондиций и промышленной ценности МПИ
<i>III этап. Разведка и освоение месторождений</i> <i>Стадия 4. Разведка месторождений</i>		
МПИ с оцененными запасами по категориям С ₂ и С ₁ и прогнозными ресурсами Р ₁	Изучение геологического строения, качества и технологических свойств полезного ископаемого, гидро- и горно-геологических условий добычи; перевод запасов в более высокие категории	ТЭО разведочных кондиций, промышленной ценности и освоения МПИ; подсчет запасов по категориям А, В, С ₁ и С ₂
<i>Стадия 5. Эксплуатационная разведка</i>		
Эксплуатационные этажи, горизонты, блоки и уступы, подготавливаемые для очистных работ	Уточнение данных разведки для оперативного планирования добычи, контроль за полнотой и качеством отработки запасов; ТЭО эксплуатационных кондиций	Запасы эксплуатационных блоков; повышение полноты отработки, уточнение потерь и разубоживания полезного ископаемого

Геокартировочные работы проводятся последовательно от мелкого масштаба 1:1000000-1:500000, затем среднего 1:200000-1:100000 и завершаются геологическими съёмками крупного масштаба 1:50000-1:25000 для горнорудных районов, перспективных для обнаружения МПИ и намечаемых для промышленного и гражданского строительства, или для районов с напряженной экологической обстановкой (табл. 15).

Таблица 15

Масштабы и объекты геологического картирования

Масштаб геокартирования	Объекты геокартирования
Сводное и обзорное 1:1500000 и мельче	Территория РФ, включая глубинные части земной коры, континентальный шельф, крупные геолого-структурные регионы, горнорудные и нефтегазоносные районы
Мелкомасштабное 1:1000000-1:500000	Административные и экономические регионы, крупные геолого-структурные блоки
Среднемасштабное 1:200000-1:100000	Регионы РФ, горнорудные, нефтегазоносные и экологически напряжённые районы
Крупномасштабное 1:50000-1:25000	Перспективные минералогические зоны и рудные узлы, районы интенсивного промышленного и гражданского строительства, площади развития техногенных отложений и с напряжённой экологической обстановкой

Результаты этих работ используются для научного моделирования и ранжирования по экономической значимости перспективных рудных районов, прогнозирования полезных ископаемых по категориям P_3 и P_2 , для решения вопросов, связанных с охраной природы, мониторингом геологической среды, предсказанием опасных природных явлений (прогноз землетрясений, вулканической активности оползней и др).

Основными видами работ по региональному изучению недр являются геологические, гидрогеологические, инженерно-геологические и другие специальные съемки, геологическое доизучение ранее заснятых площадей (ГДП), в комплексе с геохимическими, наземными и аэрогеофизическими работами. К этой же стадии относятся создание объемных моделей рудных объектов, глубинное геологическое картирование, бурение сверхглубоких опорных скважин, геологическая съемка шельфа, работы в Мировом океане и Антарктике, а также картосоставительские и издательские работы. Необходимость повторного доизучения ранее закартированных площадей возникает периодически в связи с расширением задач по воспроизводству

МСБ, обновлением данных о минералогическом потенциале перспективной площади, совершенствованием технических средств и возможностей для познания геологического строения недр.

Выбор рациональных методов и масштабов работ по региональному изучению недр определяется с учетом достигнутой степени геологической изученности территории и результатов предшествующих исследований.

Объектами *сводного и обзорного геологического картирования* являются территория РФ, глубинные части земной коры, континентальный шельф и исключительно экономическую зону, а также крупные геолого-структурные региона, горнорудные и нефтегазоносные районы.

На этой подстадии выполняются:

- площадные геологические съёмки (ГС), гидрогеологические, инженерно-геологические съемки, доизучение ранее отснятых площадей (ГДП), глубинное (ГГК) и объёмное (ОГК) геологическое картирование;
- наземные и аэрогеофизические работы (грави- и магнитометрические, электроразведочные, аэрогаммаспектрометрические);
- аэро- и космофотогеологическое картирование, радиолокационные, тепловые и другие съемки;
- бурение сверхглубоких (параметрических) скважин, создание государственной сети опорных профилей;
- геоэкологические исследования, мониторинг геологической среды, прогноз землетрясений и других стихийных бедствий;
- научно-методическое и информационное обеспечение издательских и картосоставительских работ.

В результате анализа и обобщения материалов предшествующих исследований по геологическому строению и минерагении исследуемой территории определяется минимально необходимый объем полевых работ. Очередность и комплексность работ определяются с учетом достигнутой геологической изученности и социально-экономической необходимости. Итоговая информация по завершению сводного и обзорного геокартирования – комплект Государственных карт геологического содержания (прогнозно-минерагенических и др.), геологические атласы, геолого-геофизические профили, их цифровые и электронные модели.

Мелкомасштабное картирование проводится с целью комплексного изучения суши и континентального шельфа, создания геологических карт в аналоговой и цифровой формах с электронными базами данных. Объектами регионального геологического изучения и прогнозирования являются:

территория РФ и ее глубинные части земной коры, континентальный шельф и исключительная экономическая зона, крупные геолого-структурные и горнорудные районы.

В зависимости от поставленных задач, качества имеющейся геолого-геофизической информации о минерально-сырьевом потенциале территории используются геологические, геофизические, геохимические, гидро-, инженерно- и эколого-геологические съемки суши и шельфа, прогнозно-минерагенические, аэрокосмические, геодинамические и другие исследования. Комплект обязательных карт включает карты четвертичных и дочетвертичных образований, полезных ископаемых с оценкой ресурсов, гидрогеологические, геоморфологические, эколого-геологические, содержащие необходимую информацию для обеспечения стратегических вопросов рационального использования недр. Они создаются на основе обобщения всех ранее полученных материалов геологических съемок масштаба 1:200000 и крупнее, а также данных по геотраверсам, опорным скважинам и геодинамическим полигонам.

Объектами *среднемасштабного картирования* являются регионы РФ, континентальный шельф, важнейшие горнорудные и нефтегазоносные, а также экологически напряженные районы. На ранее обследованных в том же масштабе площадях проводится их геологическое (ГДП), гидрогеологическое доизучение (ГГД), объемное (ОГК) и глубинное геологическое картирование (ГГК) масштаба 1:200000 (1:100000).

Геологическое доизучение может проводиться также и на ранее обследованных площадях, обеспеченных комплектом карт даже более крупного масштаба, если они не отвечают современным требованиям. В этих случаях ГДП выполняется преимущественно камеральным путем с использованием минимального объема полевых рекогносцировочных работ, нацеленных на решение конкретных геологических задач. Обновленные данные о геологическом строении и минерагеническом потенциале служат основой для долго-, средне- и краткосрочного прогноза эффективного развития МСБ, выбора перспективных площадей и объектов для последующих поисков, использования и охраны недр.

Объектами *крупномасштабного геокартирования* являются рудные районы, перспективные на выявление рудопроявлений полезных ископаемых, районы интенсивного промышленного или гражданского строительства, площади развития техногенных отложений и территории с напряженной экологической обстановкой. Геологическое изучение

площадей м-ба 1:50000 сопровождается опережающими дистанционными и наземными геофизическими, геохимическими, геоморфологическими и прогнозно-минерагеническими исследованиями. В процессе работ уточняются границы размещения полезных ископаемых, устанавливается геологическая природа выявленных геофизических и геохимических аномалий, проводится предварительная оценка прогнозных ресурсов (табл. 16).

Таблица 16

Критерии для обоснования прогнозных ресурсов по категориям

Стадии геологической изученности территории	
P ₃	При региональном геологическом изучении (стадия 1) учитывается лишь потенциальная возможность открытия месторождения
P ₂	По результатам поисков (стадия 2) выявляется возможность обнаружения в рудном районе, рудном поле новых месторождений
P ₁	На стадии оценки (стадия 3) определяется возможность выявления новых рудных тел на выявленных рудопоявлениях и известных месторождениях
Исходные данные для обоснования ресурсов	
P ₃	Положительная оценка основывается на благоприятных поисковых предпосылках, выявленных при мелко- и среднемасштабном геокартинге, дешифрировании космических снимков, а также при анализе результатов геофизических и геохимических исследований
P ₂	Возможность обнаружения новых месторождений основывается на положительной оценке обнаруженных рудопоявлений, а также геофизических и геохимических аномалий, природа и возможная перспективность которых установлены единичными выработками
P ₁	Оценка ресурсов основывается на результатах геологических, геофизических и геохимических исследований перспективных площадей, на материалах одиночных структурных и поисковых скважин и геологической экстраполяции геологических данных, установленных на более изученной части месторождения
Критерии для количественной оценки ресурсов	
P ₃	Количественная оценка дается без привязки к конкретным объектам по аналогии с более изученными районами, где имеются разведанные месторождения того же генетического типа
P ₂	Количественная оценка ресурсов, представления о размерах предполагаемых месторождений, минеральном составе и качестве руд основываются на аналогиях с известными месторождениями того же формационного (генетического) типа.
P ₁	Для количественной оценки ресурсов используются геологически обоснованные представления о размерах, условиях залегания, минеральном составе и качестве руд известных месторождений

Прогнозные ресурсы полезных ископаемых. По степени обоснованности прогнозные ресурсы подразделяются на категории P₁, P₂ и P₃ и оцениваются до глубин, доступных для эксплуатации при современном

и возможном в ближайшей перспективе уровне техники и технологии разработки месторождений

При оценке прогнозных ресурсов учитываются требования к качеству и технологическим свойствам полезных ископаемых по аналогичным месторождениям с учётом возможных изменений этих требований в ближайшей перспективе. В результате регионального геологического изучения недр выявляются и оконтуриваются перспективные площади, дается комплексная оценка (или переоценка) прогнозных ресурсов по категориям P_3 и P_2 , определяется их принадлежность к определенному геолого-промышленному типу. Работы завершаются выделением новых или уточнением параметров известных рудных полей и прогнозных площадей, выдачей рекомендаций для постановки дальнейших поисковых работ или, наоборот, обоснованием отказа от их проведения в случае не подтверждения ранних прогнозных оценок.

Методика и технические приёмы проведения картировочных и геолого-съёмочных работ подробно рассматриваются в курсе лекций по геокартированию.

ПОИСКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Когда рудоискатель о каком-нибудь горном месте по его положению рассудит, что в оном металлам и другим минералам быть можно, то ищет он ради большего обстоятельного уверения признаков, которые разделяются на общие и обособливые.

Общие признаки показывают, что в оных горах в котором-нибудь месте рудные жилы находятся; а обособливые самое то место объявляют, где они лежат.

М.В. Ломоносов

Поисковые работы (стадия 2) выполняются с целью выявления месторождений полезных ископаемых и определения целесообразности их дальнейшего изучения. Объектами поисков являются рудные районы, узлы, поля с оценёнными прогнозными ресурсами по категориям P_3 и P_2 .

Поиски проводятся в перспективных районах, получивших на стадии регионального геологического изучения положительную оценку о возможности обнаружения полезных ископаемых. Они проводятся как на

не обследованных на этой стадии площадях, так и в изученных районах повторно, если это обусловлено появлением новых данных о перспективах рудоносности, внедрением более эффективных методов и технологий ведения поисков или увеличением спроса на конкретное сырье. Поисковые и оценочные работы выполняются и на участках размещения техногенных отходов горно-обогатительных производств (отвалах рудников, хвостохранилищах обогатительных фабрик), как потенциального источника минерального сырья.

Под *рудным районом* понимается рудоносная территория, представляющая собой часть более крупной металлогенической формации (пояса, бассейны), в пределах которой размещаются месторождения одного или нескольких генетических типов полезных ископаемых. Размеры рудных районов измеряются сотнями-тысячами кв. км.

Примеры рудных районов на территории Мурманской области: Хибинский (апатитовый), Печенгский (медно-никелевый), Оленегорский (железорудный), Ловозерский (редкометалльный), Ёно-Ковдорский (железорудное и слюдяно-керамическое сырьё), Кейвский (кианитовый),

В пределах рудных районов выделяются рудоносные площади меньших масштабов – рудные узлы, поля и месторождения.

Рудный узел охватывает генетически родственные месторождения или рудные поля, размещение которых контролируется благоприятными для рудоотложения геолого-структурными факторами. *Рудное поле* – пространственная совокупность генетически родственных месторождений, объединенных общностью условий образования в конкретных геологических структурах, обусловивших эту совокупность.

В Хибинском рудном районе выявлены и разведаны десять месторождений апатито-нефелиновых руд, группирующихся в пределах трех рудных полей: *Юго-Западном* (разрабатываемые месторождения Кукисвумчорр, Юкспор, Апатитовый Цирк, Плато Расвумчорр и резервное Эвеслогчорр); *Юго-Восточном* (разрабатываемые – Коашва, Ньоркпахк и резервное Олений Ручей) и *Северо-Западном* (резервные – Партомчорр и Куэльпор с забалансовыми рудами).

В Ковдорском рудном районе разрабатываются месторождения апатит-магнетитовых руд с бадделеитом, вермикулита и флогопита, а также имеются резервные месторождения огнеупорных оливинитов и апатит-штаффелитовых руд. Однако, эти рудные объекты, несмотря на их территориальную близость, не являются генетически родственными,

относятся к различным геолого-промышленным типам, поэтому не образуют отдельного рудного поля.

Эффективность поисков зависит от перспективности территории, использования обоснованных прогнозно-поисковых критериев и методов изучения, соответствующих геологическим условиям объекта и от правильного выбора комплекса видов и технических средств. Перспективность района на обнаружение полезных ископаемых оценивается на материалах геолого-картировочных работ разного масштаба. Первоочередными объектами поисков являются площади с прогнозными ресурсами более высоких категорий (P_1). На основании обобщения и комплексной интерпретации геологической информации выделяются перспективные аномалии, проводится их вскрытие горными выработками, поисковыми скважинами, минералогическое, химическое, в необходимых случаях – технологическое опробование. По возможности выделяются природные разновидности руд, которые анализируются на содержание как основных, так и попутных компонентов.

По результатам поисков проводится ранжирование рудопроявлений по степени перспективности, по укрупнённым показателям выполняется геолого-экономическая оценка выявленных объектов по категориям P_2 и P_1 и разрабатываются обоснованные рекомендации о целесообразности и очередности дальнейших работ.

Прогнозно-поисковые критерии

Месторождения полезных ископаемых образуются в связи с разнообразными геологическими процессами в земной коре, поэтому они тесно связаны с историей геологического развития исследуемого района. Выбор рационального комплекса поисковых методов определяется в зависимости от принадлежности исследуемого рудного объекта к определенному формационному типу, сложности геологического строения и накопленного опыта применения прогнозно-поисковых критериев для различных видов полезных ископаемых.

Прогнозно-поисковые критерии – это рудоконтролирующие факторы, отражающие возрастные, вещественные и пространственные связи между геологическими объектами и их потенциальной рудоносностью.

Возрастные связи выражаются в стратиграфических критериях, вещественные связи – в магматических, фациально-литологических и

минералого-геохимических критериях, пространственные связи — в структурных и геоморфологических критериях, которые непосредственно или косвенно указывают на возможность обнаружения в исследуемом районе определённых видов полезных ископаемых. Эти критерии, в свою очередь, подразделяются на поисковые признаки и предпосылки.

Прогнозно-поисковые предпосылки основаны на анализе и обобщении закономерных пространственно-генетических связей приуроченности месторождений к определенной геологической формации. Под термином «геологическая формация» понимаются «естественные комплексы, сообщества или ассоциации горных пород, отдельные части которых <...> тесно парагенетически связаны друг с другом как в возрастном, так и в пространственном отношении».

Горные породы и связанные с ними полезные ископаемые образуются в результате различных геологических процессов: магматизма и осадконакопления, тектоники и метаморфизма. Влияние этих процессов на рудообразование различно, поэтому в зависимости от их роли в формировании и локализации руд поисковые критерии подразделяются на магматогенные, стратиграфические, литолого-фациальные, структурные, геоморфологические, геофизические и геохимические.

Стратиграфические поисковые предпосылки поисков обусловлены причинно-следственными связями образования месторождений с определёнными периодами развития земной коры. Первично осадочные и метаморфогенные месторождения многих видов полезных ископаемых приурочены к отложениям только определённого возраста и редко встречаются в осадках другого времени. Причём эта закономерность выдерживается в пределах всех континентов.

Подавляющая часть мировых запасов железистых кварцитов выявлена в докембрийских гнейсах; гидрогётит-сидеритовые руды размещаются в морских отложениях силура и юры, а континентальные руды того же состава приурочены к палеогеновым осадочным толщам. Залежи марганцевых руд размещаются в осадочных породах палеогена и неогена; залежи минеральных солей — в отложениях кембрия, девона, перми и юры; а каменных углей — в породах пермской системы (около 50 % запасов), меловой (более 25 %), юрской (14 %) и карбоновой (7 %) систем.

Геоморфологические предпосылки основаны на выявлении причинно-следственных связей между формами рельефа и пространственным размещением месторождений. Образование большинства экзогенных

месторождений (кор выветривания, россыпей) непосредственно связано с формированием современного рельефа. Выходы легко растворимых отложений (известняки, гипс и др.) или окисленных сульфидных руд на земной поверхности фиксируются отрицательными формами (карстовые воронки, впадины), границы которых нередко совпадают с контурами рудных тел. Наоборот, к положительным формам рельефа (озы, камы) приурочены месторождения рыхлых песчано-гравийных материалов.

Многие эндогенные месторождения, руды которых более устойчивы к процессам выветривания по сравнению с окружающими породами, также фиксируются в виде возвышенностей (гряд, холмов), форма и размеры которых определяются морфоструктурой тел полезных ископаемых.

Так, кианитовые сланцы Кейвского брахисинклинория, залегающие среди биотитовых гнейсов прослеживаются на протяжении более 400 км в виде вытянутых возвышенностей.

Литолого-фациальные предпосылки основаны на использовании закономерной приуроченности залежей полезных ископаемых к осадочным и вулканогенным толщам определённого состава. В сочетании со стратиграфическими и геоморфологическими предпосылками они успешно применяются для прогнозирования современных и погребённых россыпей, кор выветривания. Металлогенические провинции железных, колчеданных полиметаллических, марганцевых руд, бассейны каменных углей, горючих сланцев, минеральных солей и фосфоритов размещаются исключительно на материнских породах соответствующих формаций.

Магматогенные предпосылки основаны на генетической связи эндогенных месторождений с изверженными породами определённого состава. Установлена генетическая приуроченность месторождений хрома, платины, вермикулита и флогопита к массивам ультраосновных пород, алмазов – к кимберлитам, титана, никеля и меди – к пироксенитам. С породами среднего и кислого состава связаны гидротермальные и скарновые месторождения полиметаллических руд, олова, вольфрама, молибдена, свинца и цинка. К интрузиям щелочного состава приурочены редкометалльные руды титана, циркона, ниобия, тантала, стронция и редкоземельных металлов, неметаллические полезные ископаемые.

Например, пластовые залежи апатито-нефелиновых руд в Хибинском массиве мощностью до 100-200 м пространственно ассоциируют с продуктивной интрузией нефелиновых пород-уртитов. Рудные залежи с перерывами размещаются вдоль 50-километровой дугообразной зоны

развития уртитов и нигде не выходят за её пределы (рис. 13). Они залегают в кровле субинтрузии, переслаиваются с уртитам в полосчатых ассоциациях (генетическая связь) или целиком размещаются внутри уртитов, которые их брекчируют (эпигенетическая связь). Раздувы и пережимы мощности рудных тел контролируются неровностями рудовмещающей камеры (структурный контроль оруденения).

Структурные предпосылки применяются как при региональном прогнозировании, так и при локальных поисков полезных ископаемых.

На региональном уровне учитывается принадлежность рудных районов к крупным структурно-формационными элементами земной коры: щитам, плитам, континентальным платформам, складчатым или активизированным областям. С платформами областями преимущественно связаны крупные каменноугольные и соленосные бассейны, коры выветривания экзогенных месторождений железа, марганца, никеля, бокситов и фосфоритов. Магматическая деятельность на платформах не характерна. Для складчатых областей наиболее благоприятными для локализации эндогенных месторождений являются антиклинальные структуры, особенно перекрытые непроницаемым экраном, а также перегибы шарниров и места пересечения тектонических нарушений. Именно в таких «ловушках» происходит концентрация рудного вещества, тогда как в синклиналях происходит их растекание.

На локальном уровне объектами изучения являются рудные поля и узлы, массивы изверженных пород с установленной или потенциальной рудной минерализацией. Особое внимание следует обращать на закономерную приуроченность рудных тел к складчатым структурам (шарнирам, крыльям складок), тектоническим нарушениям (сбросам, сдвигам), определённым маркирующим горизонтам (слоям, пластам). Так, лопаритовые луявриты Ловозерского массива слагают маркирующие горизонты дифференцированного комплекса. Расслоенные трёхчленные пачки «уртит-луяврит-фойяит» прослеживаются на десятки километров по периметру массива и прослежены по падению на сотни метров.

Минералого-геохимические предпосылки заключаются в установлении устойчивых парагенетических связей между минеральным и химическим составом рудовмещающих пород и полезными ископаемыми. Эти связи отражают поведение химических элементов в процессе рудообразования и выражаются в возникновении первичных и вторичных ореолов рассеяния.

Ореол рассеяния – это область с повышенным содержанием рудных элементов по сравнению с фоновым их содержанием в окружающих породах. Первичные ореолы отражают концентрацию компонентов в процессе рудообразования, тогда как вторичные ореолы связаны с воздействием на рудный объект экзогенных процессов. Минералогическо-геохимические предпосылки применяются при проведении шлиховых и обломочно-валунных методов поисков.

В отличие от поисковых предпосылок, косвенно указывающих на возможность обнаружения месторождения, *поисковые признаки* непосредственно свидетельствуют о присутствии на конкретном участке скопления рудного вещества. Это могут быть коренные выходы, элювиальные или делювиальные россыпи полезных ископаемых, ореолы рассеяния или коры выветривания, следы прежних рудоразработок. Конечно, наличие этих признаков не означает открытия месторождения; это может быть рудопроявление, целесообразность дальнейшего изучения которого должна быть установлена по результатам оценочных работ.

На ранних стадиях геологического изучения прогнозные критерии используются для оценки металлогенической специализации территории и прогнозирования рудных провинций; на промежуточной стадии объектами среднемасштабного картирования и прогноза являются рудные районы и узлы, перспективные на определённые виды полезных ископаемых; на завершающих стадиях ведутся целенаправленные поиски и оценка выявленных рудопроявлений. Эффективность применения прогнозно-поисковых критериев зависит от принадлежности исследуемой территории к определённому геолого-формационному типу, потенциальной рудной специализации, уровня геолого-геофизической изученности, сложности геологического строения и степени обнажённости и накопленного опыта их использования для различных видов полезных ископаемых.

Поисковые методы

Месторождения полезных ископаемых отличаются широким разнообразием условий рудообразования и размещения в земной коре, контрастностью свойств с вмещающей геологической средой, размерами, формами залегания, физическими свойствами слагающих их рудных тел и вещественным составом руд. Эти обстоятельства характеризуют рудные объекты с различных позиций и, тем самым, определяют возможность

выбора оптимального сочетания поисковых критериев и методов поисков применительно к конкретным природно-геологическим условиям. Если поисковые критерии указывают **где** и в какой геологической обстановке следует вести поиски тех или иных видов полезных ископаемых, то поисковые методы служат руководством **как** правильно вести поиски. В поисковой практике применяются геологические, геофизические и геохимические методы, основанные на использовании предпосылок и критериев, наиболее адекватно соответствующих металлогенической специализации исследуемого района, используются различные технологии и технические средства, обеспечивающие рациональное и наиболее эффективное выполнение геологического задания.

Методы поисков подразделяются по разным признакам (табл. 17):

- по способу наблюдений: наземные и аэрометоды (В.М. Крейтер, 1960);
- по методу исследования: метод геологической съёмки, геофизические и геохимические методы, поиски по ореолам и потокам рассеяния (Е.О. Погребницкий, В.И. Терновой и др., 1977);
- по наиболее информативным предпосылкам, положенным в основу поисков: геолого-минералогические, геофизические и геохимические методы (А.Б. Каждан, 1985).

Таблица 17

Поисковые методы

Поисковые предпосылки	Поисковые методы
Наземные геологические	Маршрутное обследование, обломочно-речной, валунно-ледниковый, шлиховой
Аэрогеологические	Аэровизуальный, аэрофотосъёмка, аэродешифрирование
Геофизические	Магнитометрический, электро-разведочный, радиометрический, ядерно-физический
Геохимические	Металлометрический, гидрохимический, эманионный, газовый, биогеохимический, геоботанический

Поиски методом геологической съёмки. При геокартировании территории создаются геологические карты специального назначения – геолого-структурные, геоморфологические, металлогенические и др. Эти карты содержат информацию, необходимую для научного прогнозирования и целенаправленных поисков. Хотя поиски полезных ископаемых выделяются в отдельную стадию геологического изучения, тем не менее они проводятся в комплексе с геолого-съёмочными работами любого

масштаба и широко используются в районах с хорошей обнажённостью с отчётливыми признаками рудопроявлений в коренном залегании или погребёнными под рыхлыми отложениями. В процессе геологической съёмки проводится детальное изучение и прослеживание стратиграфических горизонтов, благоприятных для размещения полезных ископаемых. В условиях плохой обнажённости маршрутное обследование сопровождается вскрытием коренных пород – шурфами, канавами, в необходимых случаях – поисковыми скважинами.

Территория страны и отдельных её регионов изучена наземными геолого-геофизическими и аэрогеологическими методами с достаточной детальностью, что практически исключает вероятность случайного пропуска месторождений, выходящих на дневную поверхность. В этих условиях поиски должны быть направлены на выявление рудопроявлений, скрытых от непосредственного наблюдения.

Поиски по ореолам рассеяния рудной минерализации. Ореол рассеяния – это околорудная зона с повышенной концентрацией полезных элементов, минералов или их обломков вблизи первоначального залегания рудных тел. *Первичные ореолы рассеяния* проявляются в закономерном изменении концентраций полезных компонентов во вмещающих породах по мере удаления от залегания рудопроявления и связаны с геохимической зональностью распределения рудного вещества. Этот метод основан на массовом опробовании коренных пород в зонах гидротермальных изменений, эндо- и экзоконтактов пород различного состава и генезиса, и успешно применяется при поисках рудопроявлений, как выходящих на дневную поверхность, так и скрытого под толщей рыхлых отложений.

Вторичные (или механические) ореолы рассеяния представляют собой области распространения концентраций рудных минералов в рыхлых отложениях, образующихся в процессе физических разрушений коренных залежей полезных ископаемых. Поиски по вторичным ореолам заключаются в выявлении обломков (галек, валунов), образующих прерывистые потоки в руслах рек (*обломочно-речной метод*) или в районах развития моренных отложений (*валунно-ледниковый метод*). Результаты наблюдений наносятся на карту для выявления контуров ореолов рассеяния рудных обломков. Концентрация обломочного материала обычно имеет веерообразную форму и указывает на направление переноса рудного вещества от вершины веера.

Шлиховой метод поисков основан на систематическом опробовании рыхлых отложений, прослеживании, оконтуривании *вторичных* ореолов рассеяния и на выявлении по ним коренных и россыпных месторождений.

В данном случае шлик представляет собой пробу рыхлых отложений, обогащённую тяжёлыми, как правило, рудными минералами. Промывка пробы осуществляется на специальных лотках с целью отделения минералов с различным удельным весом. В тяжёлой фракции шлихов накапливаются самородные благородные металлы, алмазы, касситерит, шеелит, берилл и др.

Шлиховое опробование проводится в процессе геологической съёмки по маршрутной сети, результаты промывки наносятся на специальные карты, оконтуриваются аномальные участки концентрации каждого из искоемых минералов.

Геофизические методы поисков основаны на различии физических свойств полезных ископаемых: и вмещающих их горных пород: плотности, магнитной восприимчивости, радиоактивности, скорости распространения упругих колебаний, электропроводимости и др. Наземные и аэрометоды геофизических исследований широко применяются на всех стадиях геологического изучения недр: при региональном геокартировании, поисках и оценке рудопроявлений, в процессе разведки месторождений.

Выбор оптимального для конкретного района комплекса методов геофизических поисков определяется контрастностью физических полей, создаваемых рудопроявлениями и окружающими их горными породами.

Магнитометрические методы поисков успешно используются для оконтуривания магнитных полей коренных и россыпных месторождений, особенно если они размещаются в окружении слабомагнитных пород. Интенсивность магнитных аномалий зависит от состава оруденелых пород: магнетитовые, пирротиновые и титаномagnetитовые руды образуют сильные магнитные аномалии ($n \times 10^3$ гамм); залежи гематитовых, сульфидных медно-никелевых руд, бокситов и кимберлитов вызывают аномалии средней интенсивности ($n \times 10^2 - 10^3$ гамм); слабомагнитные горные породы отличаются низкой интенсивностью ($n \times 10 - 10^2$ гамм).

Электроразведка – поисковый метод основан на измерении электрических свойств в горизонтальном и вертикальном направлениях для расшифровки геологической структуры верхних горизонтов земной коры, уточнения контактов интрузивных и осадочных пород. Электроразведка позволяет обнаруживать сульфидные месторождения, выделять зоны

дробления, оконтуривать комплексы пород по удельным сопротивлениям, выделять минерализованные зоны смятия и дробления.

Радиометрический метод поисков основан на выявлении и измерении естественной радиоактивности горных пород. Этот метод является основным на поисках и разведке уран-ториевых месторождений, при опробовании добытой руды и в процессе лабораторных исследований. Геолого-съёмочные работы масштаба сопровождаются радиометрическим обследованием коренных пород и рыхлых отложений, по результатам которых составляются специальные карты.

Геофизические методы исследования подробно рассматриваются в специальном курсе «Основы геофизики».

ОЦЕНКА ПРОЯВЛЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Оценочные работы (стадия 3) проводятся с целью геологического изучения и геолого-экономической оценки рудопроявлений полезных ископаемых, ранжирования их по промышленной значимости и для обоснования целесообразности продолжения ГРП на перспективных объектах, выявленных на поисковой стадии и положительно оцененных по категориям P_2 и P_1 . Объектами оценки могут также и ранее разведанные резервные месторождения, если необходимость в повторной переоценке вызвана изменением конъюнктуры минерального сырья (спроса, цен на сырье и материалы), при выявлении дополнительных запасов в процессе добычи, внедрении современных более прогрессивных техники добычи и технологии переработки руд.

На условиях предпринимательского риска допускается совмещение работ по поискам и оценке в рамках одного лицензионного соглашения. В этом случае в лицензии и в геологическом задании на проведение поисковых и оценочных работ должны быть заранее оговорены требования по полноте, комплексности исследований и к конечным геологическим результатам.

Комплекс технических средств и методов исследования на стадии оценки выбирается с учетом целевого назначения работ, особенностей геологического строения и доступности изучаемого объекта для изучения (глубины залегания рудных тел), информативности применяемых видов и методов исследования. Для оконтуривания площади размещения полезных ископаемых используется геологическая съёмка масштаба 1:25000 -

1:10000 (для крупных месторождений простого строения) или масштаба 1:5000 - 1:1000 (для мелких месторождений сложного строения). Геологическая съемка сопровождается детальными минералогическими, петрографическими, геофизическими и геохимическими исследованиями. Для вскрытия рудных тел с поверхности применяются открытые горные работы (канавы, шурфы), для прослеживания по падению – поисково-картировочные скважины на глубину, доступную для разработки по экономическим соображениям. При сильной изменчивости минерального и химического состава полезного ископаемого возможно применение подземных горных выработок.

На этой стадии важное значение придается опробованию для оценки качества полезного ископаемого. По результатам минералогических и химических анализов выделяются природные разновидности руд, которые опробуются отдельно.

Технологические свойства полезного ископаемого исследуются в лабораторном масштабе. Результаты исследований по всем природным разновидностям руд отображаются на геолого-технологических картах. При оценке новых, нетрадиционных видов минерального сырья, рекомендуется проведение укрупнённых технологических исследований по специально отобраным пробам. Намечается принципиальная схема переработки руд, определяются возможные технологические показатели по комплексной переработке полезного ископаемого.

В скважинах и горных выработках проводится комплекс инженерно-геологических и гидрогеологических исследований в объёмах, достаточных для обоснования способов производства добычных работ и оценки их влияния на природную среду.

Степень геологической изученности объекта, вещественного состава и технологических характеристик полезного ископаемого, а также горно-геологических условий эксплуатации должна быть достаточной для подсчёта запасов и обоснованной оценки промышленного значения месторождения. Достоверность запасов по категории C_2 должна быть подтверждена на участках детализации по категории C_1 .

Прогнозные ресурсы на менее изученных участках месторождения (фланги, глубокие горизонты) оцениваются по категории P_1 .

По завершению работ выполняется геолого-экономическая оценка изученного объекта, составляется технико-экономический доклад (ТЭД), в котором на основе всестороннего анализа результатов оценочных работ

принимается обоснованное решение о целесообразности продолжения разведки или их прекращении.

Отчёт с подсчётом запасов направляются на государственную экспертизу. Содержание отчёта регламентируется требованиями инструкции по оформлению и порядку представления материалов на государственную экспертизу, которая проводится Территориальными комиссиями по запасам полезных ископаемых (ТКЗ), являющимися филиалами Государственной комиссии (ГКЗ). Заключение экспертизы является основанием для постановки запасов на государственный учёт (см. «Документация и экспертиза геологических материалов»).

Геологическая информация, полученная по завершению оценочных работ, используется для проведения конкурса или аукциона на предоставление лицензии на разведку и добычу полезных ископаемых.

РАЗВЕДКА И ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ РАЗВЕДКА

Разведочные работы (этап III) проводятся с целью подготовки вновь выявленных месторождений для промышленного освоения (стадия 4) или переоценки запасов эксплуатируемых месторождений в процессе их освоения с целью расширения и укрепления МСБ действующего горного предприятия (стадия 5).

Методические подходы, технические средства и технология проведения разведочных работ определяются недропользователем с соблюдением норм и правил действующего законодательства в области геологического изучения недр и других условий, предусмотренных лицензией на право разведки и добычи полезного ископаемого.

Объектом **геологической разведки** (стадия 4) является закрепленная лицензией в виде горного отвода часть недр с выявленными и положительно оцененными проявлениями полезных ископаемых по категориям C_2 и C_1 , а по менее изученным участкам – прогнозных ресурсов категории P_1 .

В проекте на проведение разведки приводится обоснование выбора оптимального комплекса разведочных работ (буровых и горных выработок, геофизических и геохимических средств разведки, химико-аналитических и технологических исследований и др.) и объёмов разведочных работ с учётом геологических особенностей месторождения.

Разведочные работы следует проводить в контурах, охватывающих все выявленные на месторождении рудные тела. С целью сокращения сроков на подготовку месторождения к освоению и экономии средств участки первоочередной разработки разведываются, как правило, по более высоким категориям (А и В), чем глубокие горизонты (C_1 и C_2), которые будут детализироваться уже в процессе эксплуатации.

Исключения из этого правила допускаются при разведке крупных месторождений, запасы которых обеспечивают работу предприятия на длительную перспективу. В таких случаях целесообразно разведочные работы выполнять последовательно от верхних горизонтов к нижним.

Так, разведка Ковдорского апатит-магнетитового месторождения проводилась в 1945-1951 и в 1970-1975 годы; добычные работы на апатитовом месторождении Кукисвумчорр сопровождалась подготовкой запасов сначала верхних, затем всё более глубоких горизонтов, которая выполнялась с перерывами течения 60 лет, а запасы утверждались в ГКЗ в 1937, 1952, 1966 и в 1990 годы.

В результате завершения разведки месторождения должна быть получена исчерпывающая информация, необходимая для проектирования горнорудного предприятия по вопросам:

- геологического строения месторождения, морфологии и внутренней структуре слагающих его рудных тел;
- качественной и технологической характеристики полезных ископаемых, в том числе попутных полезных компонентов;
- гидрогеологических, горнотехнических условий и экологической оценки последствий эксплуатации;
- подсчета запасов основных полезных ископаемых и попутных компонентов руд, их геолого-экономической оценки;
- эффективности выполненных разведочных работ и оценки подготовленности месторождения к промышленному освоению.

Достоверность данных разведки о геологическом строении, условиях залегания и морфологии тел полезных ископаемых должна быть подтверждена на участках детализации, где запасы должны быть разведаны по высоким категориям.

По материалам завершённых ГРП разрабатывается технико-экономическое обоснование разведочных кондиций, выполняется подсчёт запасов основных и попутных компонентов по категориям, способам

отработки и балансовой принадлежности (см. «Кондиции на минеральное сырьё»).

Таблица 18

Задачи и целевое назначение разведочных работ

Задачи разведочных работ	Целевое назначение и использование
1. Выяснение условий залегания, морфологии, структуры и внутреннего строения рудных тел, минерального и химического состава природных типов руд в конкретных геологических структурах 2. Изучение качества и закономерностей пространственной изменчивости свойств полезного ископаемого 3. Исследование технологических свойств, выбор рациональных схем обогащения 4. Изучение горно-геологических условий разработки месторождения 5. Прогнозирование экологических последствий разработки месторождения 6. Подсчёт запасов основных и попутных полезных компонентов по категориям, способам отработки и балансовой принадлежности	Распознавание геологической природы объекта с целью надежной интер- и экстраполяции разведочных данных, научное прогнозирование перспектив рудоносности Выбор оптимального комплекса ГРП и обоснования эффективной системы и методов разведки Разработка проекта обогатительного производства Составление рабочего проекта горного предприятия Разработка мероприятий по охране природных условий Оценка стоимости минерально-сырьевого потенциала, обеспеченности предприятия запасами и анализ экономической эффективности ГРП

ТЭО проекта освоения месторождения, разведочных кондиций, материалы подсчёта запасов и геолого-экономической оценки подготовленной рудно-сырьевой базы подлежат государственной геологической, экономической и экологической экспертизе.

Эксплуатационная разведка (стадия 5) проводится в течение всего периода освоения месторождения с целью оперативного планирования добычи и обеспечения наиболее полного извлечения из недр запасов полезных ископаемых. В процессе эксплуатационной разведки уточняются контуры рудных тел, их внутреннее строение, минеральный и химический

состав полезного ископаемого, пространственное распределение природных типов руд в пределах подсчётных блоков.

Объектами изучения являются эксплуатационные этажи, блоки, уступы. Комплекс работ на этой стадии включает проходку горных выработок, бурение скважин, геофизические исследования, опробование различными методами. Для обеспечения рационального использования недр ведётся учёт показателей извлечения полезного ископаемого. На протяжении всего периода освоения месторождения осуществляется учёт изменения запасов в результате прироста и добычи.

Сопоставление результатов разработки и геологической разведки должно проводиться периодически. В случае выявления резких отклонений между данными разведки и эксплуатации выявляются причины расхождений, вносятся поправки в баланс запасов.

Контрольные вопросы

1. Основные принципы проведения ГРП (по В.М. Крейтеру).
2. Этапы и стадии геологоразведочных работ (объекты изучения, целевое содержание, виды, масштабы, последовательность, комплексность работ и требования к конечным результатам).
3. Работы общегеологического и минерагенического назначения, региональное геологическое изучение недр и прогнозирование полезных ископаемых.
4. Поисковые работы. Объекты исследований, цель, масштабы, комплексность и результаты поисков. Методы поисковых работ (геологическая съёмка, аэро- и космогеологические методы, поиски по ореолам рассеяния рудного вещества).
5. Региональные и локальные геологические предпосылки, поисковые признаки. Категории прогнозных ресурсов и критерии для их обоснования по категориям.
6. Оценочные работы: объекты изучения, цель, масштабы, комплексность и результаты оценки. Методы оценочных работ.
7. Разведка месторождений. Выбор объекта. Разведочные системы, плотность и параметры разведочной сети.
8. Эксплуатационная разведка: объекты изучения, цель и конечные результаты эксплуатационной разведки.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Началу работ по геологическому изучению объекта предшествует разработка проектно-сметной документации. Проект является техническим документом, определяющим способы достижения геологического задания, применение прогрессивных методов, новейших технических средств и технологии проведения работ для их выполнения с наименьшими материальными и трудовыми затратами.

Основанием для составления проектно-сметной документации является геологическое задание, которое выдается заказчиком работ (инвестором) организации-исполнителю на выполнение необходимых исследований. Порядок выдачи геологического задания на проектирование зависит от источника финансовых средств на проведение работ. В геологическом задании указывается целевое назначение работ, пространственные границы объекта (горного отвода), геологические задачи, последовательность и сроки их выполнения, основные методы решения, критерии оценки выполнения задания. При необходимости дополнительно сообщаются требования, обязательные при выполнении работ.

Региональные геолого-съёмочные и другие специальные работы для создания федерального резерва МСБ, предусмотренные Государственной программой, выполняются за счёт средств федерального бюджета на конкурсной основе с выставлением стартовой цены. Содержание геологического задания на разведочные работы, выполняемые по лицензии за счёт средств заказчика, согласовывается с Федеральным Агентством по недропользованию (ФАН) или его региональным подразделением.

Проект состоит из геолого-методической, производственно-технической частей и сметы (или технико-экономического обоснования реализации проекта).

В геолого-методической части приводится географо-экономическая характеристика района работ (рельеф, климат, пути сообщения, производственная инфраструктура, обеспеченность рабочими кадрами и другие природно-экономические сведения). На основе обобщения результатов предыдущих исследований определяется объём недостающей информации для выполнения геологического задания, приводится обоснование методики проведения проектируемых работ: выбор оптимального комплекса и объёмы основных и вспомогательных работ,

технологически связанных с основными, и последовательность их выполнения.

Геологическое изучение недр (региональные работы, поиски, оценка и разведка месторождений) выполняются на основании проектно-сметной документации, в которой предусматриваются все необходимые виды

Разработка проектно-сметной документации регламентируется «Инструкцией по составлению проектов и смет на ГРР».

При разработке методической части рекомендуется рассмотрение альтернативных вариантов оптимальных проектных решений для достижения поставленного геологического задания. В этом случае право принятия решения по выбору наиболее рационального варианта, обеспечивающего получение в установленные сроки конечного результата с наименьшими затратами, предоставляется заказчику.

Производственно-техническая часть проекта разрабатывается на основе геолого-методического раздела. В ней рассматриваются организационные условия производства ГРР, рассчитываются затраты времени, труда и расходы материальных ценностей на все виды работ, объёмы которых определены в геолого-методической части проекта.

Таблица 19

Комплекс геологоразведочных работ

<i>Работы геологического содержания:</i> - съёмка, поиски и оценка полезных ископаемых, разведка месторождений; - гидрогеологические работы; - геоэкологические работы; - опробование полезных ископаемых		<i>Геофизические работы:</i> - электро- и сейсморазведка; - магнито- и гравиразведка; - скважинная геофизика; - радиометрия; - каротаж скважин	
<i>Разведочные работы:</i> - горные выработки; - разведочное бурение;	КОМПЛЕКС ПРОЕКТИРУЕМЫХ ГЕОЛОГО- РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ		<i>Геохимические работы при поисках и разведке полезных ископаемых</i>
<i>Лабораторные исследования состава и свойств полезных ископаемых</i>		<i>Топографо-геодезические и маркшейдерские работы</i>	

Расчёты затрат на производство работ выполняются по действующим нормативам. Затраты времени по каждому виду работ (T_i) рассчитываются по нормам времени (H), объёму работ (V_i) и поправочному коэффициенту (K), учитывающему изменение затрат времени в связи с отклонением условий работ от нормализованных по формуле: $T_i = H \times V_i \times K$.

Затраты труда (T_p) по нормативам времени (H_i) определяются для каждого вида работ по формуле: $T_p = T_i \times H_i$.

Для обоснования реализации проекта разрабатывается календарный план-график выполнения этапов геологического задания и организационно-производственная структура предприятия-исполнителя работ (экспедиции, партии). В проекте предусматривается комплекс мероприятий безопасности и охране труда, соблюдению экологических требований при производстве работ и при ликвидации горных и буровых выработок.

Проектная документация завершается расчётом *стоимости работ и сметных расходов* на их реализацию. Смета складывается из основных и накладных расходов, плановых накоплений, компенсируемых затрат, подрядных работ и резерва на непредвиденные расходы. Основные расходы определяются по сборникам сметных норм (ССН) и сборникам норм основных расходов (СНОР) по видам геологоразведочных работ.

К *основным расходам* относятся затраты на производство отдельных видов ГРР: проектирование, полевые работы, опытно-методические, лабораторные и технологические исследования, камеральные работы, а также затраты на их организацию и ликвидацию. При производстве работ в местностях, приравненных к районам севера, в высокогорных районах, а также при поисках и разведке радиоактивных руд применяются повышающие коэффициенты к расходам по заработной плате.

Затраты на охрану труда и технику безопасности, на подготовку кадров и повышение их квалификации, на обеспечение социальных условий для работников относятся к *накладным расходам*.

Под *плановыми накоплениями* понимается нормативная прибыль геологического предприятия, которая включается в стоимость (цену) ГРР для выплаты налоговых платежей, предусмотренных законодательством, а также для развития производственной и социально-бытовой сферы предприятия. Они начисляются на сумму основных и накладных расходов.

Компенсируемые затраты – это командировки, полевое довольствие, доплаты, компенсации и другие затраты, возникающие вследствие введения законодательных актов и обязательные для исполнения предприятием.

К *подрядным работам* относятся услуги по договорам со сторонними организациями на выполнение специальных работ, технологически связанных с выполнением геологического задания.

Если в процессе выполнения геологического задания установлена бесперспективность продолжения работ, в этом случае к оплате принимаются фактически выполненные и принятые заказчиком работы.

Рис. 10. Структура проектно-сметной документации



Исполнитель работ несёт ответственность за качество договорных работ по проекту. В случае отклонения от применения непредусмотренного согласованным проектом рационального комплекса работ или низкого качества выполненных исследований, вследствие чего поставленная задача решена не полностью, исполнитель несёт ответственность в соответствии с условиями контракта. После завершения работ составляется геологический отчёт по установленной форме, который направляется на государственную экспертизу.

Контрольные вопросы

1. Назначение геологического задания на составление проекта.
2. Структура проектно-сметной документации.
3. Содержание геолого-методической части проекта. Критерии для выбора рационального комплекса и объёмов проектируемых работ.
4. Альтернативные варианты проектных решений выполнения геологического задания.
5. Производственно-техническая часть проекта. Расчёт трудозатрат и времени на виды геологоразведочных работ.
6. Проектно-сметная документация. Основные и накладные расходы.
7. Плановые накопления и компенсируемые затраты.
8. Порядок финансирования работ в случае получения отрицательных результатов.

ОПРОБОВАНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Обыск камней без пробы скучен и сомнителен.

М.В. Ломоносов

Опробование – комплекс ГРП, выполняемых с целью изучения минерального и химического состава, технологических, технических и физико-механических свойств минерального сырья, определяющих его качество и возможность использования в отраслях народного хозяйства. Под качеством понимается степень соответствия полезного ископаемого в недрах, а также добытого минерального сырья потребительским свойствам, предъявляемым требованиям промышленности.

Опробование выполняется на всех стадиях геологического изучения недр. На ранних стадиях регионального геологического картирования территорий проводится отбор образцов горных пород, руд, изготовление шлифов для изучения их петрографического и минерального состава, исследования физических свойств. В процессе поисков, оценки и разведки месторождений опробование является основным видом работ для оценки качественных характеристик полезных ископаемых и определения соответствия их требованиям промышленности (кондициям, ГОСТам, отраслевым техническим условиям). При эксплуатационной разведке и в процессе разработки месторождения опробование применяется с целью планирования добычи и контроля за полнотой отработки запасов, учета потерь и разубоживания полезного ископаемого.

Опробование выполняется для решения следующих задач:

- изучения минерального и химического состава руд, содержаний полезных и вредных компонентов (минералов, химических элементов);
- выделения природных типов и технологических сортов полезных ископаемых и их размещения в геологическом пространстве;
- оконтуривания балансовых и забалансовых руд для подсчета запасов;
- проведения технологических исследований, выбора рациональных методов комплексного обогащения руд.

Опробование включает ряд последовательных операций: отбор или взятие проб, обработку или подготовку к исследованиям, выполнение минералогических, химических анализов, исследование физико-механических параметров полезных ископаемых, их технологических свойств. Каждая из перечисленных операций должна сопровождаться

контролем, обеспечивающим достоверность и представительность пробы по отношению к исследуемому объекту.

Под достоверностью опробования понимается сохранение в отобранной пробе качественных параметров (содержаний, свойств) исследуемого объекта. Это обязательное требование обеспечивается соблюдением методических приемов и способов опробования, технологии пробоотбора, обработки и выполнения анализов. Достоверность проб оценивается величиной технической погрешности (Δ) между результатом опробования (C_i) и истинным значением искомого параметра (C). Итоговое значение погрешности опробования (Δ) складывается из технических погрешностей отбора ($\Delta_{отб}$), обработки ($\Delta_{обр}$) и анализа ($\Delta_{ан}$) проб:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{отб}^2 + \Delta_{обр}^2 + \Delta_{ан}^2}$$

Отбор, обработка и анализы проб неизбежно сопровождаются случайными и систематическими погрешностями.

Случайные погрешности связаны с непредсказуемыми ошибками в визуальной оценке степени равномерности изучаемого признака – содержаний, свойств полезного ископаемого – в опробуемом объекте (обнажении, забое выработки, керне скважин). Они характеризуются переменным знаком и снижают точность оценки качества изучаемого полезного ископаемого. Влияние случайных погрешностей на величину искомого показателя снижается при увеличении числа наблюдений. Для уменьшения влияния случайных ошибок на результаты опробования необходимо проведение тщательной документации объекта исследования.

Систематические погрешности являются следствием несоблюдения исследователем методических приемов отбора, обработки и анализа проб. Они приводят к искажению результатов опробования в сторону завышения или занижения качественных характеристик изучаемого полезного ископаемого. Систематические погрешности возникают в результате направленного действия ошибок в процессе отбора, обработки и анализа проб, поэтому носят постоянный, систематический характер. Точность результатов опробования оценивается по уровню средних случайных погрешностей, а достоверность устанавливается только при отсутствии систематических погрешностей. Для обработки данных контроля опробования используются методы вариационной статистики.

Представительность (иначе *репрезентативность*) – показатель соответствия качественных характеристик материала проб свойствам изучаемого объекта. По этому показателю оценивается возможность распространения результатов опробования на соседние участки месторождения.

При оценке качества полезного ископаемого следует придерживаться основных принципов геологического изучения: последовательности приближения к конечному результату, полноты исследования и равномерности размещения проб по отношению к объекту опробования.

Последовательность опробования заключается в выделении на ранних стадиях изучения объекта природных разновидностей руд по структурно-текстурным особенностям (вкрапленные, массивные, полосчатые, пятнистые и др.) и качественным характеристикам (богатые, рядовые, бедные, убогие). В последующем среди природных разновидностей руд выделяются технологические сорта и промышленные типы, требующие селективной (раздельной) добычи и обогащения.

Полнота исследования означает определение всех качественных характеристик полезных ископаемых для выявления взаимосвязей между их составом и свойствами. Кроме этого, соблюдение принципа полноты исключает необходимость проведения повторного опробования.

Соблюдение принципа *равномерности* опробования позволяет свести к минимуму субъективный подход к оценке рудного объекта. Пробы необходимо размещать на равных интервалах, недопустимо сгущение пунктов отбора на обогащенных участках и их разрежение на участках с относительно бедным оруденением.

Способы отбора проб

В зависимости от целевого назначения проводимых исследований условно выделяются несколько видов опробования:

Минералогическое опробование проводится с целью определения качественного и количественного состава полезных ископаемых, изучения их структурно-текстурных особенностей, распределения минералов в природных и промышленных типах руд. Этот вид опробования является основным методом исследования при разведке индустриального сырья, в которых ценность представляют сами минералы, а не химические элементы (пьезооптическое сырье, слюды, асбест, драгоценные и поделочные камни).

Физико-механические и технологические свойства полезных ископаемых зависят от их состава, поэтому проведение минералогических анализов должно предшествовать техническим испытаниям.

Химическое опробование проводится для оценки химического состава минерального сырья, качество которого и возможности практического использования определяются содержанием основных и попутных полезных компонентов комплексных руд, а также вредных примесей.

Техническое опробование выполняется для испытания физических и механических свойств полезных ископаемых (удельного веса и объемной массы, твердости, крепости, влажности, магнитной восприимчивости, электропроводимости и др.). Эти данные необходимы для установления пригодности нерудного сырья в стройиндустрии, они также используются при подсчете запасов, при изучении инженерно-геологических условий разработки месторождений.

Технологическое опробование проводится для испытаний обогатимости руд в лабораторном или опытно-промышленном масштабе с целью выбора оптимальной схемы обогащения и последующего передела с учетом комплексного использования.

Товарное опробование проводится с целью оценки качества добытой руды (минерального сырья) и продуктов ее переработки (минеральных концентратов). Объектом этого способа опробования являются рудная масса или товарный концентрат, находящиеся в перемешанном виде и, как правило, загруженные в транспортные емкости.

Разделение видов опробования по целевому назначению достаточно условно, т.к. качество полезного ископаемого оценивается не только минеральным или химическим составом, но и физико-механическими и технологическими свойствами. Технологические и физико-механическими испытания сопровождаются изучением минерального и химического состава для установления корреляционных зависимостей между свойствами и составом руд. Для оценки балансов распределения химических элементов между минералами (фазово-минералогического состава руд) необходимо выполнение химических анализов минералов.

В геологоразведочной практике используются различные способы отбора проб: точечный (штуфной, горстевой), линейный (бороздовый, керновый, шпуровой), плоскостной (задирковый) и объемный (валовый). Выбор наиболее оптимального (для конкретных условий) способа взятия пробы из целика недр зависит от многих факторов:

- характера обнаженной поверхности (коренной выход, забой горной выработки, керн скважин, отвалы добытой руды или отходов обогащения);
- применения имеющихся технических средств, обеспечивающих представительность отобранной пробы, т.е. соответствия состава и свойств изучаемому природному объекту (горной породе, руде);
- производительности процесса опробования и его экономичности.

Последний фактор не должен приниматься во внимание в ущерб достоверности и качества пробоотбора.

При выборе рационального способа отбора проб учитываются размеры рудных тел, особенности внутреннего строения, характер геологических границ, текстурные особенности руд, степень изменчивости оруденения, вещественного состава и распределения природных и промышленных (технологических) типов и сортов руд (табл. 20).

Таблица 20

Рекомендуемые способы отбора проб

Способы отбора проб	Текстурные типы руд						Рекомендуемые области использования
	Массивное	Вкрапленное	Прожилковое	Полосчатое	Пятнистое	Гнездовое	
Валовый	+	+	+	+	+	+	Отбор крупнотоннажных проб и контроль других способов отбора
Задирковый	+	+	+	+	+	+	
Керновый	+	+	+	+	+	+	Опробование разведочных скважин
Бороздовый	+	+	+	+	+	–	Не имеет ограничений
Горстевой	+	+	+	+	–	–	Опробование добытой руды, отвалов
Шпуровой	+	+	+	–	–	–	Совмещается с продвижением забоев выработок
Штуфной	+	+	–	–	–	–	Применяются на начальных стадиях изучения (геологическая съёмка, наземные поиски, предварительная оценка рудопроявлений)
Точечный	+	+	–	–	–	–	

Примечание: символы (+) и (–) означают возможность или невозможность применения данного способа отбора проб.

При выборе методов и способов опробования и оценки достоверности его результатов следует руководствоваться специальными инструкциями, разработанными применительно к отдельным видам минерального сырья.

На ранних стадиях геологического изучения, в процессе геологосъемочных работ, совмещенных с поисками полезных ископаемых, обычно применяется *штуфное опробование*, которое заключается в отборе образцов горных пород, руд (штуфов).

Точечное опробование заключается в отборе мелких осколков (образцов) полезного ископаемого с обнаженной поверхности или забоя выработки. Опробуемая поверхность накрывается специальной квадратной сеткой, из центров ячеек которой отбираются сколки, составляющие пробу. Для повышения достоверности опробования необходимо соблюдать равномерность размещения сколков, соизмеримость их размеров и необходимую плотность отбора на единицу площади обнажения (забоя выработки). Густота размещения сколков находится в прямой зависимости от изменчивости состава исследуемого полезного ископаемого. Этот способ отбора проб отличается высокой производительностью, экономичностью и рекомендуется к применению при исследовании состава массивных, вкрапленных руд с относительно равномерным распределением минералов.

Горстевое опробование (или способ *вычерпывания*) заключается в отборе добытой руды по квадратной сетке. Число пунктов отбора в зависимости от изменчивости опробуемой массы определяется опытным путем и может варьировать от 3-5 до 25 и более. При отборе необходимо соблюдать соотношение материала по крупности частиц (гравий, песок, пыль). Этот способ применяется при оценке качества товарной руды или минеральных концентратов при загрузке в транспортные ёмкости.

Бороздовое опробование широко применяется при проходке открытых и подземных горных выработок и при обследовании обнажений коренных пород. Оно заключается в отборе исследуемого материала из специально вырубленной в забое или коренном выходе борозды. Поперечное сечение может быть прямоугольным, квадратным или треугольным; размеры в ширину 5-10 см, в глубину 3-5 см; длина борозды выбирается в зависимости от мощности опробуемого рудного тела. Площадь сечения определяется в зависимости от степени изменчивости состава руд в пределах 5-10 см по ширине и 1-5 см по глубине. Достоверность опробования обеспечивается постоянством поперечного сечения борозды, которое определяется опытным путём.

При большой мощности производится непрерывное поинтервальное опробование с длиной секций 1-5 м. Борозды длинной стороной должны располагаться поперек наибольшей изменчивости оруденения – вкрест

простираения жильных тел, полосчатости, слоистости. Отбойка борозд производится вручную или с помощью специальных приспособлений – резцов, алмазных дисковых пил. Опробование бороздой является наиболее универсальным способом, обеспечивает большую надёжность для большинства полезных ископаемых, однако этот способ опробования отличается малой производительностью.

Керновое опробование возможно только при разведочном бурении. В скважинах пробы отбираются раскалыванием вдоль оси вручную, гидравлическим керноколом или распиловкой алмазной пилой. Одна часть разделенного таким образом керна поступает в пробу, другая сохраняется как дубликат. Обычно в пробу отбирается половина керна, разделенного вдоль оси, или весь керн малого диаметра. Образовавшаяся в результате выкрошивания мелкая фракция разделяется на две равные части, одна из которых также поступает в пробу. Не допускается включение в пробу интервалов с резко различным выходом керна, а также керна разного диаметра. Такие интервалы опробуются отдельно. Отбор проб производится секциями длиной 1-3 м.

В отдельных случаях для изучения состава вмещающих пород или руд с весьма равномерным распределением полезных компонентов допускается секционный отбор пунктирных (точечных) проб из борозды или керна. При отборе пунктирной борозды или керна необходимо соблюдать соизмеримость массы частных проб и интервалов между ними. Такой способ взятия проб характеризуется высокой производительностью и экономичностью, но меньшей достоверностью по сравнению с непрерывным опробованием, поэтому его применение возможно только после проведения контрольных проверок.

Шпуровое опробование проводится в процессе продвижения забоев горных выработок и заключается в отборе бурового шлама из шпуров, задаваемых для закладки взрывных зарядов. Глубина шпуров при бурении перфораторами обычно не превышает 2-3 м.

Преимущества шпурового способа: экономичность процесса пробоотбора, сопряженного с проходкой выработки, минимальные затраты на обработку пробы, состоящей из бурового шлама. Кроме этого, появляется возможность отбора проб за пределами забоев горных выработок. Основным недостатком состоит в том, что объект опробования скрыт от исследователя за пределами забоя и недоступен для предварительного изучения и документации. Не всегда удастся восстановить обстановку и после отпалки.

Задирковое опробование заключается в снятии путем отбойки ровного слоя полезного ископаемого («задирки») из забоя горной выработки или коренного рудного выхода (обнажения). Толщина отбиваемого слоя или глубина «задирки» принимается равной 3-5 см, реже до 10 см. Масса пробы зависит от мощности опробуемого рудного тела и глубины отбойки. Для обеспечения достоверности необходимо строгое соблюдение за постоянством глубины отбойки на опробуемом участке. Опробуемая поверхность забоя перед отбойкой и после ее завершения должна быть тщательно выровнена и зачищена. Нарушение этого условия при опробовании оруденения с неравномерным распределением минерального состава неизбежно приводит к искаженной оценке результата в большую или в меньшую сторону, что в обоих случаях неприемлемо.

Способ «задирки» трудоемкий и малопродуктивный, поэтому его применение ограничено условиями, когда другие методы не обеспечивают надежности результатов. Обычно он используется при разведке жильных маломощных месторождений с неравномерным распределением полезных компонентов в рудном теле и наличием самородков благородных металлов. Кроме того, задирковый способ рекомендуется применять в качестве контрольного при отборе шпуровых, точечных или бороздовых проб.

Валовое опробование применяется в редких случаях для отбора крупнотоннажных проб с целью технологических испытаний обогатимости руд в опытно-промышленном и промышленном масштабе, определения объемной массы полезного ископаемого, необходимой для подсчета запасов, а также для заверки других, менее достоверных способов опробования. Материалом валовой пробы служит добытая рудная масса, отходы обогатительных фабрик. В отдельных случаях при невозможности вскрытия рудного тела горными выработками для формирования валовой пробы организуется проходка специальных скважин большого диаметра или используется керн разведочных скважин. Отбор валовых проб связан со значительными затратами времени и средств, что сдерживает его применение в практике геологоразведочных работ.

Валовые пробы, отобранные для технологических испытаний, в обязательном порядке предварительно исследуются на содержание минералов, химических компонентов, изучаются физико-механические свойства и другие характеристики, влияющие на выбор рациональной схемы и оптимального режима обогащения.

Документация и оформление отбора проб. Опробованию предшествует детальная геологическая документация обнажения, горной выработки, буровой скважины; документация сопровождается зарисовками забоев и стенок выработок в масштабе 1:10–1:100, для скважин составляются геологические колонки в масштабе 1:100–1:200. На зарисовках и колонках отмечаются места отбора проб. По результатам документации намечаются способы и интервалы отбора проб. Процесс опробования выполняется опытным специалистом под наблюдением геолога, ведущего документацию.

Результаты опробования заносятся в первичную документацию и увязываются с геологическим описанием. В журнал опробования вносятся следующие сведения: номер геологоразведочной выработки, дата и интервал отбора пробы (по скважинам – глубина, диаметр и выход керна), номер пробы, краткое определение состава пробы, перечень необходимых анализов и исследований. Каждой пробе присваивается порядковый номер. Во избежание дублирования номеров проб рекомендуется использовать сквозную порядковую нумерацию.

В геологоразведочной практике для упрощения работы рядовым пробам присваивается двойной номер, состоящий из номера выработки и порядкового для данной выработки номера пробы, что облегчает их обработку. Эти же данные заносятся в журнал геологической документации и в заявку в лабораторию для выполнения анализов. В заявке для каждой пробы указывается коэффициент неравномерности оруденения (K), необходимый для подготовки к анализу по схеме Ричардса-Чечотта (см. «Обработка проб»). Каждая рядовая пробы упаковывается в отдельную тару и сопровождается биркой и этикеткой.

Хвосты обработки проб сохраняются в качестве дубликатов.

Обработка проб

Обработка проб, иначе, подготовка их к выполнению химических и минералогических анализов, направлена на сокращение их массы от первоначального веса (килограммы, центнеры, тонны) до нескольких десятков-сотен граммов, необходимых и достаточных для проведения анализов. Обеспечение постоянства вещественного состава исходной пробы и её дубликата после обработки должно соблюдаться на всех стадиях технологической схемы.

Обработка проб производится последовательно (по стадиям) и по схемам, разработанным для каждого месторождения. Уже на начальной стадии разведки месторождения должны быть экспериментально подтверждены правильность принятой схемы обработки проб и величина коэффициента неравномерности оруденения (K). Для этого отбирается эталонная проба, обработка которой последовательно осуществляется по схемам с применением различных коэффициентов неравномерности; выбор оптимально допустимого коэффициента устанавливается путём сопоставления результатов лабораторных анализов.

Таблица 21

Зависимость величины коэффициента для обработки проб
от степени изменчивости качества руд

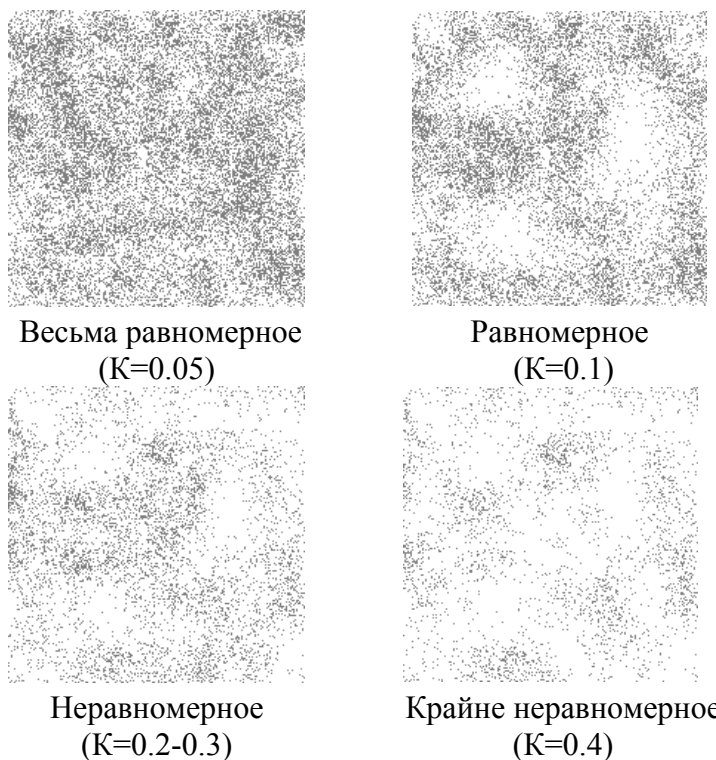
Степень изменчивости содержаний компонентов	Коэффициенты	
	Вариации содержаний	K
Весьма равномерное	< 25	0,05-0,1
Равномерное	25-50	0,1-0,2
Неравномерное	50-100	0,2-0,3
Весьма неравномерное	100-150	0,3-0,4
Крайне неравномерное	> 150	> 0,4

Примечание: приведенные значения коэффициента (K) следует рассматривать как ориентировочные.

Выбор приемлемого коэффициента (K) производится отдельно для каждого природного типа руд, выявленных на месторождении, зависит от степени изменчивости распределения полезных компонентов в начальной пробе, оцениваемой методом вариационной статистики. В исключительных случаях допускается применение коэффициента (K) по аналогии с применявшимся на ранее разведанном месторождении, представленном тем же набором рудных разновидностей.

В сопроводительном документе проб, направляемых на обработку в лабораторию, указывается величина (K) для каждой пробы.

В исключительных случаях допускается применение коэффициента (K) по аналогии с применявшимся на ранее разведанном (разрабатываемом) месторождении, представленном тем же набором рудных разновидностей.



**Рис. 11. Степени
изменчивости
вещественного состава**

Качество обработки систематически контролируется по всем операциям, при этом не допускается загрязнения материала пробы в дробилках за счет предыдущих проб и избирательный его вынос вентиляционными установками.

Оценка качества минерального сырья производится с учетом возможных направлений его использования в отраслях народного хозяйства, в соответствии с требованиями действующих ГОСТов, ОСТов, технических условий и утвержденных кондиций. Химический и минеральный состав природных типов, промышленных (технологических) сортов руд исследуется на специально отобранных эталонных пробах или вычисляется по результатам анализов частных проб. Качественный состав руд необходимо изучить с полнотой, обеспечивающей оценку промышленного значения основных и попутных компонентов, а также влияния вредных примесей на технологию переработки и использование сырья. Содержания всех компонентов должны быть определены в пробах химическими, ядерно-геофизическими, спектральными или другими методами, утвержденными государственными стандартами или НСАМом.

В соответствии с требованиями стандартов и кондиций изучается содержание и формы нахождения вредных примесей, оказывающих влияние на технологическую переработку руд и качество сырья.

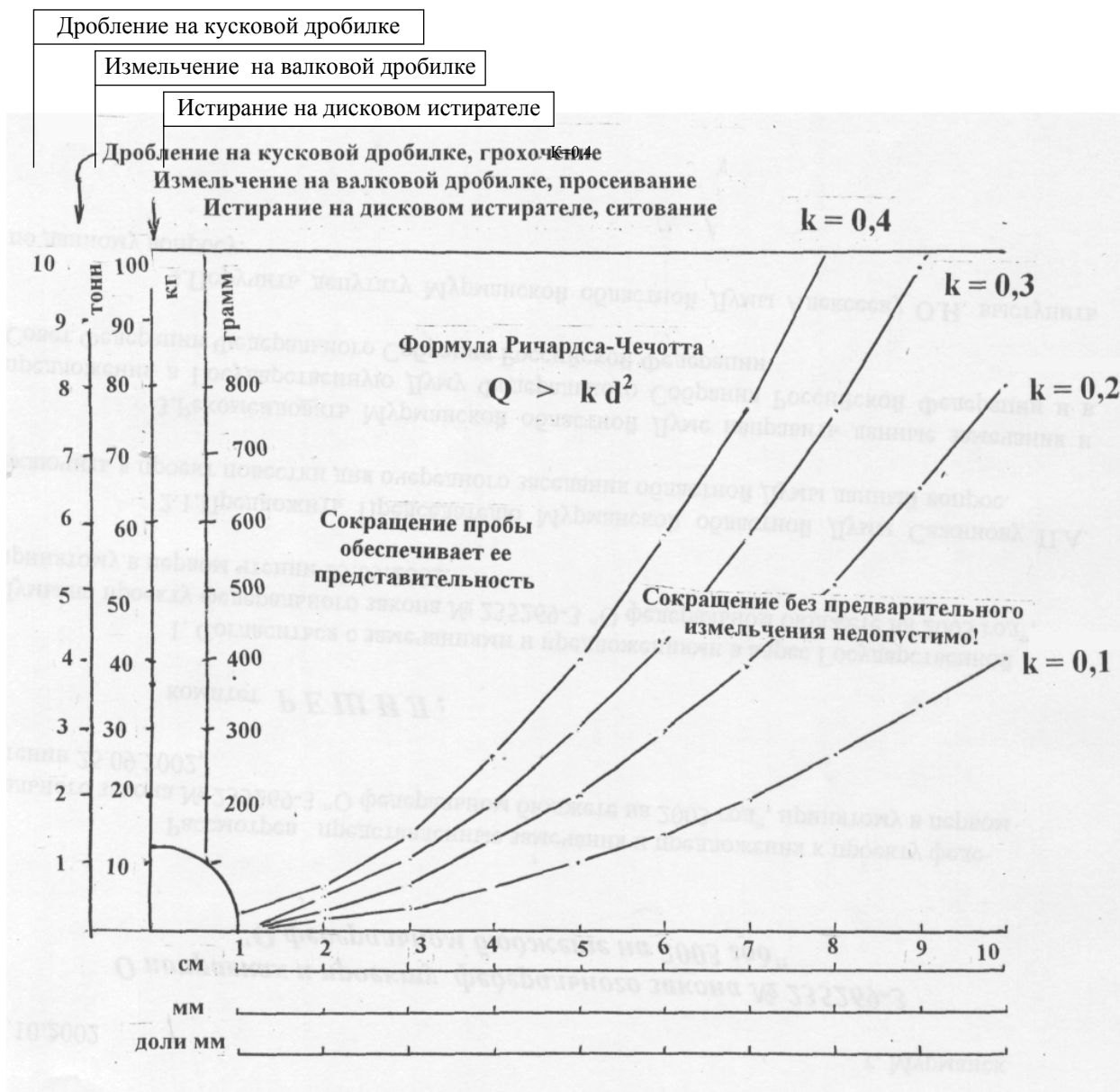


Рис. 12. Алгоритм схемы обработки проб

По сопряжённым (подряд расположенным) пробам, характеризующим отдельные разновидности руд, составляются *групповые пробы*, которые анализируются на содержания основных и попутных полезных компонентов. Порядок объединения рядовых проб в групповые и их размещение должны обеспечивать равномерное опробование основных разновидностей руд на попутные компоненты и вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудных тел.

Изучение попутных компонентов, содержащихся в рудах, выполняется в соответствии с «Требованиями к комплексному изучению и подсчету запасов попутных полезных компонентов» [].

По *эталонным пробам* природных типов руд производится полный химический анализ на 12-15 компонентов. Результаты химических анализов мономинеральных проб используются для расчёта балансов распределения полезных компонентов по минеральным фазам.

Во избежание ошибок при оконтуривании рудных интервалов по бортовому содержанию (по балансовой принадлежности) формирование групповых проб следует производить только после получения результатов анализов рядовых проб.

Лабораторные исследования полезных ископаемых

Для оценки соответствия качества минерального сырья требованиям потребляющих отраслей промышленности в процессе поисков и разведки систематически выполняются лабораторные исследования химического и минерального состава полезных ископаемых, их технологических и физико-механических свойств. Эти исследования проводятся в специальных лабораториях, на опытных установках и на обогатительных фабриках.

Химический анализ является основным видом исследований состава полезных ископаемых, качество которых оценивается по содержанию основных и попутных элементов (металлов) и вредных примесей. Рядовые пробы анализируются только на содержание главных элементов (металлов): Ni, Cu, Co – в медно-никелевых рудах (с кобальтом); Fe – магнетитовых рудах; P_2O_5 , Al_2O_3 , TiO_2 – в апатито-нефелиновых рудах (со сфеном и титаномагнетитом); $(Nb, Ta)_2O_5$, TiO_2 , SrO – в лопаритовых рудах. В групповых пробах, составленных из подряд расположенных рядовых проб, определяется содержание попутных редких и благородных металлов: платиноидов, Au, Ag – в сульфидных рудах; Zr – в рудах с эвдиалитом и бадделеитом. В эталонных пробах, представляющих природные, технологические и промышленные типы руд, выполняется полный химический анализ на 15-20 элементов.

Фазово-минералогический анализ заключается в оценке содержаний главных, второстепенных и акцессорных минералов петрографических разновидностей горных пород, природных типов и технологических сортов полезных ископаемых. Для руд, потребительскую ценность которых представляет не химические элементы, а собственные минералы (асбест, тальк, барит, соли, слюды), этот метод исследований является ведущим. Фазовый анализ используется для разделения минерального сырья на сорта по природным типам и технологическим особенностям, для подсчёта запасов нерудных полезных ископаемых.

Методы выполнения минералогических анализов характеризуются широким разнообразием – от визуальной оценки и определения содержаний

минералов с помощью бинокулярной лупы или микроскопа до разделения минералов по их физическим свойствам (магнитной восприимчивости, плотности и др.) или расчётным способом, основанным на корреляционной связи между минеральным и химическим составом полезного ископаемого.

Результаты минералогических анализов руды и химических анализов входящих в её состав минералов используются для расчётов балансов распределения полезных элементов по минеральным фазам.

Пример вычисления баланса распределения Fe и Ti по минералам комплексного титан-железорудного месторождения (табл. 22):

Таблица 22

Расчёт балансов распределения Fe и Ti по минералам комплексных руд

Расчётные показатели	Рудные минералы								Сумма
	Магнетит		Титано-магнетит		Ильменит		Гематит		
Содержание минерала в руде, %	25		15		5		5		
Металлы	Fe	Ti	Fe	Ti	Fe	Ti	Fe	Ti	
Содержание металла в минерале, %	60	-	54	-	28	-	70	-	
	-	3	-	15	-	48	-	1	
Произведение содержаний, %%	1500	-	810	-	140	-	350	-	
	-	75	-	225	-	240	-	5	
Балансы распределения. %	53,8	-	28,7	-	5,0	-	12,5	-	
	-	13,8	-	41,3	-	44,0	-	0,9	

Исследование физико-механических свойств горных пород и руд на месторождениях любых видов полезных ископаемых. Результаты таких исследований необходимы для проектирования горных выработок, систем разработки, для расчётов схем обогащения минерального сырья.

Объёмная масса (σ) – отношение массы полезного ископаемого (в тоннах, кг, граммах) к занимаемому объёму (в м³, дм³, см³) используется при количественной оценке запасов (З) для перевода объёмов блоков (V) в весовые единицы по формуле: $Z = V \times \sigma$.

Объёмная масса (σ) определяется в лабораторных условиях взвешиванием штучной пробы в воздухе (p_1) и в погружённом в воду состоянии (p_2), а $\sigma = p_1 : (p_1 - p_2)$. Штучные пробы пористых или трещиноватых руд перед взвешиванием предварительно парафинируют. Наиболее точные определения (σ) можно получить взвешиванием

рудной массы, добытой из горной выработки. Объёмная масса устанавливается также методами плотностного гамма-каротажа.

Плотность – отношение массы пробы к её истинному объёму, т.е. за исключением пор и микротрещин. Между плотностью руд и содержанием полезных компонентов устанавливаются чёткие корреляционные связи: положительные – если плотность рудного компонента (минерала) больше, чем нерудных минералов, или отрицательные – в противоположном случае (табл. 23).

Таблица 23

Зависимость объёмной массы руд от содержаний полезных компонентов

Полезное ископаемое	Содержания полезных компонентов, %						
	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-40	40-45
	Объёмная масса (т/м ³)						
Апатито-нефелиновая руда (полезный компонент – P ₂ O ₅)	2,85- 2,90	2,91- 2,96	2,97- 3,02	3,03- 3,08	3,09- 3,14	3,15- 3,30	-
Магнетит-апатитовая руда (полезный компонент – Fe общ.)	2,75- 2,92	2,93- 3,10	3,11- 3,28	3,29- 3,46	3,47- 3,64	3,65- 3,82	3,83- 4,00

Влажность определяется содержанием в рудном веществе свободной и гигроскопической влаги, выраженном в процентах к материалу в естественном состоянии. Влажность варьирует от времени года, погодных условий, глубины залегания полезного ископаемого, уровня грунтовых вод. Поправка на влажность добытой рудной массы вносится при учёте погашенных запасов.

Твёрдость (кг/мм²) – сопротивление механическому воздействию при деформации разрушения. Твёрдость минералов измеряется специальными приборами – склерометрами и выражается в усл. ед. по шкале Мооса (в скобках - кг/мм²): 1 – тальк (2), 2 – гипс (36), 3 – кальцит (109), 4 – флюорит (189), 5 – апатит (536), 6 – ортоклаз (795), 7 – кварц (1120), 8 – топаз (1427), 9 – корунд (2060), 10 – алмаз (10060).

Магнитная восприимчивость характеризуется способностью горных пород, минералов намагничиваться в магнитных полях.

Электропроводимость – свойство горных пород переносить электрические заряды под действием электрического поля – величина, обратная электрическому сопротивлению.

Для оценки качества индустриального и строительного минерального сырья выполняются специальные исследования по оценке тепло- и звукопроводности, морозостойкости, огнеупорности и др.

Физико-механические свойства, вещественный состав горных пород и руд измеряются методами скважинной геофизики (магнитным, электрическим, плотностным и ядерно-активационным каротажами). Комплексирование каротажных методов определяется свойствами и составом геолого-промышленных типов месторождений, которые характеризуют качество полезных ископаемых.

Технологические исследования полезных ископаемых выполняются с целью разработки новых схем обогащения минерального сырья или совершенствования освоенных технологий применительно к свойствам и составу изучаемого сырья с учётом требований к качеству конечных продуктов переработки минеральных концентратов. Обогащение руд связано с разделением составляющих их минералов, основанном на различии структурно-текстурных особенностей, физико-механических свойств и минерально-химического состава. Проведению опытных испытаний по обогащению должно предшествовать детальное геолого-минералогическое изучение состава и свойств полезного ископаемого.

Цикл исследований по обогащению минерального сырья включает:

- выделение природных типов и разновидностей руд по данным химико-минералогических анализов и петрографического изучения;
- малообъёмное геотехнологическое картирование и укрупнённые лабораторные исследования выделенных типов и разновидностей руд;
- опытно-промышленные испытания технологических сортов руд и их смесей, соответствующих усреднённому составу руд, подлежащих переработке.

Для новых месторождений, руды которых аналогичны технологически освоенным видам сырья, достаточно проведение лабораторных испытаний для подтверждения возможности их обогащения по проверенным технологиям. При разведке неосвоенных на практике нетрадиционных полезных ископаемых необходимо проведение геолого-технологического картирования месторождения и детальное технологическое изучение руд в опытно-промышленном масштабе в условиях действующего предприятия.

На начальных стадиях разведки проводится *геолого-технологическое картирование* месторождения с целью выделения природных типов руд, изучения технологической неоднородности и изменчивости их свойств. Для

картирования используются данные анализов рядовых и групповых проб, результаты экспресс-анализов проб малого объема, представляющих все природные типы и разновидности руд во всём объеме месторождения. Малообъемное картирование основано на изучении вещественного состава, структурно-текстурных особенностей, физико-механических и технологических свойств руд на материале большого числа проб из разведочных выработок. По материалам малообъемного картирования составляются специальные геолого-технологические планы и разрезы.

Затем производится отбор укрупнённых технологических проб массой в десятки-сотни кг для лабораторных исследований с целью выбора оптимальных режимов обогащения и предварительной оценки технико-экономических показателей. Результаты лабораторных исследований сопоставляются с показателями переработки аналогичного сырья на действующих предприятиях для принятия решения о целесообразности проведения испытаний в опытно-промышленном масштабе. В случае выявления несущественных различий необходимо внесение уточнений в технологическую схему или в реагентные режимы.

Экспериментально установлено, что показатели обогащения (выход концентрата и извлечение в него полезного компонента) находятся в прямой зависимости от качества перерабатываемой руды (табл.).

Опытно-промышленные технологические испытания в проводятся при освоении новых нетрадиционных типов полезных ископаемых, внедрении в производство новых технологических схем или вовлечении в переработку руд, состав и свойства которых существенно отличаются от практически освоенных. В этих случаях опытно-промышленным испытаниям должны предшествовать лабораторные исследования руд аналогичного состава.

Таблица 24

Зависимость показателей обогащения руд от содержания в них полезного компонента (выборка по лабораторным пробам)

Технологические показатели	Классы содержаний полезного компонента, %				
	2-4	4-8	8-12	12-16	16-20
Число проб	19	16	11	26	8
Среднее содержание компонента в классе, %	2,88	6,29	10,48	13,98	18,22
Содержание компонента в концентрате, %	35,80	39,21	39,60	39,68	39,90
- выход концентрата, %	7,21	15,01	25,13	33,57	44,17
- извлечение компонента в концентрат, %	89,57	93,55	94,95	95,28	96,72

Для проведения испытаний используются валовые пробы, которые отбираются с особой тщательностью из горных выработок, реже их коренных выходов или разведочных скважин. Масса проб (десятки-сотни тонн) определяется производственной мощностью обоганительной фабрики или стационарной установки и должна быть достаточной для проведения полного цикла испытаний в течение смены (суток и более).

Так, за период освоения хибинских месторождений приобретён богатый опыт технологии обогащения руд. За многие десятилетия переработки апатитовых руд содержание полезного компонента (P_2O_5) снизилось от 25 до 15%, однако, благодаря совершенствованию технологического процесса, производственные показатели работы обоганительных фабрик сохранялись на высоком уровне. Вовлечение в освоение новых месторождений с относительно бедными рудами вызвало необходимость выявить взаимосвязь между технологическими свойствами и составом руд разного качества.

В этой ситуации реализована методика «сквозных» технологических испытаний с заданным и направленно меняющимся качеством руд. Для испытаний отобрана валовая проба, состоящая из рудного материала (400 т) и разубоживающих бортовых добавок (60 т), которые последовательно примешивались к основной пробе для обеспечения заданного состава шихты, соответствующей различным вариантам кондиций. В результате промышленных испытаний установлены корреляционные зависимости технологических показателей от состава руд: при снижении содержания P_2O_5 от 15,5 до 12,5% увеличивается выпуск апатитового концентрата на 10%, нефелинового – в 1,7 раза при незначительном сокращении извлечения от 93 до 90% [].

Контроль отбора, обработки проб и лабораторных анализов

Контроль опробования заключается в проверке достоверности всех операций отбора, обработки проб и проведения химико-аналитических исследований путём сравнения результатов анализов рядовых и контрольных проб. Достоверность опробования определяется сходимостью содержаний компонентов в пробах и в исследуемом объёме рудного вещества, из которого они отобраны, т.е. из коренного выхода, забоя выработки, керна скважины, добытой рудной массы. Сходимость

содержаний обеспечивается правильной техникой и технологией отбора, обработки и методикой выполнения анализов проб.

Случайные и систематические ошибки при опробовании влияют на достоверность оценки качества полезного ископаемого.

Случайные погрешности опробования характеризуются равной вероятностью отклонения в большую или меньшую сторону результатов анализов по сравнению с их истинным значением. Влияние случайных погрешностей на результаты опробования уменьшается с увеличением числа проб (n). Они связаны с несовершенством выполнения операций по опробованию, а также с ошибками исполнителя при упаковке, оформлении, документации и анализе, т.е. связаны с человеческим фактором.

Систематические погрешности возникают в результате применения не апробированных технологических приёмов при отборе, обработке и испытаниях проб. В отличие от случайных погрешностей систематические погрешности характеризуются постоянством знака отклонения (в большую или в меньшую сторону относительно истинного значения), поэтому в процессе контроля должны быть выявлены и устранены причины систематических отклонений.

Надёжность результатов опробования может быть установлена только методами лабораторного и геологического контроля.

Контроль способов отбора проб. Погрешности при отборе проб могут быть вызваны избирательным измельчением минералов в зависимости от их хрупкости, потерями части материала пробы в виде пыли и шлама, засорением частицами постороннего вещества. Заверка принятого способа отбора проб осуществляется заведомо более надёжным методом: штуфного – точечным, точечного – задирковым, задиркового – валовым, бороздого и кернового – за счёт увеличения сечения борозды или диаметра керна.

При проявлении избирательного истирания рудного материала размер сечения борозды увеличивают, в крайних случаях борозды заменяют задирковыми пробами. Керновое опробование заверяется сверкой результатов анализов «правой» и «левой» половинок керна, опробованием керном большего диаметра в сопряжённых скважинах или методами ядерно-геофизического каротажа скважин, апробированными в установленном порядке. Сличение результатов каротажных методов опробования с керновым следует производить при высоком выходе керна (80%) и отсутствии его избирательного истирания.

Достоверность пробоотбора следует регулярно контролировать путем сопоставлением результатов лабораторных анализов проб разного сечения.

Контроль обработки проб. Погрешности обработки проб могут быть вызваны ошибками при выборе коэффициента K , недостаточным перемешиванием, неточным сокращением пробы. Контроль обработки заключается в проверке надёжности операций по измельчению и сокращению проб или применения коэффициента K для передачи проб на выполнение испытаний. Величина коэффициента зависит от однородности распределения минералов в рудной массе. Для обоснования оптимальной величины K исходная рядовая проба измельчается до нужного размера и тщательно перемешивается. Затем из измельчённого материала отбирается несколько частных проб, масса которых рассчитывается при различных значениях K . Оптимальное значение коэффициента определяется по графику (рис.), построенному для разных значений K .

Порядок проведения *контроля работы аналитической лаборатории* регламентируется отраслевыми стандартами и методическими указаниями, обязательными для недропользователей. В процессе внутрилабораторного контроля выявляются случайные ошибки при повторном анализе произвольно выбранной пробы. При обнаружении ошибки, превышающей допустимый уровень, устанавливается и устраняется вызвавшая её причина.

Внутренний геологический контроль проводится для своевременного выявления случайных погрешностей анализов рядовых проб и устранения причин, приводящих к недопустимым случайным ошибкам работы лаборатории. Внутренний контроль осуществляется путём повторного анализа зашифрованных дубликатов проб в той же лаборатории, которая выполняет рядовые анализы. Контрольные пробы должны быть равномерно распределены по природным типам и разновидностям руд и по классам содержаний основного компонента, а минимальное количество анализов по каждому классу должно быть не меньше 30-40. Пробы должны отбираться периодически (ежемесячно, кварталнo), чтобы своевременно предупредить появление случайных ошибок. По результатам рядовых и соответствующих им контрольных анализов для каждого класса содержаний вычисляется среднеквадратичная погрешность (Z) по формуле:

$$Z = \sqrt{\frac{\sum (C_0 - C_k)^2}{2m}}; \quad \bar{Z} = \frac{Z \times 100}{C}$$

$\bar{Z}$ – относительная среднеквадратичная погрешность, %;

C_o - содержание компонента по рядовому анализу i – той пробы;
 C_k - содержание компонента по контрольному анализу i – той пробы;
 $\bar{C}$ - среднее содержание компонента по сумме анализов, %;
 m - число контрольных проб.

Относительная среднеквадратичная погрешность ($Z_{cp}, \%$) характеризует воспроизводимость результатов определения компонента в данном классе содержаний. Эта величина не должна превышать допустимых отклонений (см. табл.). В противном случае результаты анализов бракуются и все пробы данного класса подлежат повторному анализу с обязательным повторением внутреннего геологического контроля, о чём информируется основная лаборатория для выяснения причин брака.

Таблица 25

Допустимые относительные среднеквадратические отклонения результатов анализов (по ОСТ 41-08-212-82)

Интервалы содержаний компонентов	Компоненты (окислы и металлы)										
	P ₂ O ₅	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe	Ni	Cu	F	Ga	Rb ₂ O	SrO	TR ₂ O ₃
50-60	-	0,8	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-
40-50	-	1,0	1,6	0,7	-	-	-	-	-	-	-
30-40	1,1	1,2	2,1	0,8	-	-	-	-	-	-	-
20-30	1,6	1,5	2,8	1,0	-	-	-	-	-	-	-
10-20	2,7	2,1	3,5	1,6	-	-	-	-	-	-	-
5-10	3,2	3,5	5,4	3,0	-	2,1	-	-	-	-	-
2-5	3,7	5,4	8	5,6	-	3,5	6,5	-	-	8	4,7
1-2	4,3	7,8	11	9,0	5,0	5,0	8	-	10	10	6,5
0,5-1	6,0	9	15	11	7,1	7,0	10	-	12	13	8,5
0,2-0,5	8,2	11	20	15	9,6	11	12	-	14	16	11
0,1-0,2	9,3	14	25	20	13	14	14	7	18	19	16
0,05-0,1	-	18	-	23	17	20	17	9	21	23	21
0,02-0,05	-	21	-	27	20	25	20	11	25	29	25
0,01-0,02	-	27	-	30	23	30	22	12	30	30	30

Источник: Методы геологического контроля аналитической работы. Методические указания. М.: ВИМС, НСАМ. – 1982. – 25 с.

Пример обработки результатов внутреннего геологического контроля:

Название месторождения – Тундровое медно-никелевое

Анализы выполнены в химико-аналитической лаборатории ОАО «МГРЭ»

Метод анализа -

Определяемый компонент – никель

Класс содержаний – 0,5-0,99 %.

Период выполнения рядовых анализов – 5.06.2008 – 5.09.2008 г.

Контрольные анализы выполнены с 10.10. 2008 по 20.10.2008 г.

Таблица 26

№№ п.п	Рядовые анализы		Контрольные анализы		Разность $C_0 - a$ $- a - C_k$	Квадрат разности $(C_0 - C_k)^2$
	№№ проб	Содержание Ni (C_0 , %)	№№ проб	Содержание Ni (C_k %)		
1	143	0,91	1001	1,02	-0,11	0,0121
2	195	0,53	1002	0,51	+0,02	0,0004
3	209	0,57	1003	0,58	-0,01	0,0001
4	247	0,48	1004	0,45	+0,03	0,0090
5	311	0,62	1005	0,63	-0,01	0,0001
...	...	...	...	...	...	...
39	413	0,50	1039	0,47	+0,03	0,0009
40	473	0,85	1040	1,09	-0,24	0,0576
41	502	0,99	1041	0,95	+0,04	0,0016
42	537	0,88	1042	0,85	+0,03	0,0009
43	611	0,73	1043	0,94	-0,21	0,0441
Сумма		29,19		29,61	-0,38	0,1444

$$Z = \sqrt{\frac{\sum (C_0 - C_k)^2}{2 \times 43}} = \sqrt{\frac{0,38^2}{86}} = \sqrt{0,1444} = 0,04 \%$$

$$\bar{C} = \frac{29,19 + 29,61}{2 \times 43} = 0,68 \%$$

$$\bar{Z} = \frac{Z \times 100}{\bar{C}} = \frac{0,04 \times 100}{0,68} = 5,9 \%$$

Предельно допустимое значение среднеквадратичной погрешности для класса содержаний 0,5-1,0 % Ni составляет 0,7 отн. %. Следовательно, воспроизводимость результатов определения содержаний никеля в рядовых пробах, проанализированных химико-аналитической лаборатории ОАО «Мурманская ГРЭ» в период с 5 июня по 5 сентября 2008 г. следует оценить удовлетворительно.

Внешний геологический контроль выполняется с целью выявления систематических расхождений между результатами анализов в основной и контролирующей лабораториях. Такой контроль должен осуществляться в лабораториях, укомплектованных специалистами высокой квалификации, имеющих большой опыт и пользующихся проверенными методиками выполнения анализов на данный вид минерального сырья. Перечень контрольных лабораторий утверждается вышестоящими организациями.

На внешний контроль направляются пробы, охватывающие все сорта и типы руд отдельно по каждому классу содержаний полезного компонента и прошедшие внутренний контроль, т.е. дважды проанализированные в

основной лаборатории. В контролирующей лаборатории анализы выполняются по апробированной методике и сопровождаются 100%-ным внутрилабораторным контролем. Для контроля следует использовать эталонные пробы или пробы стандартных образцов состава (СОС), которые в зашифрованном виде включаются в партии анализируемых проб.

Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний из всех разновидностей руд месторождения и периодам выполнения анализов с учетом государственных стандартов в количестве не менее 30-40 анализов за контролируемый период.

Обработка данных внутреннего и внешнего контроля по каждому классу содержаний выполняется ежеквартально и отдельно по каждому методу анализа и лаборатории, выполнившей основные анализы. Оценка систематических расхождений по данным внешнего контроля и проб из СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями Научного совета по аналитическим методам (НСАМ).

Относительная среднеквадратичная погрешность, определяемая по результатам внутреннего, так и внешнего контроля, не должна превышать значений, приведенных в табл. 21. При превышении указанных пределов анализы рядовых проб конкретного класса и периода их выполнения бракуются и направляются на арбитражный контроль.

Арбитражный геологический контроль выполняется только в случае выявления систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий. На арбитражный контроль направляются дубликаты рядовых проб, прошедших внешний контроль по тем классам содержаний, в которых выявлена систематическая ошибка. На арбитраж в зашифрованном виде направляется также не менее 10-15 проб из СОС. К проведению арбитражного контроля допускаются лаборатории, имеющие достаточный опыт работы по освоенной и надёжной методике.

Результаты анализов арбитражного контроля сравниваются с данными как основной лаборатории, так и лаборатории, выполнявшей внешний геологический контроль. Систематические расхождения рассчитываются по той же методике, что и при обработке данных внешнего контроля.

Результаты арбитражного контроля принимаются за истинные. При подтверждении арбитражным контролем систематических расхождений следует выяснить причины, разработать мероприятия по их устранению, а также определить необходимость повторного анализа всех проб данного

класса за период работы основной лаборатории или о введении в результаты основных анализов поправочного коэффициента.

Без проведения арбитражного контроля введение поправочных коэффициентов не опускается.

Контрольные вопросы

1. Качественные характеристики полезных ископаемых: химический и минеральный составы, физико-механические и технологические свойства. Изменчивость качественных характеристик.

2. Задачи и виды опробования. Способы отбора проб: штучной, точечный, бороздовый, шпуровой, задиrkовый, валовый, горстевой; кернавое опробование. Факторы, определяющие способ отбора проб.

3. Обработка проб. Основные принципы обработки, Операции обработки: измельчение, грохочение (просеивание), перемешивание, сокращение. Схема обработки проб.

4. Испытания проб. Определение химического и минерального составов, исследования технологических свойств руд, физико-технические испытания.

5. Виды проб и их размещение. Рядовые, групповые, минералогические, мономинеральные, технологические пробы

6. Изучение качества полезного ископаемого без отбора проб. Геофизические (каротажные) методы: магнитометрические, ядерно-физические, радиометрические, рентгенорадиометрические (РРМ), гамма-гамма-метод (ГГМ), нейтрон-активационный каротаж.

Контрольные методы оценки достоверности операций опробования:

7. Выбор оптимального способа отбора проб и методов контроля точечного, бороздового, кернавого и других способов пробоотбора.

8. Определение величины коэффициента, применяемого при обработке проб в зависимости от степени неравномерности оруденения.

9. Внутрिलाбораторный контроль выполнения химических и минералогических анализов.

10. Внутренний и внешний контроли опробования. Арбитражный контроль. Поправочные коэффициенты к оценке результатов забракованных анализов.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Геологическая документация – это фиксация в определённой форме и обработка результатов геологических наблюдений. Значение геологической документации разведочных выработок очевидно, поскольку возможность повторных наблюдений часто исключается. Забои выработок после их крепления, обрушения, выветривания, керн после отбора проб не сохраняются в том состоянии, в котором они наблюдались.

Документация – ответственная операция при изучении геологического материала. Важно следить за качеством документации, поскольку ошибочные выводы из-за некачественной документации исправить часто становится невозможным. Геологическая документация должна быть тщательно составленной, предельно точной, по возможности компактной, краткой, без ненужных деталей, но в то же время она должна отражать существенные наблюдения и факты. На получение исходного материала затрачиваются крупные средства, поэтому проведение геологической документации должны выполнять квалифицированные опытные специалисты. Документация должна быть объективной, иначе она искажает действительность и приводит к ошибочным выводам. Совершенно недопустимо подчинять документацию предвзятым, ранее сложившимся геологическим представлениям.

Важное значение имеют хорошо продуманные стандартные формы документов и формализация их содержания.

Первичная геологическая документация обнажений, разведочных и эксплуатационных выработок включает текстовые записи, графические изображения (зарисовки, схемы, кроки, фотографии и др.) и сопровождаться отбором представительных образцов и проб. Текстовое описание ведётся в стандартных дневниках, пикетажных книжках, буровых журналах, журналах опробования. Регистрация заложения и ликвидации горных выработок, буровых скважин оформляется в специальных актах, цифровая информация ведётся в форме специальных таблиц и реестров.

Графические материалы оформляются в виде зарисовок, разрезов, планов, колонок и блок-диаграмм, отображающих условия залегания и особенности строения геологических объектов с использованием условных обозначений (легенды). Условные обозначения формаций горных пород, крупных тектонических структур на обзорных картах и разрезах должны соответствовать принятым в международной и отечественной практике.

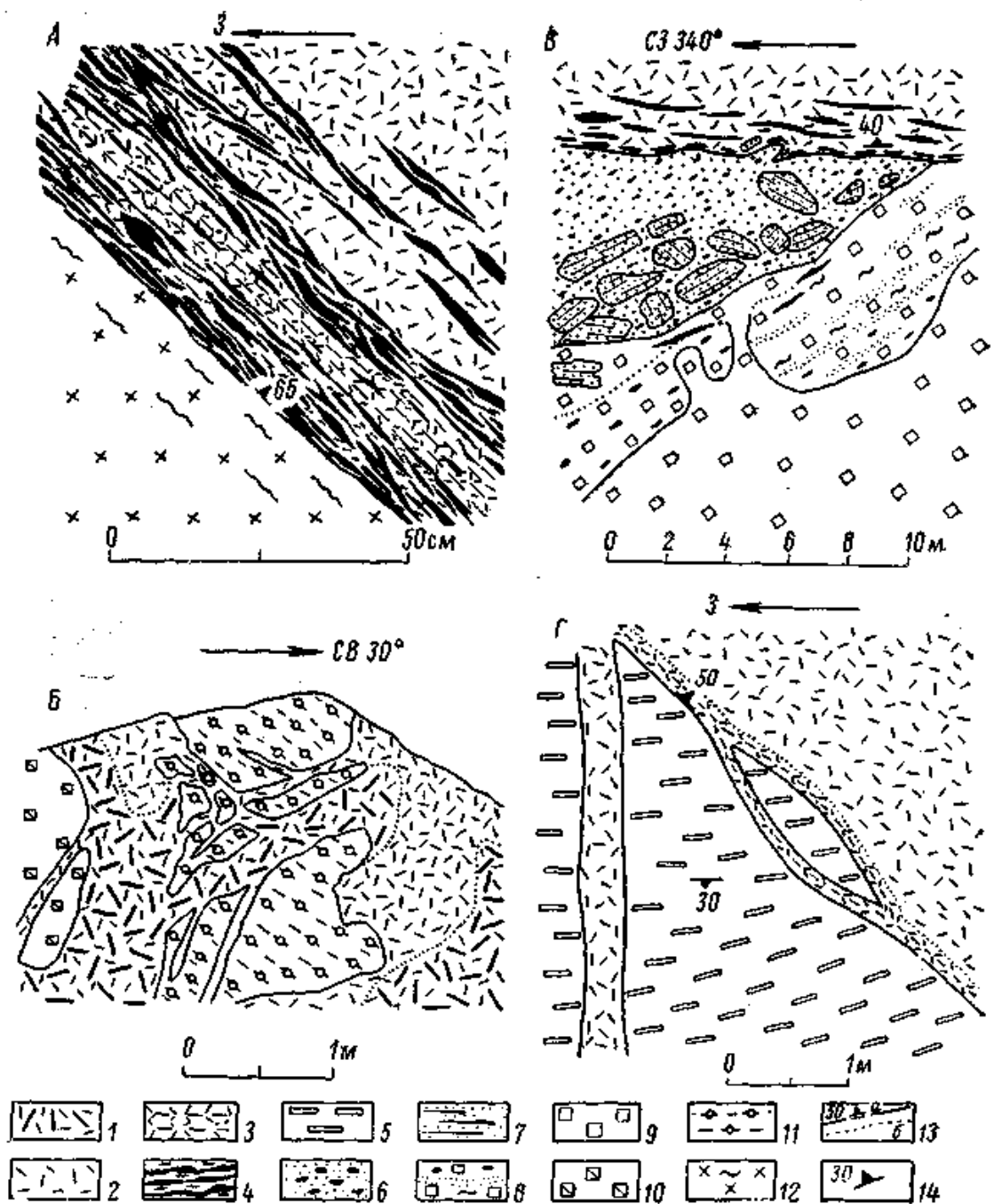


Рис. 14. Зарисовки обнажений при полевой геологической документации

А – контакт левочоррита с рисчорритом; Б – эруптивная брекчия (ксенолиты ийолитов и уртитов в левочоррите); В – контакт левочоррита с апатито-нефелиновой рудой; Г – контакт левочоррита с луявритом.

1-4 – левочорриты: пегматоидный (1), массивный (2), трахитоидный (3), расслоенный (4); луяврит (5); 6-7 – апатито-нефелиновые руды: пятнистая (6), пятнисто-полосчатая (7); 8-10 – уртиты: с апатитовой минерализацией (8), массивный (9), полевошпатовый (10); 11 – ийолит; 12 – рисчоррит; 13 – контакты (а) и плавные переходы (б) между горными породами; 14 – элементы залегания.

Примеры зарисовок при документации обнажений и горных выработок приведены на рис.

Разведочные выработки должны иметь инструментальную привязку и нанесены на геологическую основу. Документация должна выполняться по унифицированным формам. В целях обеспечения достоверности и качества первичной документации необходимо периодически проводить контрольную проверку путём сличения документации с натурой (обнажением, забоем, керном и др.). Для проведения проверки создаются специальные комиссии, в составе которых должен быть представитель геологического контроля. Результаты проверки оформляются актом, в акте даётся заключение о соответствии документации натуре, её качестве и рекомендации по устранению выявленных недостатков.

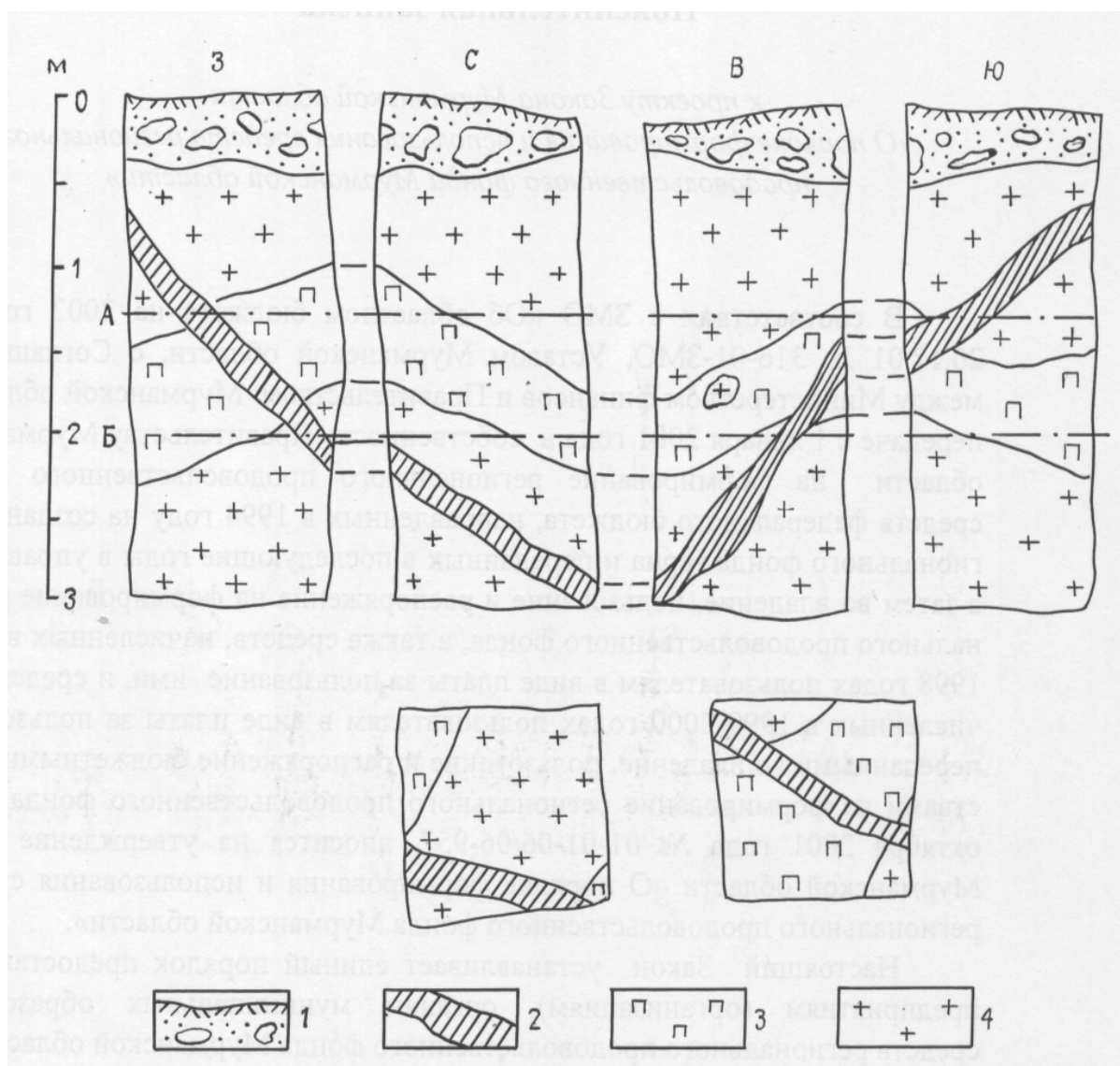
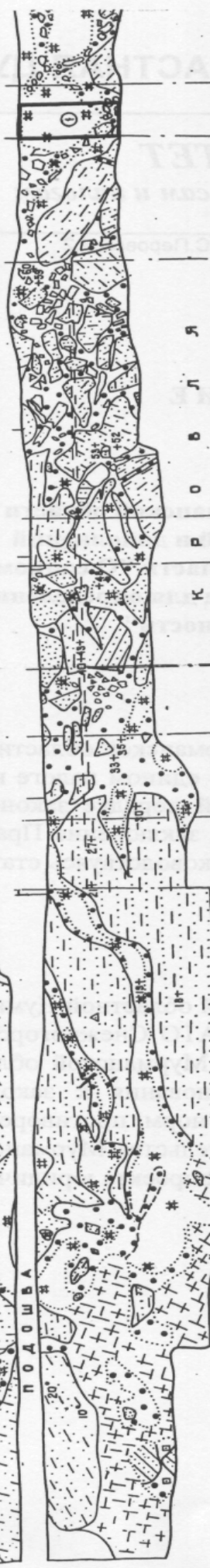
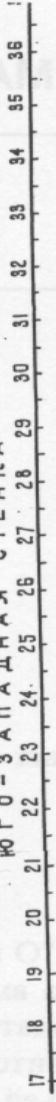


Рис. 15. Зарисовка стенок и забоя шурфа

1 – четвертичные отложения; 2 – рудоносная жила; 3 – пегматит; 4 - гранит



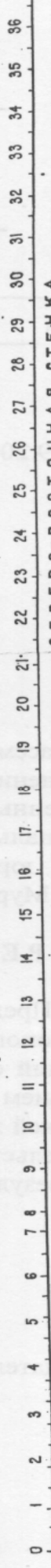
ЮГО-ЗАПАДНАЯ СТЕНКА



К Р О В Л Я



САРИСОВКИ
ЗАБРЕВ



СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ СТЕНКА

Необходимо сохранение материалов и геологической документации: записей, зарисовок, образцов пород. После составления геологического отчёта эти материалы передаются на сохранение в геологические фонды.

Для конкретных геологических объектов рекомендуется применять условные обозначения, согласованные с геологоразведочными, научно-исследовательскими и горнодобывающими предприятиями.

Так, в практике разведки и разработки месторождений геологические службы Мурманской ГРЭ и горнодобывающих предприятий используют унифицированные легенды для обозначения горных пород и руд, категорий запасов, горных и буровых выработок и другие условные графические и цветные символы, облегчающие пользование графической информацией.

Камеральная обработка материалов сводится к составлению карт, планов, геологических разрезов и блок-диаграмм (рис.).

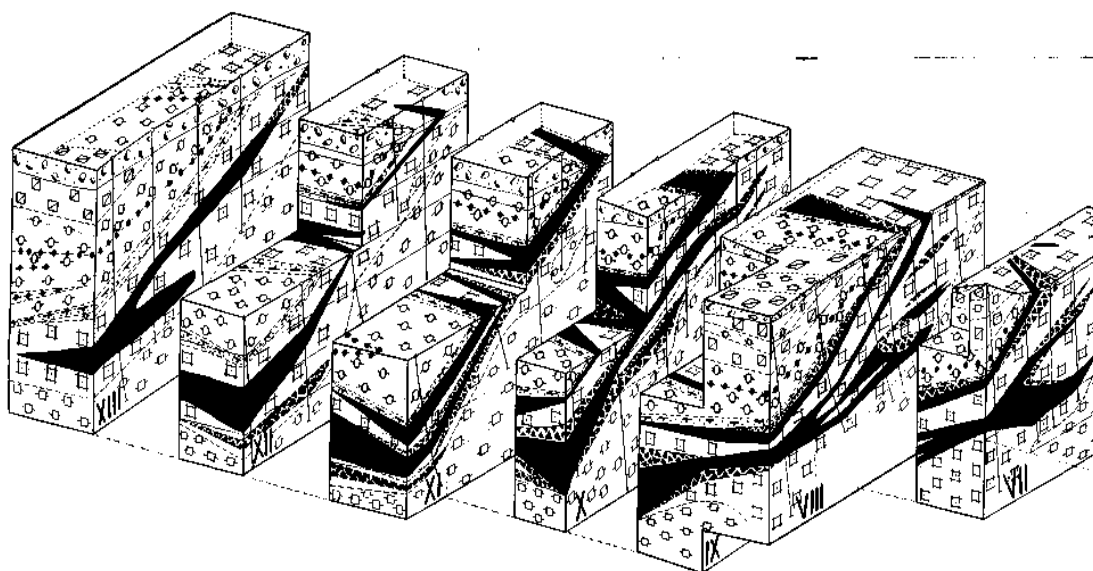


Рис. 17. Блок-диаграмма

Масштаб графических материалов определяется требованиями задания и зависит от размеров и сложности изучаемого объекта и детальности выполненных работ. Текстовые записи обобщаются в виде описаний результатов выполненных работ, характеристики геологического строения объекта, минералого-петрографических свойств горных пород и природных типов полезных ископаемых. Результаты лабораторных исследований систематизируются в виде расчётных таблиц, формул, графиков и диаграмм.

Несмотря на высокий уровень развития информационных технологий и неоднократные попытки внедрения автоматизированных систем сбора и

обработки информации, в геологической практике документация и первичная обработка полевых наблюдений выполняется вручную и визуально.

Организация – исполнитель работ

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КОЛОНКА

Масштаб 1:100 (1:200)

Координаты устья скважины (X, Y, Z)

Сроки проведения буровых работ (начало, окончание)

Диаметры бурения

Шкала глубин, м Места отбора проб	Геолого- геофизическая колонка		Угол наклона структурных элементов	Выход керна, %	Краткое геологическое описание	№№ проб	Интервалы опробования, м			Вес пробы, кг	
							от	до	длина	Начальный	Конечный

ПО СКВАЖИНЕ №

Результаты замеров искривления скважины

[illegible][illegible]

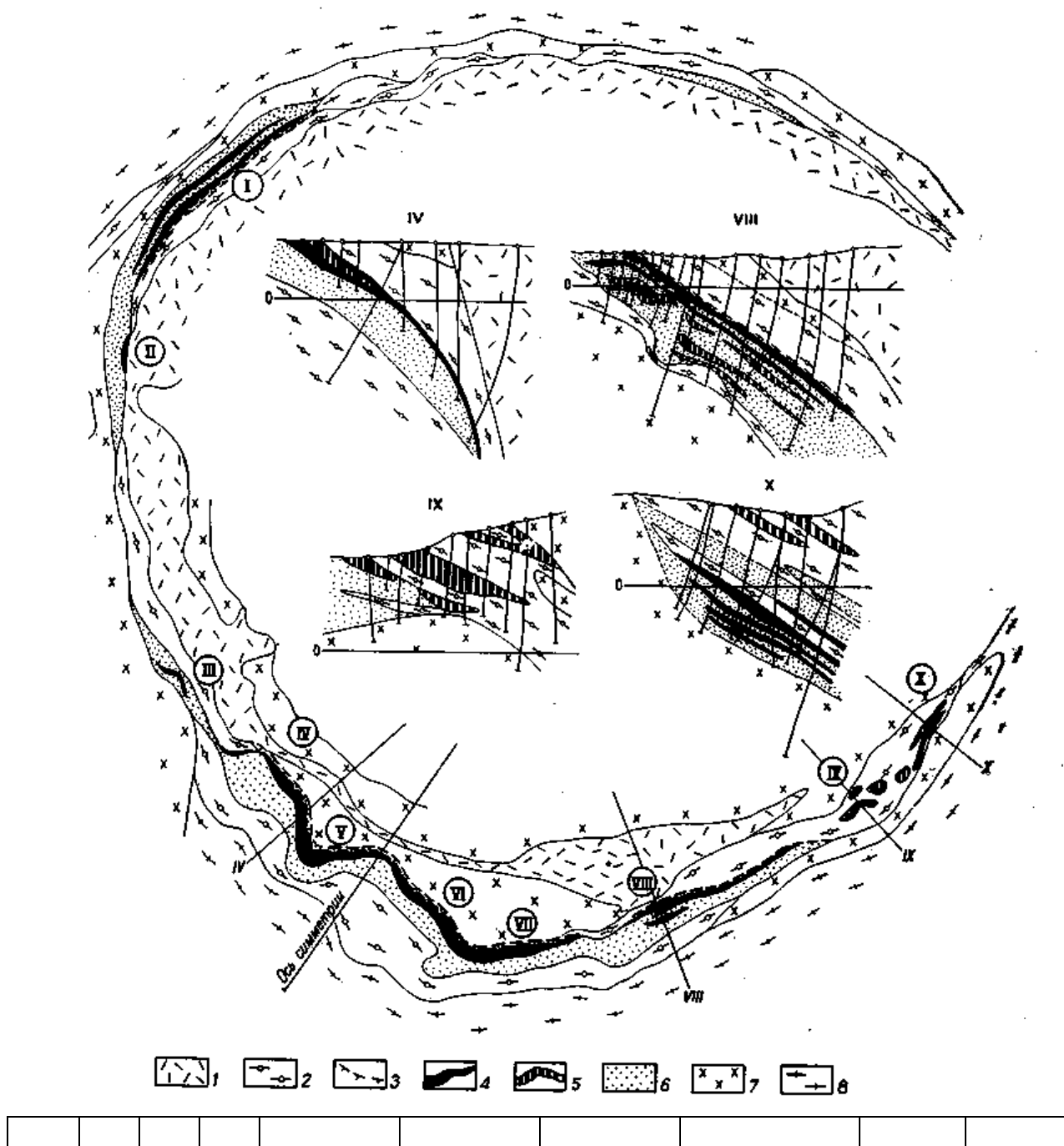
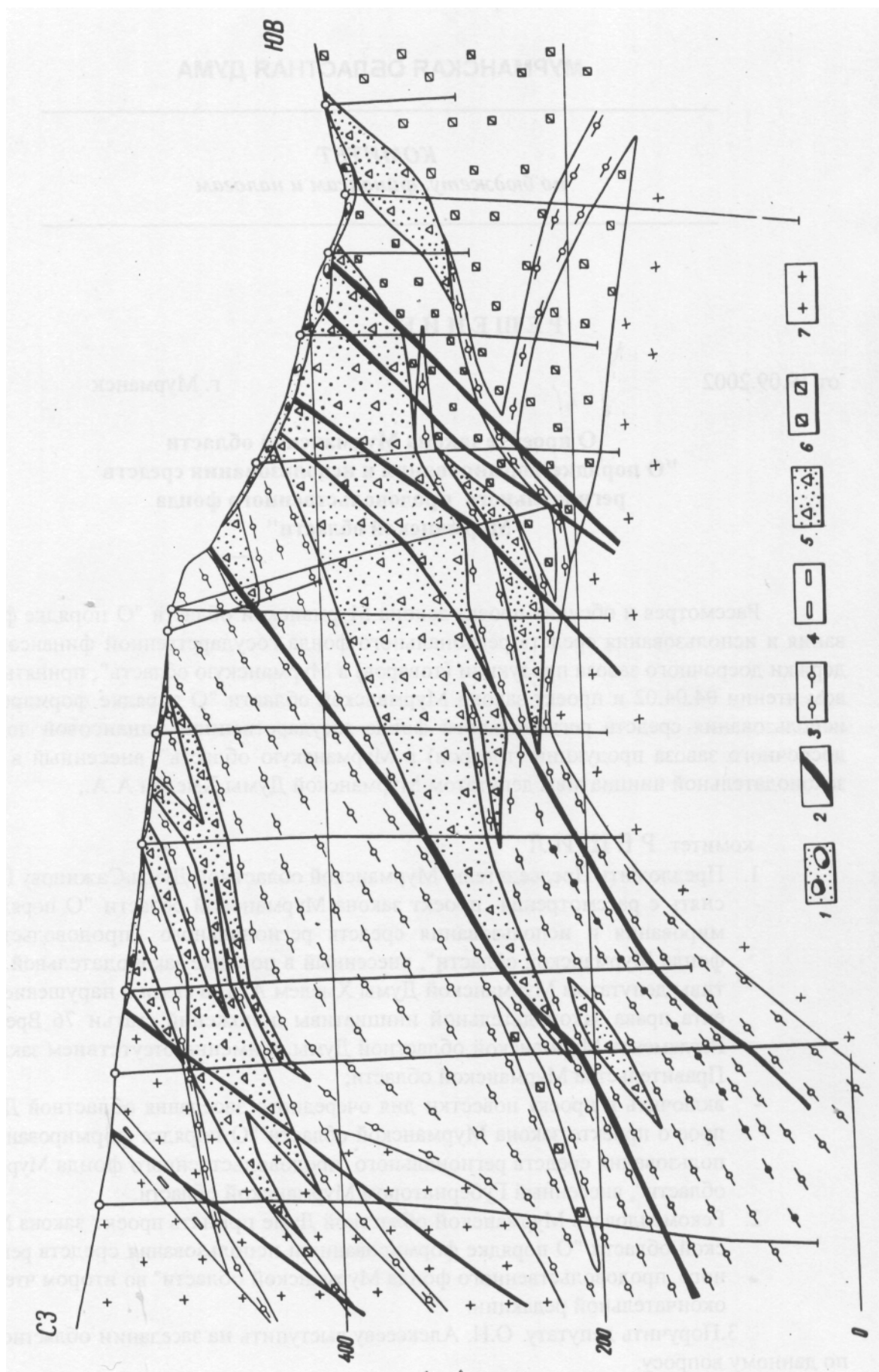


Рис. 13. Размещение Хибинских месторождений и рудопроявлений в структуре продуктивной ийолит-уртитовой интрузии

Месторождения: I – Партомчорр, II – Куэльпор, III – Снежный Цирк, IV – Кукисвумчорр, V – Юкспор, VI – Апатитовый Цирк, VII – Расвумчорр, VIII – Коашва, IX – Ньоркпрахк, X – Олений Ручей.

1 – лявочоррит; 2 – уртит-ийолит-мельтейгит; 3 – сфен-апатитовая руда; 4 – апатито-нефелиновая руда; 5 – рудная брекчия; 6 – уртит; 7 – рисчоррит; 8 – хибинит.



Важнейшим фактором интенсификации работ на всех стадиях геологоразведочного процесса является применение наукоёмких компьютерных технологий, которые включают совокупность программных средств для реализации функций сбора, хранения и обработки информации в геологоразведке производстве. Они являются необходимым элементом хранения геологической информации, доступа к накопленным данным и получения новой информации, обеспечивают быстрый поиск, пополнение, сопоставление данных, их группировку по заданным признакам, многовариантность статистической обработки, выдачу преобразованной и сгруппированной информации в виде таблиц, графиков и текстов.

Основные задачи по использованию компьютерных технологий:

- преобразование, анализ, синтез и интерпретация информации;
- управление (БД) первичной геологической информации.

По завершению поисковых, оценочных и разведочных работ на объекте составляется геологический отчёт. Отчёт о результатах работ является итоговым документом и содержит исчерпывающие сведения о выполненной работе: целях, задачах и методах их решения, а также о результатах, выводах и рекомендациях. Содержание, оформление отчёта о геологическом изучении недр, порядок его рассмотрения и утверждения регламентируются специальными инструкциями.

Изложение результатов геологического изучения недр должно отвечать требованиям объективности и убедительности аргументации, полноты и чёткости изложения фактического материала, точности формулировок, исключающих неоднозначного толкования установленных фактов. Это, однако, не исключает необходимости критического анализа дискуссионных представлений о геологической структуре объекта, проблемах рудообразования и перспективах оценки прогнозных ресурсов и подсчёта запасов.

Так, на ранних стадиях изучения одного из Хибинских месторождений были предложены неоднозначные, взаимно исключающие варианты геометризации рудных интервалов по разведочным скважинам, основанные на различных взглядах об условиях рудообразования.

ЭКСПЕРТИЗА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Материалы отчётов по завершённым геолого-съёмочным, поисковым и разведочным работам, результаты научно-методических исследований в области изучения недр подлежат обязательной экспертизе. Государственная экспертиза геологической, технико-экономической и экологической информации о запасах полезных ископаемых осуществляется с целью рационального использования недр, соблюдения интересов государства и недропользователя, объективной экономической оценки запасов полезных ископаемых в недрах и их достоверного государственного учета.

Впервые Особая комиссия по запасам полезных ископаемых (ОКЗ) была создана в 1927 г. при Геологическом комитете для «... систематического проведения работ по квалификации и утверждению цифр запасов полезных ископаемых, получаемых при разведочных работах». В последующем Комиссия неоднократно преобразовывалась – от подразделения в составе Геолкома и Министерства геологии до самостоятельного государственного органа по подсчету запасов при Совете Министров СССР.

В настоящее время Федеральное государственное учреждение ГКЗ (ФГУ ГКЗ) проводит экспертизу и учет запасов/ресурсов минерального сырья, принимает решения о вовлечении месторождений в промышленное освоение, о постановке запасов на государственный учет и о списании их с баланса при утрате промышленного значения (табл. 27).

За период деятельности ГКЗ накоплен огромный фактический материал по геологоразведке, методологии подсчета запасов и их достоверности, геолого-экономической оценке и технологии разработки месторождений различных видов полезных ископаемых. Этот опыт обобщен в ряде методических инструкций:

- классификациях запасов месторождений и прогнозных ресурсов, в которых изложены принципы подсчета, оценки и учета запасов/ресурсов в недрах по степени их изученности и по экономическому значению;
- методических рекомендациях по применению классификаций запасов к месторождениям полезных ископаемых, содержащих требования к полноте и качеству геологической информации, необходимой для принятия решения о вовлечении запасов в промышленное освоение (или о необходимости доразведки месторождения);

– требования к материалам отчётов и ТЭО кондиций и подсчета запасов, содержащих общие правила составления, оформления и порядка представления этих материалов на государственную экспертизу.

Эти руководства и инструкции разработаны с учётом сложившихся в стране рыночных отношений, современных научно-технических достижений в области разведки, добычи и переработки минерального сырья и поэтому представляют собой научно-методические основы геолого-экономической оценки месторождений полезных ископаемых. Классификации запасов и прогнозных ресурсов адаптированы применительно к международной практике.

Таблица 27

Функции государственной экспертизы геологической информации

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМИССИЯ ПО ЗАПАСАМ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (ГКЗ)	
Экспертиза материалов подсчета запасов полезных ископаемых и ТЭО кондиций с целью объективной оценки подготовленности месторождения к промышленному освоению и постановки запасов на государственный учет	Экспертиза материалов оперативного изменения состояния МСБ в результате разведки и переоценки с целью достоверного государственного учета движения запасов
Экспертиза технических проектов на разработку месторождений с целью рационального освоения отечественной МСБ	Научно-методические разработки в области ГРП и подсчета запасов полезных ископаемых
Участие в деятельности Европейской экономической комиссии ООН по вопросам классификации и учета запасов/ресурсов полезных ископаемых, стандартизации и терминологии	Научно-исследовательские работы по совершенствованию государственной экспертизы в недропользовании

Главной задачей государственной экспертизы является проверка обоснованности и достоверности подсчёта запасов, всесторонняя оценка промышленного значения и подготовленности месторождения для промышленного освоения. Особое внимание при экспертизе материалов обращается на использование при производстве геологоразведочных работ новейших научно-технических достижений в области изучения недр, добычи и переработки минерального сырья.

Подробному рассмотрению и проверке подлежат следующие вопросы:

– соответствие геологических построений первичной документации, обоснованности авторских выводов о генезисе и структуре месторождения

морфологии тел полезных ископаемых, условиях их залегания, качестве минерального сырья и степени изменчивости основных параметров, характеризующих месторождение;

- обоснованности принятой методики и объёмов работ, технических средств разведки, характера и плотности разведочной сети выработок;

- правильности направления, методики и техники опробования для определения качественного состава и свойств полезного ископаемого, достаточности объёмов аналитических работ и технологических испытаний для обоснования рационального использования минерального сырья;

- обоснованности выводов по гидрогеологическим и горнотехническим условиям эксплуатации месторождения;

- соблюдения обязательных требований по оценке запасов попутных ценных компонентов и полезных ископаемых и экологических последствий разработки месторождения;

- соответствия принятого метода подсчёта запасов геологическим особенностям месторождения и параметрам разведочной сети выработок.

Приоритетной задачей ГКЗ в современных условиях является применение компьютерных технологий моделирования месторождений, автоматизированных методов подсчета и комплексной оценки запасов полезных ископаемых и создание информационной базы данных. Внедрение этих прогрессивных технологий позволит повысить качество экспертиз и сократить сроки их проведения.

Решение Федерального государственного учреждения ГКЗ по экспертизе материалов отчёта является обязательным для постановке (или снятия с учёта) запасов месторождения.

Контрольные вопросы

1. Содержание первичной, промежуточной и сводной геологической документации.

2. Требования к обеспечению полноты и достоверности сбора и обработки информации на разных стадиях геологоразведочного процесса.

3. Перспективы внедрения компьютерных технологий в сборе, обработке и обобщении данных геологического изучения недр.

3. Государственная экспертиза результатов геологоразведочных работ.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Любая производственная деятельность человека, особенно связанная с применением технических средств – строительство, транспорт, разведка месторождений, добыча и переработка полезных ископаемых, неизбежно оказывает негативное воздействие на состояние природной среды. Влияние разведки и разработки месторождений на экосистемы выражается в нарушении природного ландшафта, изменении режима поверхностных и подземных вод, загрязнении воздушного и водного бассейнов, в снижении продуктивности земель (вплоть до вывода их из сельскохозяйственного оборота), в других негативных последствиях. Поэтому изучение и прогнозирование влияния горно-разведочных работ на окружающую природу и здоровье населения является обязательной составной частью ГРР.

Геоэкологические исследования проводятся на всех стадиях изучения недр, начиная от геологической съёмки и поисков до завершения разведки рудного объекта, с целью оценки степени ущерба, наносимого окружающей среде в результате освоения месторождения, и обоснования наиболее безопасного варианта его разработки. Предотвращение или снижение вредных последствий, наносимых природе в процессе ГРР и, тем более, при добыче и переработке полезных ископаемых возможно только при наличии максимально полной геологической информации об условиях эксплуатации рудного объекта. Такая информация может быть получена в процессе проведения поисков и разведки. Методика, технология выполнения и необходимые расходы на проведение геоэкологических исследований включаются в проектно-сметную документацию. Участки проведения работ предварительно согласовывается с органами государственного горного надзора и местной власти, которые призваны обеспечивать соблюдение пользователями недр установленных законом всех норм и правил по геологическому изучению, использованию и охране недр.

В период разведки месторождений выполняются специализированные экологические исследования, предусмотренные «Временными требованиями к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду» [...]. После окончания поисков и разведки на объекте проводится восстановление (рекультивация) нарушенных земельных участков и приведение их в состояние, пригодное для дальнейшего использования.

Экологические исследования охватывают широкий круг вопросов, необходимых для оценки воздействия горнодобывающего на все объекты экосистемы: атмосферный воздух, водный бассейн, рельеф, почвы, растительный и животный мир, природные охраняемые территории и историко-культурные памятники. Особое внимание уделяется объектам, вызывающим наибольшую озабоченность населения, проживающего на данной территории.

По завершению разведки должна быть получена исчерпывающая информация, достаточная для обоснования проектов разведочных кондиций на минеральное сырьё и разработки месторождения [...].

Геоэкологические исследования завершаются экономической оценкой природоохранных мероприятий, определением стоимостных показателей затрат на реализацию этих мероприятий по смягчению неизбежного воздействия разработки месторождения на экосистему, а также затрат на погашение ущерба, наносимого природе, народному хозяйству и населению.

В проекте освоения рудного объекта рассматриваются несколько вариантов вскрытия и отработки месторождения разными способами, несколько схем обогащения и переработки минерального сырья на конечный продукт. При оценке наиболее оптимального варианта предпочтение отдаётся тому варианту, реализация которого не представляет угрозы для здоровья и жизнедеятельности населения и исключает экологически опасное воздействие при добыче, переработке продукции и отходов горного и обогатительного производств.

Контрольные вопросы

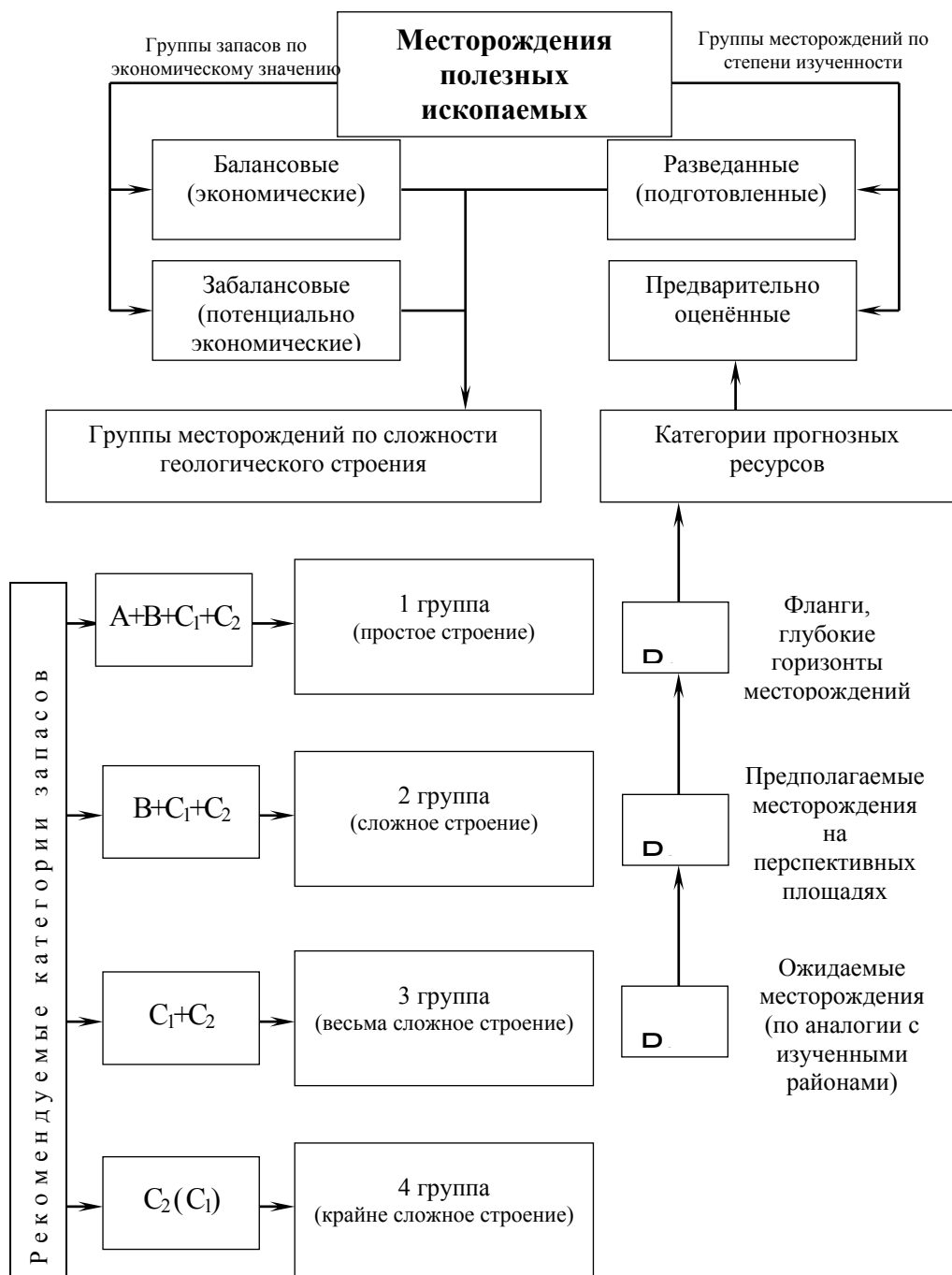
КЛАССИФИКАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Любая классификация - это система соподчинённых понятий (классов объектов) в какой-либо отрасли знаний, используемая для установления связей между этими понятиями и для ориентировки в их многообразии. Классификация месторождений полезных ископаемых и минеральных ресурсов - это обобщение систематизированных знаний о ценности недр для эффективного управления их изучением. В зависимости от объекта и поставленной цели геологического изучения предложены различные классификации (группировки объектов), отражённые в отраслевых инструкциях.

«Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твёрдых полезных ископаемых» (ГКЗ, 1997) разработана с целью унификации принципов подсчёта, оценки и государственного учёта запасов и ресурсов минерального сырья. Требования, положенные в основу «Классификации...» обязательны для всех недропользователей на территории РФ при разведке и разработке месторождений полезных ископаемых.

Государственному учёту подлежат выявленные и экономически оценённые (на стадиях поисков и разведки) запасы полезных ископаемых, если их количество и качество, промышленное значение и условия добычи и переработки подтверждены государственной экспертизой, т.е. в установленном порядке утверждены ГКЗ или её территориальным подразделением (ТКЗ). Запасы подсчитываются, а прогнозные ресурсы оцениваются, раздельно по каждому виду полезных ископаемых и по направлениям их возможного промышленного использования.

Запасы полезных ископаемых в недрах подсчитываются в соответствии с экономически обоснованными кондициями, подтверждёнными государственной экспертизой, по результатам ГРР или эксплуатационной разведки месторождений в процессе их изучения и промышленного освоения. Запасы подсчитываются без введения поправок на неизбежные потери и разубоживание при добыче, обогащении и переработке (под разубоживанием понимается снижение качества добытых руд за счёт околорудных вмещающих пород).



Кондиции - требования промышленности к качеству и количеству запасов конкретного месторождения (группы месторождений), условиям их добычи и технологии переработки для обеспечения наиболее полного комплексного и безотходного использования на рациональной экономической основе с учётом экологических последствий эксплуатации.

Ресурсы оцениваются по категориям прогноза в целом по бассейнам, рудным районам, полям, узлам, флангам и глубоким горизонтам месторождений, исходя из благоприятных геологических предпосылок и обоснованной аналогии с известными месторождениями, а также по материалам геолого-съёмочных, геофизических и геохимических работ.

Классификация ГКЗ включает группировки месторождений по сложности геологического строения, степени их изученности, а запасов и ресурсов по категориям и экономическому значению.

В учебном пособии рассматриваются классификационные системы, которые используются в практической геологии и определяют выбор оптимальной методики разведки месторождений полезных ископаемых.

1. Группировка месторождений по сложности геологического строения

Выбор рациональной системы и метода разведки месторождения определяется рядом факторов: размерами и формами рудных тел, их взаимным размещением, масштабами развития тектонических нарушений, сложностью геологического строения, степенью изменчивости качества полезного ископаемого компонентов в направлении простирание-падение. Эти факторы влияют на взаимное расположение разведочных выработок, на параметры и геометрию разведочной сети. Эффективность подготовки запасов и оптимальная степень их разведанности по категориям зависит от размеров месторождения (масштабов запасов), глубины залегания рудных тел и сложности геологического строения – степени изменчивости морфологии залежей, качества руд, распределения полезных компонентов и тектонической нарушенности.

«Классификации запасов и прогнозных ресурсов...» (ГКЗ, 1981) месторождения по сложности геологического строения подразделялись на три группы – простые, средние и сложные. Прежде критерии для оценки сложности геологического строения относились к месторождению в целом, что вызывало разные толкования в тех случаях, когда месторождение представлено рудными телами с разной степенью изменчивости морфологии и качества руд. Принадлежность месторождений к той или иной группе сложности обычно определялась с учётом особенностей геологического строения основных рудных тел, заключающих в себе не менее 70% общих запасов. Предпринятые геологами-разведчиками попытки количественно оценить изменчивость параметров, определяющих сложность геологического строения, оказались безрезультатными.

Новой Классификацией (ГКЗ, 1997) это разночтение устранено: оценочные критерии применяются для определения сложности отдельных

рудных тел, слагающих месторождение. Классификация дополнена группой месторождений с мелкими по размерам рудными телами с чрезвычайно сложным строением, изменчивой мощностью, внутреннего строения, крайне неравномерным качеством полезного ископаемого или гнездовым распределением ценных компонентов.

Таблица 28

Классификация месторождений по сложности геологического строения

Группы месторождений (участков)			
1-ая группа	2-я группа	3-я группа	4-я группа
<i>Сложность геологического строения</i>			
Простое	Сложное	Очень сложное	Весьма Сложное
<i>Размеры рудных тел</i>			
Крупные и весьма крупные	Крупные и средние	Средние или мелкие	Мелкие, реже средние
<i>Условия залегания рудных тел</i>			
Ненарушенные или слабо нарушенные	Нарушенное	Интенсивно нарушенное	Чрезвычайно нарушенное
<i>Изменчивость морфологии рудных тел</i>			
Устойчивые	Неустойчивые (устойчивые)	Очень изменчивые (изменчивые)	Резко изменчивые
<i>Изменчивость качественных характеристик полезных ископаемых</i>			
Выдержанное	Выдержанное	Невыдержанное (очень невыдержанное)	Крайне неравномерное
<i>Распределение полезных компонентов руд</i>			
Равномерное	Равномерное (неравномерное)	Неравномерное (очень неравномерное)	Прерывистое (гнездовое)
<i>Рекомендуемые категории запасов</i>			
A+B+C ₁ +C ₂	B+C ₁ +C ₂	C ₁ +C ₂	C ₂

Месторождения и составляющих их рудных тел по сложности геологического строения принято подразделять на 4 группы, причём отнесение их к определённой группе основано на качественной оценке этих параметров (табл. 33). Классификационные критерии, приведенные в таблице, взаимно независимы: крупные месторождения могут иметь сложную внутреннюю организацию; наоборот, мелкие по размерам рудные тела могут обладать простой морфологией и не быть затронутыми тектоническими нарушениями. Поэтому принадлежность рудных тел к той или иной группе сложности определяется с учётом каждого из признаков. Итоговая оценка степени сложности геологического строения рудного тела выставляется по наиболее изменчивому показателю.

С целью объективного отнесения месторождений к соответствующей группе сложности геологического строения рекомендуется использовать количественные показатели сложности рудных тел и изменчивости основных свойств оруденения: коэффициентов рудоносности и вариации мощности рудных тел, средних содержаний полезных компонентов по рудным пересечениям (интервалам), образующим подсчётный блок.

2. Классификация месторождений по степени их изученности

По степени геологической изученности месторождения полезных ископаемых подразделяются на разведанные и оценённые (табл. 29).

Запасы, их качество, технологические свойства, а также гидрогеологические и горнотехнические условия разработки *разведанных* месторождений должны быть изучены по скважинам и горным выработкам с детальностью, достаточной для технико-экономического обоснования проектирования строительства на их базе горнодобывающего предприятия и для решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение.

Оценённые месторождения должны быть изучены с полнотой, позволяющей обосновать целесообразность проведения последующей разведки и разработки.

Таблица 29

Классификация месторождений по степени их изученности

Разведанные	Оцененные
<i>Обеспечивается возможность квалификации запасов по категориям</i>	
По категориям, соответствующим группе сложности геологического строения	Всех или большей части запасов по категории С ₂
<i>Изученность вещественного состава и технологических свойств промышленных типов и сортов полезных ископаемых</i>	
Изучены с детальностью, достаточной для проектирования рациональных технологий их переработки с комплексным извлечением полезных компонентов, имеющих промышленное значение и определение направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования или захоронения	Оценены с полнотой, необходимой для выбора оптимальной технологической схемы переработки, обеспечивающей рациональное и комплексное использование полезных ископаемых
<i>Изученность гидрогеологических, инженерно-геологических, горнотехнических условий добычи</i>	
Изучены с детальностью, обеспечивающей	Изучены с полнотой,

получение исходных данных для составления проекта разработки месторождения с учетом требований экологии и техники безопасности горных работ	позволяющей предварительно охарактеризовать их основные показатели
<i>Достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии тел полезных ископаемых</i>	
Подтверждены на представительных участках детализации, размер и положение которых определяются недропользователем в зависимости от геологических особенностей полезных ископаемых	Подтверждены на участках детализации
<i>Обоснованность подсчетных параметров кондиций</i>	
Установлены на основании технико-экономических расчетов (ТЭР), позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности	Установлены по укрупнённым ТЭР или приняты по аналогии с месторождениями, находящи-мися в сходных и горно-геологических условиях
<i>Оценка возможных последствий разработки месторождения на окружающую природную среду</i>	
Рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий	Рассмотрено и оценено возможное влияние отработки месторождения на окружающую среду
<i>Изученность комплексного состава полезных ископаемых</i>	
Запасы попутных полезных ископаемых, в том числе пород вскрыши и подземных вод, отнесенные на основании кондиций к балансовым должны быть изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования	Не требуется

3. Категории запасов полезных ископаемых

По степени разведанности запасы полезных ископаемых подразделяются на категории А, В, С₁ и С₂. При разделении запасов по категориям могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчётных параметров.

Запасы попутных полезных компонентов, имеющих промышленное значение, подсчитываются в контурах запасов основных компонентов и оцениваются по категориям в соответствии со степенью их изученности, характера распределения и формами нахождения. Право определять рациональное соотношение запасов по категориям предоставляется недропользователю. Количество разведочных выработок, достаточных для обеспечения достоверности определения основных показателей подсчета запасов по категориям классификацией не оговаривается. В зависимости от сложности строения В.М. Борзунов [] считает оптимальным следующее количество рудных пересечений для подсчётного блока: для рудных тел:

- выдержанной мощности и равномерным качеством сырья – 9;
- невыдержанной мощности и неравномерным качеством сырья – 16;
- резко изменчивой мощности или исключительно невыдержанным качеством – 25.

Таблица 30

Критерии для обоснования запасов по категориям

<i>Принципы выделения категорий запасов по степени разведанности</i>	
A	Выделяются на участках детализации месторождений 1 группы
B	Выделяются на участках месторождений 1 и 2 групп
C ₁	Составляют основную часть запасов месторождений 1, 2 и 3 групп, а также выделяются на участках детализации месторождений 4 группы
C ₂	Выделяются при разведке месторождений всех групп сложности, а на месторождениях 4 группы составляют основную часть запасов
<i>Морфология и внутреннее строение рудных тел</i>	
A	Установлены размеры, форма и условия залегания рудных тел; изучены характер и закономерности изменчивости их формы и внутреннего строения; выделены и оконтурены внутрирудные некондиционные участки
B	Установлены размеры, основные особенности и изменчивость формы и внутреннего строения, условия залегания рудных тел и пространственное размещение внутрирудных некондиционных участков
C ₁	Выяснены размеры и характерные формы рудных тел, основные особенности условий их залегания и внутреннего строения; оценены изменчивость и прерывистость рудных тел, а также возможное развитие малоамплитудных тектонических нарушений

C ₂	Размеры, форма, внутреннее строение рудных тел и условия залегания оценены по геолого-геофизическим данным и подтверждены вскрытием полезного ископаемого ограниченным количеством скважин и горных выработок
<i>Тектоническая обстановка</i>	
A	При наличии разрывных нарушений установлены их положение и амплитуда смещения
B	Установлены положение и амплитуды смещения крупных разрывных нарушений, охарактеризована возможная степень развития малоамплитудных нарушений
C ₁	Оценены изменчивость и возможная прерывистость тел полезного ископаемого, а также возможного развития малоамплитудных тектонических нарушений
C ₂	Не требуется
<i>Природные и промышленные (технологические) типы и сорта руд</i>	
A	Определены, выделены и о контурены природные и промышленные (технологические) типы и сорта полезного ископаемого, установлены их состав и свойства; качество выделенных типов и сортов охарактеризовано по всем параметрам, предусмотренным кондициями
B	Определены природные разновидности, выделены и при возможности о контурены промышленные (технологические) типы полезного ископаемого или установлены закономерности их пространственного распределения и количественного соотношения; качество выделенных типов и сортов охарактеризовано по всем параметрам, предусмотренным кондициями
C ₁	Определены природные разновидности и промышленные (технологические) типы полезного ископаемого, установлены общие закономерности их пространственного распределения и количественные соотношения; качество выделенных типов полезного ископаемого охарактеризовано по всем параметрам, предусмотренным кондициями
C ₂	Не требуется
<i>Минеральные формы распределения полезных компонентов</i>	
A	Изучены распределение и формы нахождения в минералах и продуктах переделов полезного ископаемого ценных и вредных компонентов
B	Определены минеральные формы нахождения полезных и вредных компонентов
C ₁	Установлены минеральные формы нахождения полезных и вредных компонентов
C ₂	Не требуется
<i>Оконтуривание запасов в соответствии с требованиями кондиций</i>	
A	Контур полезного ископаемого определён по результатам детального опробования скважин и горных выработок
B	Контур запасов определён по результатам опробования скважин и горных выработок с включением в него зоны экстраполяции, обоснованной геологическими критериями, данными геофизических и геохимических исследований

C ₁	Контур запасов определён по результатам опробования скважин и горных выработок с учётом данных геофизических и геохимических исследований и геологически обоснованной экстраполяции
C ₂	Контур запасов определён на основании опробования ограниченного количества скважин, горных выработок и обнажений с учётом геофизических и геохимических данных и геологических построений или геологически обоснованной экстраполяции параметров, определённых при подсчёте запасов более высоких категорий

4. Классификация запасов по балансовой принадлежности

По экономическому значению запасы полезных ископаемых подразделяются на две группы, которые подлежат отдельному подсчёту при разведке и государственному учёту (табл. 31):

- 1) балансовые (экономические и гранично экономические);
- 2) забалансовые (потенциально экономические).

Оценка балансовой принадлежности запасов полезных ископаемых производится по результатам завершённых ГРП на основании специальных расчётов, подтверждённых государственной экспертизой.

Забалансовые запасы учитываются только в тех случаях, если установлена возможность их сохранения в недрах или складирования для последующего извлечения.

Требования к содержанию, оформлению и порядок представления материалов по ТЭО кондиций на государственную экспертизу и утверждение регламентируются Инструкцией ГКЗ. Соблюдение этих требований должно обеспечивать возможность проведения экспертизы в отсутствие автора. Утвержденные ГКЗ параметры кондиций являются основанием для подсчета запасов разведанного месторождения (или пересчета запасов разрабатываемого месторождения).

По экономическому значению запасы полезных ископаемых подразделяются на две группы, которые подлежат отдельному подсчёту при разведке и государственному учёту: балансовые (экономические и гранично экономические) и забалансовые (потенциально экономические).

Таблица 31

Критерии балансовой принадлежности запасов

Балансовые (экономические)	Забалансовые (потенциально-экономические)
<i>Экономическая эффективность освоения обоснована</i>	
В ТЭО доказана экономическая эффективность извлечения запасов в условиях конкурентного рынка при использовании техники и технологии добычи и переработки сырья, обеспечивающих соблюдение требований по рациональному использованию недр и охране окружающей среды	Запасы, отвечают требованиям, предъявляемым к балансовым запасам, но их использование на момент оценки невозможно по горнотехническим, правовым, экологическим или другим обстоятельствам
<i>Экономическая эффективность освоения проблематична</i>	
Согласно ТЭО на момент оценки извлечение запасов не обеспечивает экономически приемлемую эффективность их разработки в условиях конкурентного рынка из-за низких технико-экономических показателей, но освоение становится экономически возможным при осуществлении со стороны государства социальной поддержки недропользователя в виде налоговых льгот и субсидий	Извлечение запасов экономически нецелесообразно из-за низкого содержания полезного компонента, малой мощности тел полезных ископаемых или особой сложности условий их добычи и переработки, но в ближайшей перспективе может стать экономически эффективным в результате повышения цен на сырьё или при техническом прогрессе, обеспечивающим снижение издержек производства

Оценка балансовой принадлежности запасов полезных ископаемых производится по результатам завершённых геологоразведочных работ или по данным эксплуатации на основании специальных расчётов – технико-экономических обоснований (ТЭО) разведочных или эксплуатационных кондиций, подтверждённых государственной экспертизой.

Забалансовые запасы учитываются только в тех случаях, если установлена возможность их сохранения в недрах или складирования для последующего извлечения.

5. Международная классификация запасов полезных ископаемых

Приоритетной задачей в области недропользования является обеспечение оптимальных соотношений уровня воспроизводства и добычи минерального сырья, нарушенного в период рыночных реформ. Одним из направлений по преодолению сложившейся ситуации является совершенствование законодательной базы по созданию благоприятного инвестиционного климата прежде всего для иностранных инвесторов.

Методологические разночтения, исторически сложившиеся в российской и мировой практике по определению места объектов минерального сырья в классификационных системах, затрудняют развитие интеграционных процессов в минерально-сырьевом комплексе.

Оценочные критерии, принятые в отечественной геологической отрасли для классификации запасов и ресурсов по степени разведанности и экономической эффективности, не сопоставимы с используемыми в разных странах. В этом отношении действующие в российской практике классификации разведанных запасов и прогнозных ресурсов минерального сырья следует признать наиболее разработанными.

С целью унификации понятийного аппарата и классификационных критериев для переоценки запасов и ресурсов минерального сырья на принципах рыночной экономики Европейской экономической комиссией (ЕЭК) ООН при участии России разработан проект «Международной рамочной классификации ООН запасов/ресурсов месторождений». Международная классификация должна способствовать интеграции стран с рыночной и переходной экономикой в международное сотрудничество в области геологического изучения и использования недр, повышению привлекательности инвестиций в освоение МСБ.

Классификация ООН основана на ранжировании запасов/ресурсов по степени экономической эффективности освоения (ось E), экономико-технологической (ось F) и геологической изученности (ось G). Она содержит в матричной форме информацию по рудному объекту и графически представлена трехмерной моделью:

- по степени геологической изученности (ось G): разведка (exploration), предварительная разведка (prefeasibility exploration), поиски (general prospecting) и рекогносцировка (reconnaissance);
- по технико-экономической подготовленности (ось F): детальная оценка (ТЭО) или Горный доклад (feasibility study / mining report),

предварительная оценка или ТЭД, ТЭР (prefeasibility study) и начальная оценка на основе геологических параметров или ТЭС (geological study / initial evaluation);

- по экономической эффективности освоения (ось Е): экономические (economic or balance), потенциально экономические (potentially economic or off-balance) и возможно экономические (intrinsically economic or not categorized) запасы/ресурсы.

Таблица 32

Классификации запасов / ресурсов полезных ископаемых,
принятые в России и в США

Федеральное агентство по недропользованию МПР РФ					Геологическая служба США
Категории разведанных запасов	Группы месторождений по степени сложности геологического строения				Уровень обоснованности (достоверности) разведанных запасов
	I	II	III	IV	
A	+	-	-	-	Доказанные запасы (proved reserves)
B	+	+	-	-	
C ₁	+	+	+	-	Измеренные запасы (measured reserves)
C ₂	+	+	+	+	Отмеченные (indicated reserves)
Категории прогнозных ресурсов	Уровень обоснованности (достоверности) прогнозных ресурсов				
P ₁	Выявленные рудопроявления, фланги известных месторождений				Предполагаемые (гипотетические)
P ₂	Положительная оценка рудных объектов выявленных в процессе поисков				Теоретически возможные
P ₃	Благоприятные геологические предпосылки для выявления рудных объектов				Подразумеваемые (умозрительные)

Каждому рудному объекту (месторождению) в этой модели присваивается трехзначный номер (код). Порядковый номер кода соответствует занимаемому классу в системе EFG. Например, код класса (234) соответствует потенциально экономическим ресурсам (цифра 2 по оси Е), показатели освоения которых приняты по аналогии с известным объектом (цифра 3 по оси F) и оценены на рекогносцировочной стадии (цифра 4 по оси G). Матричная форма кодирования запасов / ресурсов обеспечивает непротиворечивое, достаточно достоверное ранжирование

рудных объектов по совокупному сочетанию критериев экономико-геологической и технико-технологической изученности.

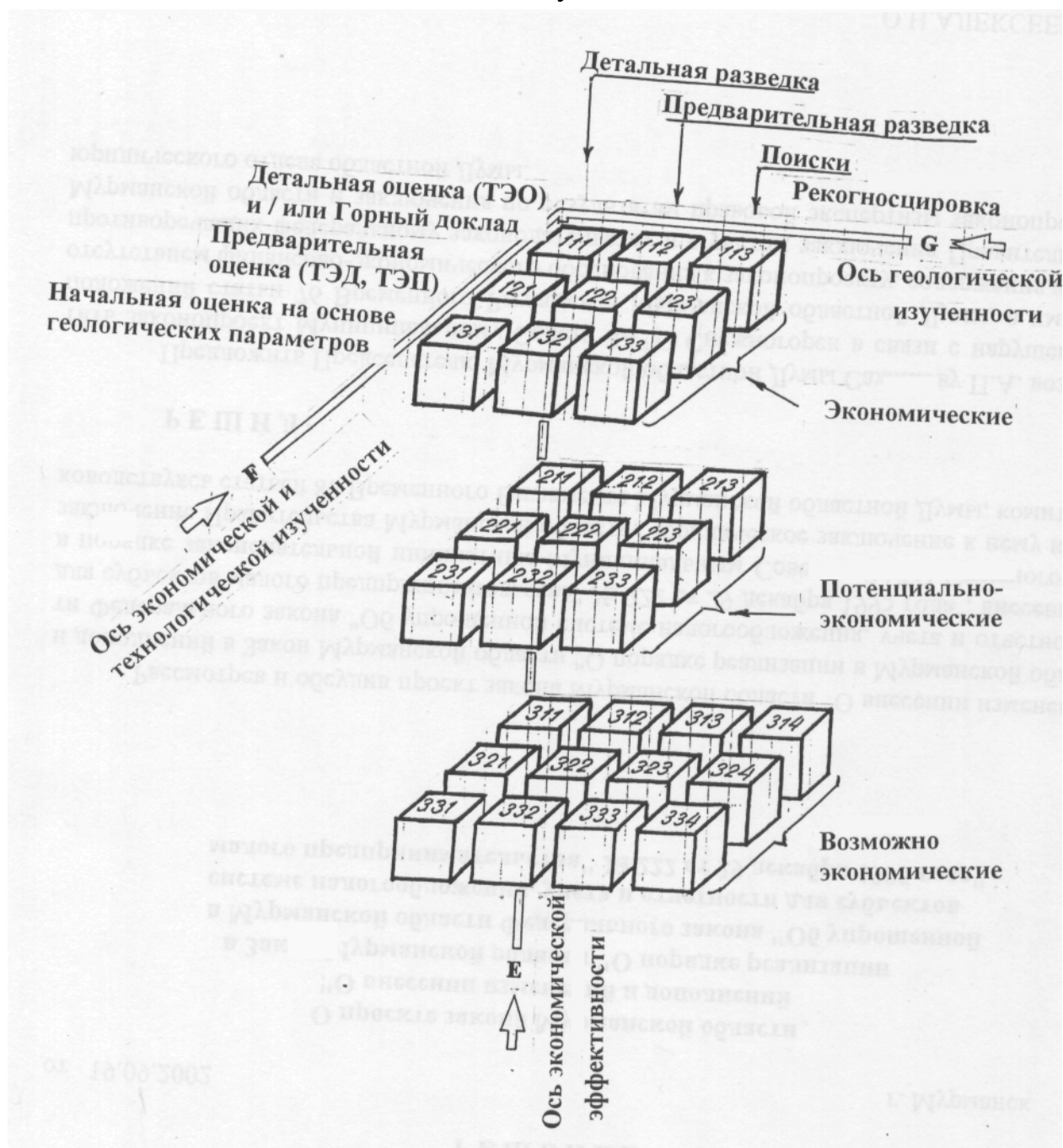


Рис. . Проект Международной рамочной классификации ООН запасов/ресурсов месторождений».

Секретариатом ЕЭК ООН рекомендовано странам-участникам разработки проекта провести исследования по интеграции существующих на национальном уровне классификационных критериев, понятий и терминов в рамочную классификацию ООН. Однако в условиях российской действительности реализовать эту рекомендацию и провести инвентаризацию ранее созданной минерально-сырьевой базы на рыночных

принципах не представилось возможным. Такие исследования должны сопровождаться геолого-экономической переоценкой запасов и ресурсов десятков-сотен тысяч месторождений и рудопроявлений, большая часть которых находится в распределенном фонде, т.е. передана в пользование, и по этим причинам практически не осуществимы.

В то же время затронутая проблема сохраняет актуальность.

После разработки проекта Международной классификации Федеральным агентством по недропользованию (ФАН МПР РФ) и Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых (ГКЗ) с целью оперативного учета и анализа геолого-экономической изученности, обоснованного выбора технологического режима и направлений ГРП, был принят ряд нормативных актов, отменяющих действие прежних методических положений: «Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» (1977), «Положение о порядке проведения ГРП по этапам и стадиям» (1999), требования промышленности к минеральному сырью (1997) дополнены категорией эксплуатационных кондиций, которые подлежат периодическому пересмотру в связи с изменениями внутренних и внешних факторов.

Поскольку методические инновации были внесены после разработки Международной классификации, они не могли получить в ней отражения, однако были реализованы в процессе исследования по адаптации обеих классификационных систем. Применяемые в отечественной горно-геологической практике термины и определения имеют сопоставимые аналоги в странах мирового сообщества (табл. 32).

Таблица 32

Сопоставление Российской и Международной классификаций запасов

Российская классификация	Оценка критерия	Международная классификация
<i>1. Геологическая изученность</i>		
I этап. Работы общегеологического и минерагенического назначения		-
Стадия 1. Региональное геологическое изучение недр и прогнозирование	4	Рекогносцировка (Reconnaissance)
II этап. Поиски и оценка месторождений		-
Стадия 2. Поисковые работы	3	Поиски (Prospecting)
Стадия 3. Оценочные работы	2	Предварительная разведка (General exploration)
III этап. Разведка и освоение месторождения		-
Стадия 4. Разведка месторождения	1	Детальная разведка (Detailed exploration)
Стадия 5. Эксплуатационная разведка		<i>Не предусмотрена</i>
<i>2. Экономическая и технологическая изученность</i>		
Начальная оценка (ТЭС или ТЭР) на основе геологических параметров)	3	Геологическое изучение (Geological study on the basis of geological parameters)
ТЭО разведочных кондиций (ТЭД по аналогии со сходным месторождением)	2	Предварительная оценка (Prefeasibility study)
ТЭО постоянных и / или эксплуатационных кондиций	1	Детальная оценка (Feasibility study and / Mining report)
<i>3. Экономическая эффективность освоения запасов</i>		
<i>Не предусмотрены</i>	3	Возможно экономические (Intrinsically economic)
Забалансовые (потенциально экономические)	2	Потенциально экономические (Potentially economic)
Балансовые (экономические)	1	Экономические (Economic)

Ни в отечественной, ни в Международной классификациях запасы разрабатываемых месторождений не получили отражения, что является упущением. К этой категории запасов относятся подготовленные к выемке запасы в контурах эксплуатационных блоков. Эти запасы формируются на стадии эксплуатационной разведки и освоения, на их подготовку затрачиваются дополнительные средства, что повышает их стоимость.

«Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» (1977) предусматривает:

- запасы месторождений по экономическому значению подразделяются на балансовые (экономические) и забалансовые (потенциально экономические), по степени разведанности - на категории А, В, С₁ и С₂, а прогнозные ресурсы на Р₁, Р₂ и Р₃;

- месторождений по степени изменчивости геологических параметров подразделяются на 4 группы (простого, сложного, очень сложного и крайне сложного строения), для каждой группы регламентируются оптимальные сочетания степени их разведанности по категориям;

- по степени изученности месторождения подразделяются на разведанные и оцененные.

Требования промышленности к минеральному сырью дополнены категорией эксплуатационных кондиций, имеющих геологическое, горно-техническое, технологическое, экологическое и экономическое обоснование (ТЭО). «Положение о порядке проведения геологоразведочных работ (ГРР) по этапам и стадиям» (1999) определяет последовательность и полноту геологического изучения недр с целью оптимизации содержания и технологического режима ГРР, оперативного учета и анализа геолого-экономической изученности для обоснованного выбора направлений ГРР.

Часть числящихся на балансе запасов (особенно глубоких горизонтов разрабатываемых и резервных месторождений) не в полной мере соответствуют международным требованиям к экономическим запасам по степени изученности, подготовленности и эффективности освоения. Поскольку методические инновации были внесены после разработки Международной классификации, они не могли получить в ней отражения, однако были реализованы в процессе исследования по адаптации обеих классификационных систем.

Для определения их места в трехмерной модели целесообразно внести следующие дополнения (рис.):

- по геологической изученности - выделить стадию *эксплуатационной разведки и освоения месторождения*,

- по степени экономико-технологической подготовленности - выделить цикл *освоенной в промышленных масштабах технологии*,

- по уровню экономической эффективности - категорию *промышленно экономических запасов*. Таким запасам присваивается цифровой код 000.

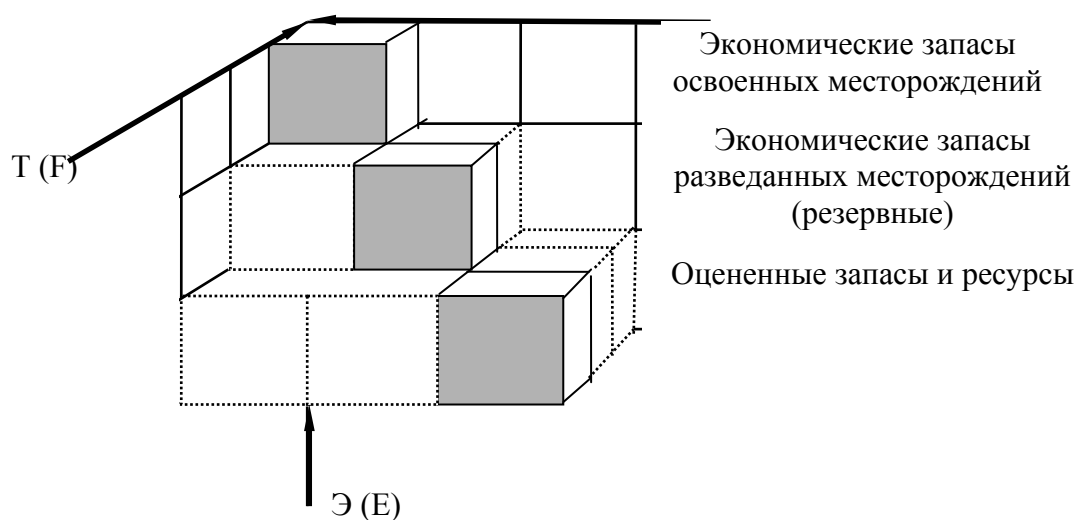


Рис. . Предлагаемая графическая модель Российской классификации запасов и ресурсов, адаптированная к Международной классификации (Е.А. Каменев, 2003).

Установлена принципиальная возможность унификации определений и принципов, используемых в Российской и Международной классификациях запасов и ресурсов на основе критериев геологической изученности, технологической подготовленности и экономической целесообразности освоения объектов минерального сырья.

Таблица 33

Оптимальные соотношения категорий экономической эффективности освоения запасов по степени технолого-геологической изученности

Экономико-технологическая подготовленность (ось F)	Этапы геологической изученности (ось G)			
	Стадия 5 Освоение и доразведка)	Стадия 4 Разведка	Стадии 2 и 3 Поиски и оценка	Стадия 1 Региональные работы
Технология освоена в промышленном масштабе	Экономические (извлекаемые) запасы	-	-	-
Детальная оценка (ТЭО или Горный доклад)	-	Экономические (балансовые) запасы	-	-
Предварительная оценка (ТЭД, ТЭР, ТЭС)	-	-	Потенциально экономические (забалансовые) запасы	-
Начальная оценка (на основе аналогии)	-	-	-	Прогнозные ресурсы категорий P_3 и P_2

К недостаткам предложенной классификации относится ее чрезмерная перегруженность за счет включения в матричную форму классов запасов и ресурсов, не имеющих реальных эквивалентов в геологоразведочной практике. Например, изучение объектов с запасами, имеющими сомнительную экономическую эффективность (разряды 3 и 2 по оси Е), обычно прекращается на начальных стадиях геологоразведочного процесса (рекогносцировка, поиски) и, наоборот, высокая экономическая эффективность освоения объектов достоверно устанавливается только на этапе разведки и эксплуатации (разряды 1 и 0), а не в результате поисков и оценки. Поэтому включение в матричную форму запасов/ресурсов по объектам с резко несопоставимыми уровнями геологической и экономико-технологической изученности и экономической эффективности освоения методологически не оправдано.

6. Классификация минерального сырья по областям применения

Таблица 34

Группа		Вид (тип)
Топливо-энергетическое сырьё		
Твёрдое	Уголь, горючие сланцы, торф.	
Жидкое	Нефть	
Газообразное	Природный газ, газовый конденсат	
Металлы		
Черные	Железо (Fe), марганец (Mn), хром (Cr), титан (Ti), ванадий (V)	
Цветные	Алюминий (Al), медь (Cu), никель (Ni), кобальт (Co), цинк (Zn), молибден (Mo), олово (Sn), свинец (Pb), вольфрам (W), висмут (Bi), сурьма (Sb), ртуть (Hg), мышьяк (As), магний (Mg)	
Редкие	Ниобий (Nb), тантал (Ta), цирконий (Zr), галлий (Ga), литий (Li), бериллий (Be), стронций (Sr), редкоземельные элементы (TR), иттрий (Y)	
Рассеянные элементы	Скандий (Sc), германий (Ge), рубидий (Rb), цезий (Cs), кадмий (Cd), индий (In), таллий (Tl), селен (Se), теллур (Te), гафний (Hf), рений (Re)	
Благородные	Золото (Au), серебро (Ag), платина (Pt) и платиноиды	
Радиоактивные	Уран (U), радий (Ra), торий (Th)	
Неметаллические полезные ископаемые		
Технологическое сырьё	Нерудное сырьё для металлургии	Флюсы (флюорит и др.), известняки, огнеупоры, высокоглинозёмистое сырьё - кианит, нефелин, алунит, силлиманит
	Абразивы	Технические алмазы, корунд, топаз, гранат, кварц
	Пьезооптическое сырьё	Пьезокварц, оптический кварц, исландский шпат
	Тепло- и электро-изоляционное сырьё	Асбест, тальк, мусковит, вермикулит, флогопит
	Коллекционные камни и самоцветное сырьё	Алмаз, рубин, сапфир, родонит, чароит, малахит, тингуаит, аметист, эвдиалит, астрофиллит, гранаты и др.
	Сырьё для каменного литья	Диабазы, базальты
Сырьё для стройиндустрии	Строительные и облицовочные камни	Гравий, щебень, блочный камень изверженных и метаморфических пород
	Цементное сырьё и вяжущие материалы	Мергели, известняки, глинистые сланцы, глины, гипс, ангидрит
	Наполнители бетона	Песчано-гравийные смеси
	Гидравлические добавки	Пемза, диатомиты, трепелы, опока, перлит
	Минеральные краски	Охра, умбра
	Стекло-керамическое сырьё	Стекольные пески, полевой шпат (микроклин), каолин
Горнохимическое сырьё		Натриевые соли, сера, фтораты, бораты, сульфаты
		Апатиты, фосфориты, калийные соли, селитра
о д	Подземные	Питьевые, технические, гидротермальные

	Поверхностные	Озёрные, рассолы (рапа и другие), морские
	Минеральные	Бальнеологические воды и илы
	Инертные газы	Гелий (He), неон (Ne), аргон (Ar)

Примечание: курсивом показаны полезные ископаемые, учтённые балансом запасов и кадастрами прогнозных ресурсов по Мурманской области, подчёркнуты – добываемые виды минерального сырья.

Предложенная классификация не охватывает всего разнообразия минеральных ресурсов, в частности, нетрадиционных видов сырья, техногенных отходов горного и перерабатывающих производств, а также не учитывает возможности применения отдельных полезных ископаемых в ряде областей народного хозяйства.

7. Стратегические и дефицитные виды минерального сырья

К *стратегическим видам* минерального сырья относятся полезные ископаемые (минералы, элементы), которые составляют основу отраслей материального производства, обеспечивающих экономическую и оборонную безопасность страны на конкретном этапе ее развития.

Таблица 35

Стратегические виды минерального сырья

Групп минерального сырья по степени дефицитности	Примеры	Ограничения
Добывающие предприятия обеспечены конкурентоспособными на мировом рынке запасами на длительную перспективу; имеется фонд подготовленных резервных месторождений; прогнозный потенциал – надежный	Природный газ, Fe, Ni, Pt, Be	Возможен экспорт сырья
Существующий уровень добычи обеспечен запасами только на ближайшую перспективу; имеется резерв подготовленных месторождений; прогнозный потенциал надежный или удовлетворительный	Нефть, редкие земли, Au, Cu, Pb, Zn, Sb, Sn, Nb, Li, Ge,	Освоение новых месторождений требует крупные инвестиции;
Добывающие предприятия при удовлетворительной обеспеченности не располагают запасами высококачественных руд; имеется резерв	Бокситы, Mo, W, Ti, Zr	Для освоения резервных месторождений требуются крупные инвестиции и совершенствование

подготовленных месторождений с хорошим качеством руд, но с ограниченными запасами; прогнозный потенциал удовлетворительный или ограниченный		технологий обогащения и переработки. Необходим частичный импорт сырья
Остродефицитные виды сырья с ограниченными запасами, реализация прогнозного потенциала возможна в отдаленной перспективе и связана с необходимостью крупных инвестиций	U, Mn, Cr, кварцевое сырье	Необходимы долго-срочные соглашения по импорту и доизучение собственной МСБ

В условиях плановой системы и изоляции от мировой экономики стратегия развития МСБ была ориентирована на обеспечение внутренней и экспортной потребностей во всех видах минерального сырья на необозримую перспективу. Поэтому любое полезное ископаемое, используемое в отраслях народного хозяйства и во внешней торговле, считалось стратегическим.

Распоряжением Правительства РФ (№ 50-р от 16.01.1996 г.) к стратегическим видам минерального сырья относятся: нефть и природный газ, черные металлы (Mn, Cr, Ti), цветные металлы (Cu, Ni, Co, Pb, Mo, W, Sn, Sb), редкие и рассеянные металлы (Zr, Ta, Nb, Be, Y, Sc, Li, Ge, Re), благородные металлы (Au, Ag и платиноиды), а также алмазы и чистое кварцевое сырье.

В зависимости от экономических приоритетов государства, уровня промышленного развития, внешнеполитической обстановки и ряда других факторов этот перечень может варьировать как для отдельных стран, так и для одной страны на определенном историческом этапе. Страны с развитой рыночной экономикой стремятся сохранять собственный фонд недр для будущих поколений, создавать и пополнять минерально-сырьевые резервы за счет развивающихся стран с сырьевой ориентацией экономики.

Часть III

ЭКОНОМИКА ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

КОНДИЦИИ НА МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ

Любое месторождение полезных ископаемых характеризуется только ему присущими особенностями геологического строения, размерами, формой и глубиной залегания рудных тел, качеством и изменчивостью вещественного состава руд, сложностью горно-геологических условий их добычи, обогащения и переработки добытой руды на конечные продукты. Кроме этих природных (внутренних) факторов на экономическую оценку освоения месторождения оказывают влияние внешние факторы: географо-экономическое расположение месторождения, энергетическое обеспечение и транспортная освоенность района, потребность рынка в минеральном сырье, соотношение спроса и предложения на товарную продукцию.

Следует иметь в виду, что эти факторы не остаются неизменными во времени. По материалам ГРР уточняются представления о строении месторождения, качестве руд и масштабах их запасов. В результате погашения запасов при добыче, дополнительного прироста запасов при доразведке, увеличения глубины отработки, совершенствования техники и технологии горно-обогатительного производства периодически возникает необходимость уточнения условий для обеспечения более рационального использования минерального сырья. Стабильность и безубыточность работы горного предприятия зависит также от учета колебаний рыночной конъюнктуры на минеральное сырье и продукты его переработки.

Кондиции на минеральное сырьё представляют собой совокупность взаимосвязанных требований к качеству и количеству полезных ископаемых, условиям их разработки, обеспечивающих наиболее полное комплексное и безопасное использование недр на рациональной экономической основе с учётом экологических последствий эксплуатации.

Кондиции разрабатываются и уточняются в процессе геолого-экономической оценки месторождений по материалам разведки и эксплуатации на основе специального технико-экономического обоснования (ТЭО). В соответствии с этапами геологического изучения и освоения месторождений кондиции разрабатываются как в процессе

подготовки месторождения (*разведочные кондиции*) так и его освоения (*эксплуатационные кондиции*). Разведочные кондиции, в свою очередь, подразделяются на временные и постоянные (табл. 36).

Временные разведочные кондиции разрабатываются для предварительной оценки масштабов месторождения, его экономической значимости с целью сокращения предпринимательского риска финансирования ГРР на объекте, экономическая эффективность будущей разработки которого на момент оценки является сомнительной. Техно-экономические расчеты выполняются по укрупненным показателям. Содержание и порядок рассмотрения временных кондиций устанавливаются самими недропользователями или, по согласованию, с органами управления государственным фондом недр. Они утрачивают силу после утверждения ГКЗ постоянных разведочных кондиций.

Постоянные разведочные кондиции разрабатываются по результатам завершенных ГРР работ с целью определения целесообразности и экономической эффективности промышленного освоения месторождения.

Таблица 36

Стадии подготовки и назначение кондиций на минеральное сырье

Стадии подготовки кондиций	Назначение кондиций
<i>Временные разведочные</i> кондиции разрабатываются по материалам промежуточных стадий разведки и экономической оценки месторождения	Используются для предварительной оценки масштабов месторождения, экономической значимости и обоснования целесообразности продолжения дальнейших разведочных работ
<i>Постоянные разведочные</i> кондиции разрабатываются на основе ТЭО по материалам завершенной детальной разведки	Предназначаются для установления промышленной ценности месторождения и оценки экономической эффективности его вовлечения в освоение (разработку)
<i>Эксплуатационные</i> кондиции разрабатываются в процессе освоения месторождения для уточнения граничных требований к качеству и условиям залегания полезного ископаемого	Применяются для обеспечения безубыточной работы предприятия в случае изменения рыночной конъюнктуры по минеральное сырьё и продукты его переработки и резких колебаний цен на и на энергоресурсы.

ТЭО кондиций должны содержать надежное геологическое, горно-техническое, технологическое, экологическое и экономическое обоснования, обеспечивающие комплексную экономическую оценку

запасов по их балансовой принадлежности, полноту использования как основных, так и попутных полезных ископаемых, оптимальные для конкретного месторождения способы добычи и схемы обогащения руд и переработки на конечные продукты. ТЭО кондиций должно учитывать потребность рынка в данном виде минерального сырья, действующие и перспективные цены на продукты переработки, экологические последствия освоения рудного объекта и предусматривать мероприятия по их предупреждению или снижению вредного влияния на природные условия.

Требования к содержанию, оформлению и порядку представления на государственную экспертизу ТЭО кондиций на минеральное сырье разработаны ГКЗ с учетом рыночных отношений в минерально-сырьевом комплексе. Постоянные разведочные кондиции после утверждения ТЭО используются при подсчете запасов по завершенным ГРР.

Обоснование кондиций – творческая исследовательская работа, направленная на выявление закономерных связей между различными геолого-промышленными и технико-экономическими параметрами с целью выбора наиболее оптимального варианта оконтуривания и эксплуатации месторождения на рациональной основе для обеспечения высокого экономического эффекта при эксплуатации с учетом наиболее полного и комплексного использования и охраны недр.

В геологической части ТЭО освещаются особенности геологического строения месторождения, морфология, размеры, условия залегания и внутреннее строение рудных тел, минеральный и химический состав природных типов и промышленных сортов руд, распределение и характер изменчивости основных и попутных полезных компонентов в объеме рудных тел и их участков. Геологическая изученность месторождения должна быть достаточной для объективной оценки его геологических, горнотехнических, технологических условий, влияющих на определение балансовой принадлежности объекта.

Качество и технологические свойства полезных ископаемых должны быть изучены с детальностью, достаточной для выбора рациональной технологии их обогащения и переработки с комплексным извлечением и промышленным использованием всех ценных компонентов руд.

В ТЭО должна быть рассмотрена возможность использования пород вскрыши, целесообразность селективной (раздельной) выемки внутри-

рудных пород для производства строительных материалов, использование подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Гидрогеологические, инженерно-геологические и другие природные условия должны быть изучены с детальностью, необходимой для составления проекта разработки месторождения. Горнотехническая часть кондиций должна содержать обоснование рациональных способов вскрытия и системы разработки месторождения открытым или подземным способами, контуров карьера, предельной глубины отработки запасов.

Эксплуатационные кондиции разрабатываются недропользователем в процессе освоения месторождения для уточнения граничных требований к качеству добываемого сырья и к условиям его залегания. В отличие от разведочных кондиций, разрабатываемых по укрупненным показателям применительно к месторождению в геологических границах, параметры эксплуатационных кондиций должны быть адаптированы к конкретным обособленным участкам, изолированным рудным телам, дополнительно выявленным в процессе доразведки, эксплуатационным блокам, уступам, существенно отличающимся от средних показателей отработки. ТЭО эксплуатационных кондиций разрабатываются с целью обеспечения необходимого уровня рентабельности на ограниченный срок и утрачивают силу после отработки конкретного участка месторождения.

Эксплуатационными кондициями уточняются величины бортового и минимального промышленного содержаний основных компонентов, а также предусматриваться дополнительные требования, например, по использованию попутных полезных компонентов, пород вскрыши для выпуска дополнительной товарной продукции, которые могут быть извлечены из недр и реализованы на рынке на рациональной экономической основе.

Параметры кондиций – это предельные значения натуральных показателей для подсчета запасов, т.е. такие граничные требования, выполнение которых при оценке месторождения должны обеспечивать нормативную рентабельность работы горного предприятия (прибыль) и, в то же время, наиболее полное извлечение полезного ископаемого из недр при соблюдении экологических ограничений (табл. 37).

Назначение основных параметров кондиций

Параметры кондиций	Назначение параметров
Бортовое содержание	Применяется для оконтуривания запасов по их балансовой принадлежности
Минимальное промышленное содержание	Обеспечивается возмещение всех затрат на получение товарной продукции при нулевой рентабельности эксплуатации
Минимальное содержание (по рудному пересечению, мощности)	Применяется во избежание неоправданного исключения из подсчета запасов с содержанием выше бортового, но ниже минимального промышленного
Содержание попутных полезных компонентов в комплексных рудах	Введение поправок к минимальному промышленному содержанию с целью повышения комплексного использования руд
Минимальная мощность рудных тел, включаемых в подсчет запасов	Минимальная мощность рудных тел зависит от намечаемой системы разработки месторождения и применяемого горного оборудования
Минимальный метропроцент	Используется для оконтуривания рудных тел с небольшой мощностью, но с достаточным содержанием полезного компонента
Максимально допустимая мощность внутрирудных прослоев пустых пород	Применяется для обеспечения минимально допустимого содержания полезного компонента по рудному пересечению (мощности)
Использование отходов добычи и обогащения	Предназначается для расширения номенклатуры выпускаемой продукции
Предельный коэффициент вскрыши и максимальная глубина подсчета запасов	Применяется при проектировании комбинированной отработки месторождения и определения границ открытой и подземной добычи
Максимально допустимое содержание вредных примесей	Введение поправок к минимальному промышленному содержанию для соблюдения требований ГОСТов (технических условий)
Минимальные запасы изолированных рудных тел	Используется для подсчета запасов разобщенных рудных тел, разработка которых связана с затратами на проходку дополнительных выработок

Для выбора оптимальных параметров кондиций, обеспечивающих гармоничное сочетание показателей отработки месторождения и полноты извлечения полезных ископаемых из недр с последующей переработкой на товарную продукцию, технико-экономические расчеты выполняются по нескольким вариантам. В качестве исходных параметров для вариантных подсчетов запасов используются такие факторы, которые оказывают наибольшее влияние на геолого-экономическую оценку.

Так, для месторождений с устойчивой мощностью рудных тел, но с изменчивым качеством руд для оконтуривания и подсчета запасов используется бортовое содержание полезного компонента; наоборот, при резко изменчивой мощности рудных тел, но устойчивом содержании полезного компонента подсчеты выполняются по различным значениям мощности. В сложных случаях при резко изменчивых морфологических и качественных характеристиках (мощностей и содержаний) количество вариантов подсчета запасов пропорционально увеличивается.

Оптимальные показатели параметров кондиций (минимальное промышленное содержание полезных компонентов, допустимая мощность рудных тел, предельная глубина открытой и подземной отработки и др.) находятся в функциональной зависимости от выбранных факторов.

Бортовое содержание ($C_{\text{борт}}$) – это такое содержание полезного компонента в краевых пробах рудного интервала, включение которых в контур подсчета обеспечивает наибольший экономический эффект освоения месторождения при минимальных потерях запасов в недрах. Этот параметр применяется для оконтуривания рудных тел, не имеющих резких контактов с вмещающими породами.

Обычно в геологической части ТЭО подсчет запасов выполняется не менее, чем по 3-5 вариантам бортового содержания. Диапазон между нижним и верхним уровнями бортовых содержаний и количество вариантов должны быть достаточными для выбора наиболее оптимального из них. Нижний уровень должен соответствовать его содержанию в отходах обогащения, а верхний – минимальному промышленному. Интервалы между вариантами («шаг» подсчета) обычно принимаются равными между собой. Оконтуривание запасов по наиболее низкому варианту приводит к увеличению мощности и упрощению формы рудных тел, улучшению горнотехнических условий разработки, но сопровождается существенным снижением содержания полезного компонента в запасах. Наоборот, при увеличении верхнего уровня повышается содержание полезного компонента, но сокращаются запасы, осложняется морфология рудных тел вплоть до разделения их на серию изолированных залежей.

Возможны два варианта определения границ рудных интервалов по данным опробования: содержание полезного компонента от вмещающих пород к рудному интервалу увеличивается постепенно (плавно) или неравномерно (скачкообразно). В первом случае граница рудного интервала проводится по пробе с содержанием компонента равного или выше

бортового; при прерывистой смене интенсивности оруденения в переходном интервале граница определяется расчётным способом – путём «взвешивания» содержаний на длину «рудных» и «безрудных» проб.

Рассмотрим пример определения границ рудных интервалов для вариантных подсчетов запасов при следующих условиях (табл. 38):

- варианты бортовых содержаний - 2, 4, 6 и 8% компонента;
- минимальная мощность рудных прослоев – 10 м;
- максимальная мощность «внутрирудных» прослоев некондиционных руд и «пустых» пород, включаемых в подсчет запасов – 5 м.

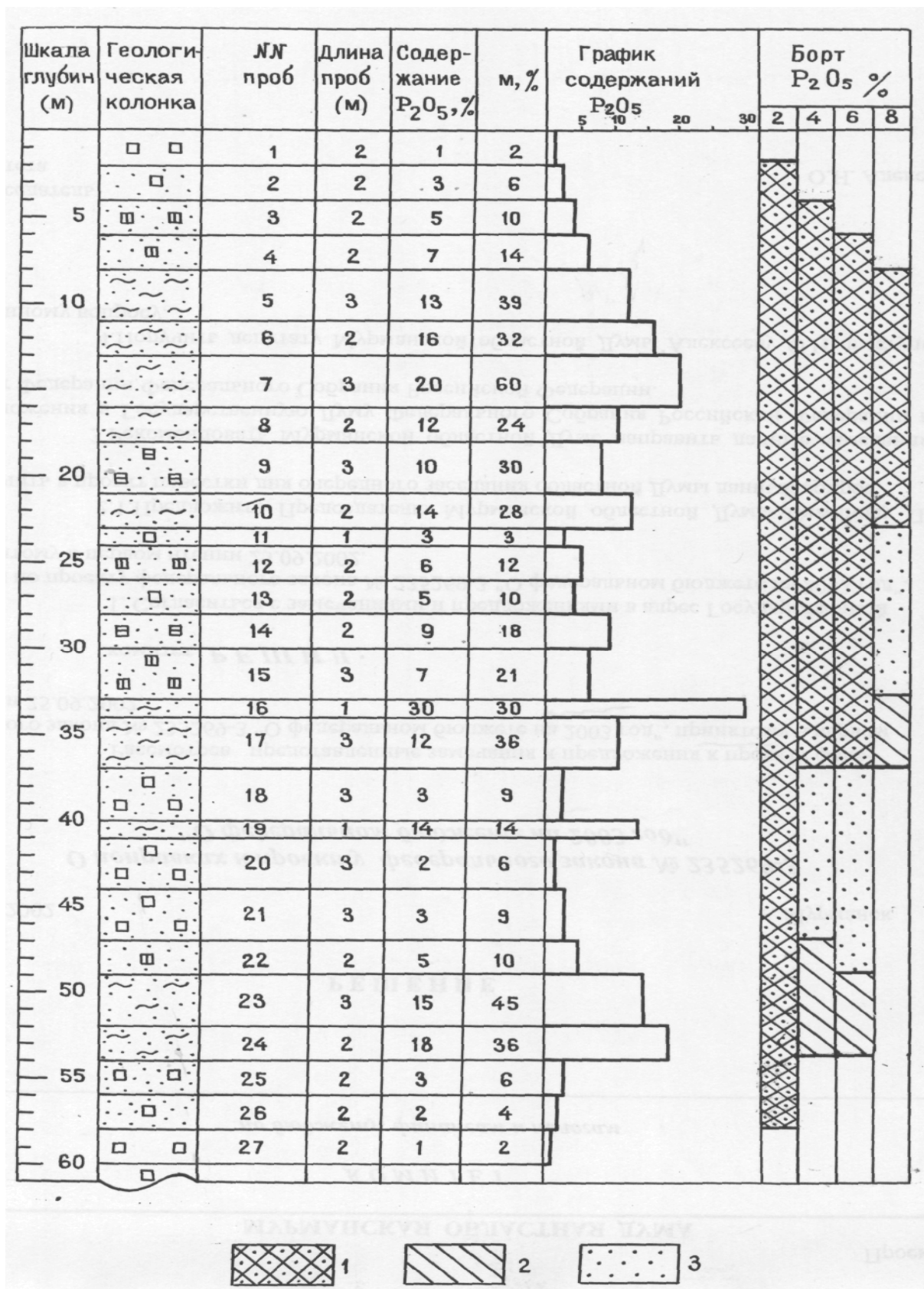


Рис. .Пример оконтуривания рудного интервала с неравномерным оруденением

1 – рудный интервал, удовлетворяющий кондициям по мощности и содержанию компонента; 2 – некондиционный по мощности интервал; 3 – внутрирудный прослой

Формальное выделение границ рудных интервалов по вариантам бортового содержания условного компонента недопустимо. Необходимо рассчитывать средневзвешенное содержание по группе краевых проб. Такой прием позволяет «уравновешивать» резко неравномерные содержания компонента в группе проб. Так, в интервале 1,5-6,3 м среднее содержание компонента составляет 3,63%, тем не менее эта группа проб не соответствует бортовому содержанию 3%, поскольку его длина ниже минимально допустимой по мощности (менее 5 м), тем более, что нижеследующий интервал (6,3-12,9 м) с содержанием 2,83% выше допустимого предела по мощности «внутрирудного» прослоя.

Для примера приводятся результаты вариантных подсчетов запасов апатито-нефелиновых руд одного из Хибинских месторождений (табл.39, рис.)

В результате подсчетов установлено, что повышение уровня бортового содержания P_2O_5 от 2 до 10 % приводит к резкому уменьшению запасов руды (в 1,9 раза) и P_2O_5 (в 1,25 раза), но к улучшению качества апатито-нефелиновых руд (содержание P_2O_5 увеличивается в 1,5 раза).

Способы оконтуривания запасов по бортовому содержанию полезного компонента рассматриваются в лекции «Подсчет запасов».

Минимальное промышленное содержание полезного компонента (C_{min}). На стадии подготовки разведочных кондиций стоимость товарной продукции определяется по ценам, сложившимся на момент оценки с применением процедуры дисконтирования на весь период отработки месторождения. Под дисконтированием понимается приведение будущих затрат к текущему периоду.

Для расчета (C_{min}) применяются различные формулы в зависимости от вида товарной продукции, выпускаемой и реализуемой горнорудным предприятием – добытая руда, минеральный концентрат или металл:

$$C_{min\text{ пр}} = \Sigma Z \times C_{конц} / Ц \times И \times Р, \text{ где:}$$

C_{min} - минимальное промышленное содержание компонента в руде, %;

ΣZ - удельные затраты на разведку, добычу и обогащение руды, руб/т;

$C_{конц}$ - содержание полезного компонента в концентрате, %;

$Ц$ – оптовая цена товарной продукции, руб;

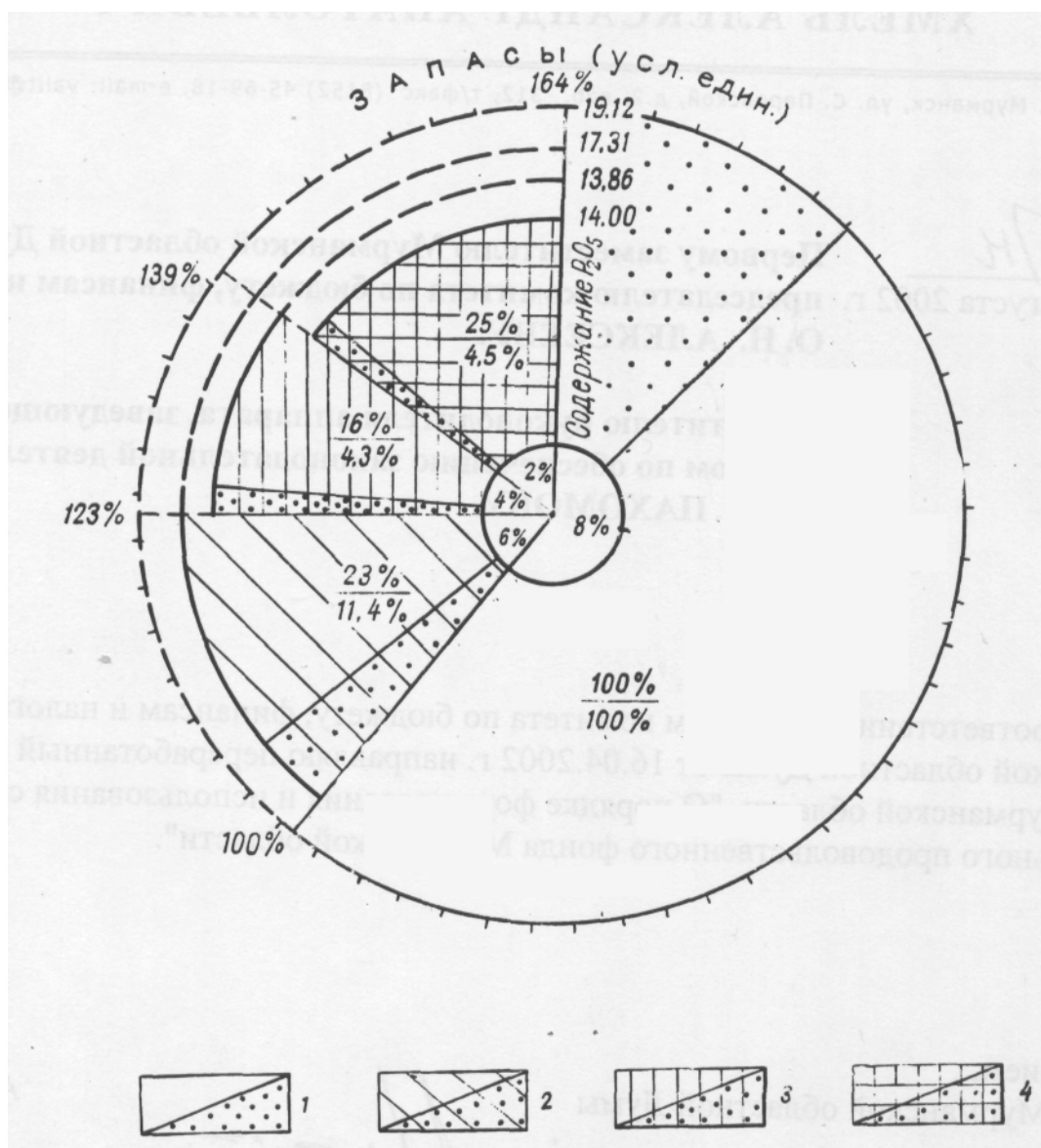
$И$ – извлечение компонента в товарную продукцию, доли ед.;

$Р$ – коэффициент, учитывающий разубоживание при добыче за счет примешивания пустых пород, доли ед.

Таблица 39

Результаты подсчета запасов по вариантам бортовых содержаний

Показатели, един. изм.	Варианты бортовых содержаний P_2O_5				
	2	4	6	8	6
Запасы руды, млн. т	719,9	593,5	488,0	426,4	375,2
Запасы P_2O_5 , млн. т	96,2	92,1	86,6	82,0	77,3
Содержание P_2O_5 , %	13,36	15,52	17,75	19,23	20,60
<i>Изменения в оценке запасов между вариантами</i>					
Запасы руды, млн. т	124,4	105,5	61,6	51,2	
Запасы P_2O_5 , млн. т	4,0	5,5	4,6	4,7	
Содержание P_2O_5 , %	3,22	5,21	7,47	9,18	

Рис. . Показатели подсчета запасов апатито-нефелиновых руд при различных вариантах бортового содержания P_2O_5 .

В качестве примера для расчёта минимального промышленного содержания выбрано Ковдорское месторождение комплексных магнетит-апатит-бадделеитовых руд, разрабатываемых открытым способом. Руда обогащается по комбинированной технологической схеме, включающей магнитную сепарацию (выпуск магнетитового концентрата, 64% Fe); флотацию (выпуск апатитового концентрата, 38% P₂O₅); гравитацию (выпуск бадделеитового концентрата, 98% ZrO₂).

Исходные данные для расчёта (табл. 40): разубоживание руды при добыче 5% (коэффициент разубоживания P=0,95); извлечение железа в концентрат 90% (И=0,9); содержание железа в концентрате 64%.

Удельные затраты на разведку запасов руды 5 руб/т, себестоимость добычи 40 руб/т, обогащения для получения Fe-рудного концентрата 80 руб/т, итого удельные затраты на разведку, добычу и обогащение 1 т руды $\Sigma Z = 125$ руб/т.

Минимальное промышленное содержание (C_{min пр}) для основного компонента (железа) вычисляется по формуле:

$$C_{\text{min пр}} = \Sigma Z \times C_{\text{конц}} / C \times I \times P = 125 \times 64 / 750 \times 0,9 \times 0,95 = 12,5 \%$$

Руды с содержанием железа менее 12,5 % в подсчетном блоке не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к балансовым рудам, и поэтому должны быть исключены из подсчета запасов или отнесены к группе забалансовых. Однако, это справедливо в том случае, если из руд извлекался бы только магнетитовый концентрат. Фактически же при переработке руд выпускаются, кроме магнетитового, также апатитовый и бадделеитовый концентраты.

Таблица 40

Исходные данные для расчета минимального промышленного содержания

Концентраты	Извлечение в концентрат, %	Содержание в концентрате, %	Цена концентрата, руб/т
Магнетитовый	90	Fe – 64	750
Апатитовый	66	P ₂ O ₅ - 38	1200
Бадделеитовый	27	ZrO ₂ - 98	50000

Комплексное использование добытого сырья повышает его ценность, поэтому при расчетах должны вводиться *поправочные коэффициенты* (K_к) для приведения содержаний попутных полезных компонентов к условному содержанию основного компонента (C_{min пр.}).

Поправочный (повышающий) коэффициент вычисляется по формуле:

$$K_k = \frac{C_k \times I_k \times C_o}{C_o \times I_o \times C_k}, \text{ где:}$$

– C_k , I_k , C_o – цена 1 т концентрата из попутных компонентов, извлечение их в концентрат (доли ед.), а содержания в концентрате (%);

– C_o , I_o , C_o – те же данные для основного компонента.

Данные для вычисления поправочных коэффициентов (K_k), учитывающих содержание P_2O_5 и ZrO_2 в рудах приведены в табл. 40:

Поправочный коэффициент для содержания P_2O_5 :

$$K_{P_2O_5} = 1200 \times 0,66 \times 64 / 750 \times 0,9 \times 38 = 2$$

Поправочный коэффициент для содержания ZrO_2 :

$$K_{ZrO_2} = 50000 \times 0,27 \times 64 / 750 \times 0,9 \times 98 = 13$$

Таблица 41

Вычисление поправочных коэффициентов к минимальному промышленному содержанию основного компонента

№№ блоков	Содержания, %			Расчет условного минимально допустимого содержания основного компонента
	Fe	P_2O_5	ZrO_2	
1	5	4	0,15	$5 + 2 \times 4 + 13 \times 0,15 = 14,9$
2	7	5	0,20	$7 + 2 \times 5 + 13 \times 0,2 = 19,6$
3	9	1	0,10	$9 + 2 \times 1 + 13 \times 0,10 = 12,3$

Для примера выполним расчеты поправочных коэффициентов для подсчетных блоков, в которых содержание железа в комплексных рудах меньше минимального промышленного (табл. 41).

Следовательно, введение поправочного коэффициента, учитывающего содержания попутных полезных компонентов в руде и их ценность в конечном продукте (концентрате) приводит к увеличению условного минимального содержания основного компонента, соответственно по блокам на 9,9%, 12,6% и на 3,3 %. С учетом поправочного коэффициента условное содержание железа в блоках 1 и 2 удовлетворяет требованию к минимально допустимому, и только в блоке 3 - ниже допустимого.

Поправочные коэффициенты при расчетах $C_{\min \text{ пр}}$ применяются в том случае, если доказана технологическая возможность и экономическая целесообразность получения селективных концентратов.

Использование отходов добычи и обогащения полезных ископаемых предусматривается условиями в тех случаях, если установлена техническая (технологическая) возможность их селективного извлечения из недр при добыче или обогащении, экономическая целесообразность

использования в отраслях народного хозяйства и имеется заявленная потребность от конкретных предприятий.

Породы вскрыши и внутрирудные прослой, переслаивающиеся с основными рудами, по классификации ГКЗ, относятся к попутным полезным ископаемым первой группы. Они разведываются в соответствии с требованиями ГОСТов и ТУ к данному виду минерального сырья с той же детальностью, как и основные полезные ископаемые. В ТЭО кондиций должна быть обоснована рентабельность промышленного использования отходов добычи и обогащения и дана оценка влияния их практического использования на экономику промышленного освоения месторождения в целом. Использование отходов добычи и переработки минерального сырья допускает возможность введения *поправочного коэффициента* (K_v) для приведения их ценности к условному содержанию основного компонента.

$$K_v = \frac{Ц_v \times K_{вк} \times K_{из} \times C_o}{C_o \times I_o}, \text{ где:}$$

K_v – поправочный коэффициент к условному содержанию основного компонента, учитывающий ценность вскрышных пород, доли ед.

$Ц_v$ – цена товарной продукции из вскрышных пород, руб./т;

$K_{вк}$ – коэффициенты: вскрыши, $\text{м}^3/\text{м}^3$ или т/т;

$K_{из}$ – коэффициент извлечения вскрышных пород в товарную продукцию (при наличии заявленной потребности), доли ед.;

$Ц_o$ – цена основного компонента в концентрате, руб./т;

I_o – извлечение основного компонента в концентрат, доли ед.

Пример расчета поправочного коэффициента (K_v) к минимальному промышленному содержанию в рудах железорудного месторождения Оленегорской группы. Вскрышные породы месторождения представлены биотитовыми гнейсами и гнейсогранитами, которые используются в качестве щебня в стройиндустрии.

Исходные данные для расчета: цена щебня 125 руб/т; коэффициент вскрыши 3 $\text{м}^3/\text{м}^3$; извлечение щебня из пород вскрыши, определяемое спросом, 0,12; содержание Fe в концентрате 65,7%, извлечение Fe в концентрат 79,0 %; цена концентрата 750 руб/т.

$$K_v = \frac{125 \times 3 \times 0,12 \times 65,7}{750 \times 0,79} = 5,0\%$$

Следовательно, использование попутно извлекаемых вскрышных пород для выпуска щебня приравнивается к 5% Fe в магнетитовых рудах.

Максимально допустимое содержание вредных примесей применяется в кондициях в тех случаях, когда установлено наличие в руде экологически вредных (токсичных) и засоряющих веществ, снижающих качество

полезного ископаемого. К вредным примесям относятся радиоактивные элементы, Fe и Mg – в фосфоритах и в апатитовых рудах, S и P – в железных рудах, Ti – в бокситах, Fe – в стекльно-керамическом сырье. Повышенное содержание этих примесей в руде или в минеральных концентратах ограничивает области их использования в отраслях народного хозяйства. Предельно допустимые содержания вредных примесей в рудах, в продуктах обогащения или химико-металлургической переработки оговариваются ГОСТами или техническими условиями (ТУ).

В процессе ГРП и технологических исследований выявляются формы нахождения и балансы распределения вредных примесей по минералам и концентратам, а при технико-экономических обоснованиях кондиций определяются дополнительные затраты на их удаление. Максимально допустимое содержание вредных примесей, как показатель кондиций, может устанавливается дифференцировано для отдельных проб, рудному интервалу по выработке, по мощности залежи или по подсчетному блоку.

Минимальная мощность рудных тел ($M_{\min \text{ пр}}$), включаемых в подсчет запасов, зависит от условий их залегания, способа разработки месторождения (открытая или подземная добыча) и применяемого горного оборудования. Этот показатель кондиций имеет особо важное значение для прерывистых рудных тел с изменчивой мощностью, поскольку оказывает существенное влияние на количество запасов. Обоснование кондиций для оценки запасов маломощных рудных тел целесообразно применять при вариантных подсчетах запасов в качестве основного параметра минимальную мощность тел полезных ископаемых.

Отработка маломощных рудных тел неизбежно связана с разубоживанием добытой рудной массы, т.е. засорением ее «пустыми» породами или некондиционными рудами. При разработке крутопадающих рудных тел предельно допустимая мощность рудных тел не превышает 1 м, для пологозалегающих – 1,5 м. Для месторождений, характеризующихся большой мощностью залежей, этот показатель не имеет существенного значения; он используется только для оконтуривания внешней границы подсчета запасов.

Минимальный метропроцент ($m \times \%_{\min}$) применяется при оконтуривании рудных тел, мощностью менее допустимой кондициями ($m < M_{\min \text{ пр}}$), но характеризующихся повышенным содержанием полезных компонентов ($c_{\text{вм}} > C_{\min \text{ пр}}$). В этом случае разубоживание вмещающими околорудными прослоями компенсируется более высоким качеством руды.

$$m \times \%_{\min} > M_{\min \text{ пр.}} \times C_{\min \text{ пр.}}$$

При использовании минимального метропроцента необходимо учитывать, что вмещающие породы также содержат полезный компонент ($C_{\text{вм.}}$), т.е. должно соблюдаться условие:

$$m \times \%_{\min} + C_{\text{вм.}} (M_{\min \text{ пр.}} - m_{\text{вм.}}) > M_{\min} \times C_{\min \text{ пр.}}$$

Максимальная мощность внутрирудных прослоев некондиционных руд и «пустых» пород, включаемых в подсчет запасов. Внутреннее строение тел полезных ископаемых нередко осложняется внутрирудными включениями некондиционных руд или «пустых» пород, не содержащих оруденения. Морфологически такие включения могут быть представлены прослоями, жилами, шлирами или ксенолитами вмещающих пород. Если при оконтуривании рудных интервалов среднее содержание полезного компонента во внутрирудных включениях меньше бортового, а их мощность больше минимально допустимой, они должны быть исключены из подсчета запасов.

В таких случаях средние показатели для подсчета запасов определяются по способу «прессования», т.е. путем сложения мощностей рудных интервалов, расположенных выше и ниже внутрирудного прослоя.

Минимальный коэффициент рудоносности (K_p) используется для подсчета запасов месторождений со сложным геологическим строением, характеризующихся прерывистым или гнездовым распределением оруденения, если в процессе геологической разведки оконтуривание отдельных изолированных рудных гнезд (линз, шлиров, карманов и т.д.) невозможно или экономически нецелесообразно.

Введение минимального K_p как параметра кондиций предусматривает возможность и необходимость селективного (раздельного) извлечения обогащенных участков (рудных гнезд) от разделяющих их «пустых» пород. На стадии разведки месторождения K_p (доли ед.) вычисляется как отношение суммарной мощности рудных интервалов по выработке, подсчетному блоку (m) к пересеченной мощности рудных интервалов и разделяющих их некондиционных руд и пород (M):

$$K_p = \sum (m_1 + m_2 + \dots + m_n) / \sum (M_1 + M_2 + \dots + M_n)$$

На стадии эксплуатационной разведки и в процессе добычи K_p определяется не линейным, а объемным способом. Численная величина K_p обратно пропорциональна бортовому содержанию полезного компонента. Поэтому при выборе оптимальных кондиций необходимо проведение

вариантов подсчета запасов с различными параметрами бортовых содержаний и коэффициентов рудоносности.

При разведке месторождений с прерывистым распределением рудных тел необходимо с особой тщательностью обосновать методику работ для возможности геометризации рудных тел в геологическом пространстве.

Так, по данным оценочных работ на месторождении Ньюоркпахк (Хибины) был установлен брекчиевый характер распределения ксенолитов апатитовых руд, сцементированных ийолитами. Считалось, что размеры, форму, ориентировку и распределение рудных ксенолитов в объеме брекчии заранее установить не представляется возможным. По данным бурения оценочных скважин, коэффициент рудоносности (K_p) на полную мощность брекчиевой рудной зоны составил всего лишь 0,27 м/м, поэтому месторождение было признано не имеющим промышленного значения.

В результате критического анализа и пересмотра результатов предшествующих поисково-оценочных работ была выдвинута гипотеза о послойной концентрации апатитовой брекчии (рудные залежи) среди вмещающих ийолитов. Эта гипотеза, положенная в основу проекта разведочных работ, по их завершению полностью подтвердилась. В пределах рудной зоны были выявлены три залежи рудной брекчии с K_p 0,88-0,92 м/м, разведанные запасы которых увеличились в 2,5 раза по сравнению с прогнозными оценками. Достоверность разведанных запасов этого месторождения подтверждена эксплуатационными работами.

Максимальная глубина разработки месторождения открытым и подземным способами обосновывается кондициями для месторождений, намечаемых к разработке комбинированным способом. Преимущества открытой добычи руды в карьере по сравнению с подземной отработкой очевидны: низкая себестоимость, высокая производительность. Однако, недостатками карьерной добычи являются нежелательные экологические последствия: необходимость складирования пород вскрыши, нарушение природных ландшафтов.

Поэтому определение наиболее оптимальной глубины отработки открытым и подземным способами выполняется по нескольким вариантам на основе прямых технико-экономических расчетов. Максимальная глубина карьера экономически оправдана в том случае, если себестоимость открытой добычи руды (D_o) и пород вскрыши (D_b) не превышает себестоимости подземной разработки (D_n):

$$D_o + D_b \times K_b < D_n,$$

Отсюда, предельный коэффициент вскрыши (K_v):

$$(K_v) = (D_n - D_v) / D_v$$

Минимальные запасы полезного ископаемого в изолированных рудных телах определяются, исходя из расчета окупаемости капитальных вложений в дополнительное рудничное строительство, связанное с их освоением. Изолированные тела, не связанные пространственно с основными залежами полезного ископаемого, могут быть представлены их фрагментами (блоками, линзами, разобщенными кустами жил), что характерно, как правило, для мелких и средних по масштабам запасов месторождений третьей и четверной групп сложности (см. Классификацию месторождений по степени сложности геологического строения).

В общем виде минимальное количество запасов в изолированных рудных телах (Z_{min}) определяются из учета окупаемости капитальных вложений на их освоение (K_v) и себестоимостью добычи (D_n) и обогащения (D_o) при нулевой или нормативной рентабельности:

$$Z_{min} \times K_n \times (C_o - D_n - D_o) = K_v$$

Коэффициент потерь вычисляется как отношение разности между запасами руды в недрах и добытыми запасами к количеству добытых запасов (доли ед.).

При подготовке ТЭО разведочных и эксплуатационных кондиций используются только те параметры, которые необходимы для оценки конкретного месторождения. Например, если рудные тела имеют резкие геологические контакты с вмещающими породами, и равномерное распределение полезного компонента в объеме рудных тел, отпадает необходимость использование в качестве исходных параметров минимально допустимой мощности, промышленного и бортового содержаний полезного компонента. В таких случаях для вариантных расчетов при обосновании кондиций используются предельные значения глубины открытой и подземной отработки или минимальные запасы полезного ископаемого в изолированных рудных телах.

Содержание технико-экономического обоснования кондиций

ТЭО кондиций выполняется на основе анализа и учета всех основных факторов, влияющих на оценку промышленного значения месторождения. Разработка ТЭО кондиций может осуществляться недропользователем, специализированной проектной организацией или научным институтом.

Материалы ТЭО кондиций представляются в ГКЗ для проведения экспертизы и утверждения. Утвержденные параметры кондиций являются основанием для подсчета запасов месторождения (разведочные кондиции) или отработки (эксплуатационные кондиции).

ТЭО кондиций включает геологическую, горнотехническую и экономическую части и сопровождающие их графические материалы.

В геологической части ТЭО рассматриваются следующие вопросы:

- географо-экономическое размещение и природно-климатические условия района, наличие транспортных коммуникаций, источников энерго- и водоснабжения, сельскохозяйственных объектов, занятость населения;
- оценка степени сложности геологического строения рудных тел, слагающих месторождение, в соответствии с принятыми критериями;
- качественная оценка разведанных запасов, комплексность и степень изменчивости состава руд, содержания основных и попутных полезных компонентов, предлагаемая схема обогащения руд и металлургической переработки концентратов, рекомендованная по данным лабораторных, опытно-промышленных испытаний технологических проб.

Геологическая часть ТЭО завершается подсчётом запасов руды и компонентов отдельно по категориям $A+B+C_1+C_2$ и по вариантам оценки. На основе сравнения вариантов приводятся рекомендации по выбору оптимального способа освоения месторождения, обеспечивающего максимальный экономический эффект при соблюдении требований по охране недр и природной среды.

В ТЭО приводится обоснование наиболее эффективных способов разработки месторождений, максимально полное использование запасов с учётом комплексного состава руд, соблюдение экологических требований.

В горнотехнической части ТЭО рассматриваются вопросы:

- рационального способа вскрытия и отработки месторождения, применяемого оборудования, производственной мощности будущего горнообогатительного предприятия;
- принятой технологии добычи (глубины разработки, параметров карьера), допустимого размера потерь и разубоживания полезного ископаемого при добыче;
- оптимальной технологической схемы обогащения и химико-металлургического передела минерального сырья;
- направлений использования отходов горного и обогатительного производств или способов их складирования;

– принятой системы осушения горных выработок, мероприятий по предотвращению или снижению экологических последствий разработки месторождения на природную среду.

– горно-геологические, гидрогеологические и другие условия, влияющие на освоение месторождения;

– наиболее оптимальные способы и системы разработки месторождения (открытый, подземный, комбинированный);

– номенклатура выпускаемой продукции (сырая руда, минеральный концентрат, металл) и конъюнктура товарной продукции на рынке;

– предварительная оценка экологического влияния разработки месторождения на природные условия района и обоснование мероприятий по предотвращению или минимизации вредных воздействий

Разубоживание руд при добыче и извлечение полезных компонентов при добыче и обогащении, %;

Годовая производительность рудника: по горной массе, по добыче руды, по выпуску концентратов и конечной продукции, тыс. т (м^3);

Коэффициент вскрыши: т/т ($\text{м}^3/\text{т}$, $\text{м}^3/\text{м}^3$);

Показатели обогащения (для комплексных руд – по основному и сопутствующим компонентам): извлечение компонента в концентрат, выход концентрата, содержание компонента в концентрате, извлечение компонента из концентрата в конечную товарную продукцию, %;

Экономическое обоснование разрабатывается на основе вариантных расчетов освоения месторождения, рассмотренных в геологической и горнотехнической частях ТЭО. По результатам расчетов выполняется сопоставление основных технико-экономических показателей для выбора наиболее оптимального варианта освоения месторождения по следующим технико-экономическим показателям:

Срок обеспеченности предприятия запасами, лет;

Капитальные вложения: на подготовку сырьевой базы (поиски, разведка), на транспорт, строительство рудника, обогатительной фабрики (перерабатывающего завода), на природоохранные мероприятия, млн руб.;

Годовые эксплуатационные затраты, млн. руб/год;

Эксплуатационные затраты на добычу руды, получение концентрата, транспортировку руды и концентрата, заводскую переработку и на природоохранные мероприятия, руб /т(м^3);

Себестоимость товарной продукции, руб / т (м^3);

Цена реализации товарной продукции (без учета налога на добавленную стоимость и акциза), руб / т (м³);

Стоимость товарной продукции (доход) отдельно по годовому выпуску и за весь период разработки, млн. руб.;

Прибыль, млн. руб.;

Плата за пользование недрами, за другие природные ресурсы (земля, вода), дорожный налог и др., %;

Чистый наличный доход, млн. руб.;

Индекс доходности, %;

Внутренняя норма рентабельности, %;

Срок окупаемости капитальных вложений, лет.

В зависимости от особенностей геологического строения, горно-геологических условий разработки и вида минерального сырья (рудные или неметаллические полезные ископаемые, строительные материалы, подземные воды и др.) при расчете кондиций используются только такие показатели, которые необходимы для оценки конкретного месторождения.

Графические приложения к ТЭО включают:

- детальные карты, разрезы, отражающие особенности геологического строения, морфологию, условия залегания рудных тел, пространственное распределение природных типов (сортов) руд;
- геолого-подсчетные планы, разрезы с нанесенными контурами подсчета запасов по каждому из рассмотренных вариантов кондиций;
- схема вскрытия и границы отработки запасов месторождения;
- технологическая схема обогащения (переработки) сырья;
- схема размещения производственных коммуникаций предприятия.

Контрольные вопросы

1. Цель и назначение кондиций на минеральное сырье.
2. Стадии разработки временных и постоянных разведочных кондиций.
3. Когда возникает необходимость разработки эксплуатационных кондиций?
4. Критерии для выбора вариантов подсчета запасов при обосновании ТЭО.
5. Для чего выполняется вариантный подсчет запасов?
6. Основные параметры кондиций, их влияние на оценку месторождения.

6. Содержание, порядок подготовки и утверждения кондиций.
8. Перечень сведений, подлежащих освещению в геологической части ТЭО.
9. Содержание горнотехнической части ТЭО. Критерии для выбора оптимальной системы разработки месторождения.
10. Требования, предъявляемые к графическим материалам ТЭО кондиций.
11. Экономическое обоснование кондиций.
12. Порядок представления и рассмотрения ТЭО

ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Количественная и качественная оценка запасов полезных ископаемых в недрах осуществляется на всех стадиях геологического изучения – от определения прогнозных ресурсов по категориям P_3 , P_2 и P_1 и подсчёта разведанных запасов по промышленным категориям C_2 , C_1 , В и А вплоть до учёта их погашения при добыче. В зависимости от степени изученности условий залегания рудных тел, качественных и технологических характеристик ископаемого, горнотехнических параметров эксплуатации применяются различные методические приемы при подсчёте запасов.

На ранней стадии геологического изучения территории прогнозные ресурсы категорий P_3 и P_2 оцениваются по аналогии с известными месторождениями того же генетического типа, причем учитывается степень соответствия изучаемого объекта с эталонной моделью. Подсчёт ресурсов по категории P_1 и предварительно оцененных запасов C_2 , выявленных на стадиях поисков и оценки производится для разработки технико-экономических соображений (ТЭС) о промышленной значимости рудного объекта и целесообразности его более детального изучения. Для этого используются сложившиеся представления о промышленном типе рудного объекта и фактические данные по ограниченной сети выработок с включением зоны геологически обоснованной экстраполяции.

В процессе разведки месторождения неоднократно возникает необходимость оперативного подсчёта запасов для оценки выполнения геологического задания. На завершающем этапе разведки осуществляется подсчет запасов основных и попутных полезных компонентов с целью технико-экономического обоснования (ТЭО) временных и постоянных разведочных кондиций. По материалам утвержденных разведочных кондиций выполняется

подсчёт запасов балансовых и забалансовых руд по категориям разведанности и способам отработки. В течение всего срока эксплуатации месторождения неоднократно возникает необходимость переоценки запасов для корректировки разведочных кондиций, проводится периодический учет движения запасов, их потерь и разубоживания, определение достоверности данных разведки.

Таким образом, количественная оценка минерального сырья является стержневой операцией, сопровождающей весь период изучения и промышленного освоения каждого месторождения от его открытия и до полного погашения запасов.

Подсчёт запасов включает ряд последовательных операций (табл. 42):

- расчёты исходных данных по разведочным выработкам (мощности, средних содержаний компонентов) в соответствии с кондиционными требованиями;
- оконтуривание запасов в геологическом пространстве, выделение границ распространения балансовых и забалансовых руд;
- выбор метода подсчёта запасов в зависимости от принятой системы разведки, блокировка запасов по способам отработки, категориям и балансовой принадлежности;
- вычисление исходных параметров по подсчётным блокам: объёмов блоков, средних содержаний полезных компонентов, объёмной массы, количества и качества запасов по блокам;
- подсчёт запасов месторождения путём суммирования расчётных результатов по блокам.

Таблица 42. Подсчет запасов включает ряд последовательных операций

Последовательность операций	Цель операции (конечный результат)
Подготовка исходных данных по геологоразведочным выработкам	Выделение рудных интервалов, внутрирудных прослоев некондиционных руд и «пустых» пород в соответствии с требованиями по мощности и бортовому содержанию полезного компонента
Оконтуривание запасов в геологическом пространстве	Выделение внешних контуров рудных тел, балансовых и забалансовых руд, категорий запасов по степени разведанности, границ открытой и подземной добычи

Выбор метода подсчёта запасов	Блокировка запасов по способам разработки, по категориям запасов и по балансовой принадлежности
Расчеты исходных данных для подсчета запасов по блокам	Определение средних мощностей рудных тел и содержаний полезных компонентов, объемов подсчётных блоков, объёмной массы для подсчета запасов руды и компонентов
Подсчёт запасов по месторождению	Суммирование расчётных данных по блокам с разделением запасов по категориям, балансовой принадлежности, способам добычи

1. Вычисление исходных параметров для подсчета запасов

Исходными параметрами для оконтуривания рудных тел и подсчёта их запасов являются

- содержания полезных компонентов по разведочным выработкам (C), выраженные в процентах или в весовых единицах на объём;
- мощности рудных тел по выработкам (пересеченные, истинные или вертикальные – в зависимости от применяемого метода подсчёта запасов);
- объёмная масса полезного ископаемого (или масса вещества в единице объёма, т/м^3).

Вычисление *средних содержаний полезных компонентов* ($\bar{C}$) по данным опробования осуществляется в соответствии с требованиями кондиций (см «Кондиции на минеральное сырьё»). Расчёт выполняется способом среднего взвешенного частных определений содержаний компонентов по отдельным пробам (C) на их длину (l) по формуле:

$$\bar{C} = \frac{\sum (C_1 \times l_1 + C_2 \times l_2 + \dots + C_n \times l_n)}{\sum (l_1 + l_2 + \dots + l_n)}$$

Применение способа среднеарифметического (как частного от суммы определений на число проб) приводит к искажению результатов расчётов, т.к. при этом не учитываются влияние длин проб и содержаний по ним полезных компонентов на оценку среднего содержания по рудному интервалу (табл.).

В зависимости от применяемого метода подсчёта запасов используются значения истинной, горизонтальной, вертикальной или пересечённой мощностей. Истинная мощность ($m_{\text{ист.}}$) перпендикулярна углу падения

рудного тела и измеряется расстоянием от верхнего до нижнего его контактов. Горизонтальная мощность ($m_{гор.}$) – это замеренная на плане ширина рудного тела. Соответственно, вертикальная мощность ($m_{верт.}$) означает расстояние между контактами рудного тела по вертикали. Пересечённая скважиной мощность рудного тела ($m_{скв.}$) зависит от траектории скважины и угла падения рудного тела.

Для пересчёта величин мощностей рекомендуется () использовать следующие тригонометрические функции:

$$\begin{aligned} m_{гор.} &= m_{ист.} / \sin \beta; & m_{гор.} &= m_{верт.} / \tg \beta; & m_{гор.} &= m_{скв.} \times \cos (\beta - \alpha) / \sin \beta. \\ m_{верт.} &= m_{гор.} \times \tg \beta; & m_{верт.} &= m_{ист.} / \cos \beta; & m_{верт.} &= m_{скв.} \times \cos (\beta - \alpha) / \cos \beta. \\ m_{ист.} &= m_{верт.} \times \cos \beta; & m_{ист.} &= m_{г.} \times \sin \beta; & m_{ист.} &= m_{скв.} \times \cos (\beta - \alpha). \end{aligned}$$

Для пересчета пересечённой скважиной мощности рудного тела ($m_{скв.}$) на вертикальную ($m_{верт.}$) применяется формула:

$$m_{верт.} = m_{скв.} \times (\cos \alpha \pm \sin \alpha \times \tg \beta \times \cos \gamma), \text{ где:}$$

$m_{скв.}$ - пересеченная мощность, м;

α - зенитный угол скважины на интервале рудного тела, град.;

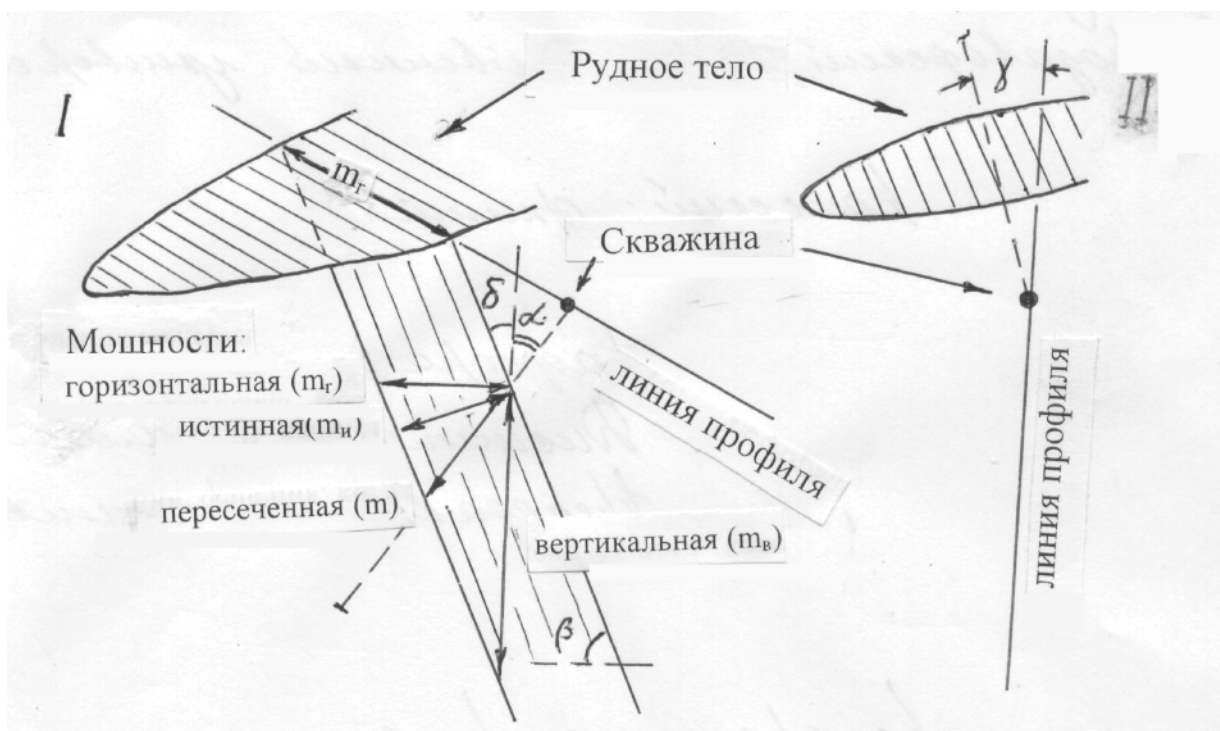
β - угол падения рудного тела на том же интервале, град.;

γ - угол азимутом скважины (апсидальной плоскостью) и азимутом падения рудного тела ($0^\circ \leq \gamma \leq 90^\circ$).

Знак (+) применяется в том случае, когда ось скважины направлена навстречу падения рудного тела; знак (-) - если ось скважины направлены в сторону падения (т.е. “вдогонку” рудного тела).

Истинная мощность, измеряемая кратчайшим расстоянием от кровли до подошвы рудного тела, вычисляемая по формуле:

$$m_{ист} = m_{скв} \times (\cos \beta - \alpha) \times \cos \gamma$$



Рис

Таблица 43

Примеры расчётов содержаний компонента способами
среднего арифметического и среднего взвешенного

№№ проб	Интервал, м		Длина пробы (м)	Содерж. %	$m \times \%$	График распределения содержаний по пробам
	от	до				
1	0,0	2,0	2,0	4,0	8,0	
2	2,0	3,0	1,0	14,0	14,0	
3	3,0	6,0	3,0	6,0	18,0	
4	6,0	8,0	2,0	8,0	16,0	
5	8,0	10,0	2,0	24,0	48,0	
6	10,0	11,0	1,0	20,0	20,0	
7	11,0	13,0	2,0	4,0	8,0	
8	13,0	16,0	3,0	18,0	54,0	

9	16,0	18,0	2,0	26,0	52,0	
10	18,0	21,0	3,0	2,0	6,0	
11	21,0	23,0	2,0	20,0	40,0	
12	23,0	24,0	1,0	8,0	8,8	
13	24,0	26,0	2,0	14,0	28,0	
14	26,0	29,0	3,0	4,0	12,0	
15	29,0	32,0	3,0	12,0	36,0	
16	32,0	33,0	1,0	20,0	20,0	
16	Сумма		33,-0	204,0	388,0	
Расчёты среднего содержания компонента в интервале 0.0-33,0 м методами:						
Среднеарифметического				204 / 16 = 12,75 %-		
Средневзвешенного				388 //33 = 11,75 %		

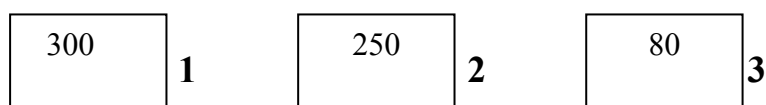
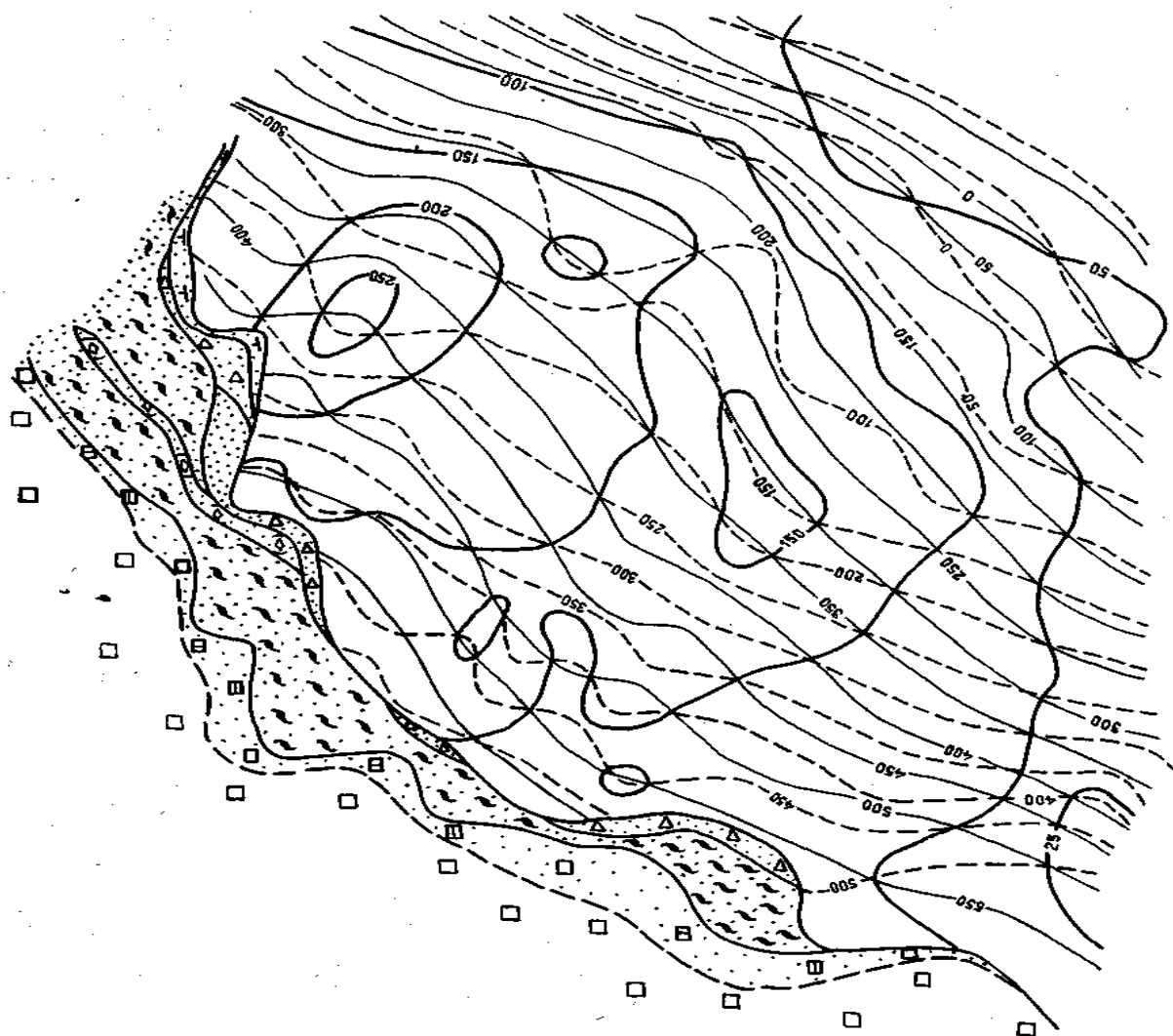


Рис. Вертикальную мощность для подсчёта запасов можно определять также графически

Изогипсы: 1 – кровли верхнего контакта рудного тела; 2 – подошвы (нижнего контакта); – изолинии мощности рудного тела

Для этого по точкам входа и выхода оси скважины в (из) рудное тело отстраиваются планы изогипс верхнего и нижнего контактов. В точках пересечения изогипс по разнице абсолютных отметок определяется вертикальная мощность залежи, используемая для построения планов

изолиний равных мощностей (изопахит). Графический способ обладает рядом преимуществ перед расчётным, т.к. планы изогипс и изомощностей дают наглядное представление о морфологии залежи, облегчают выделение геологически однородных подсчётных блоков.

2. Оконтуривание запасов в геологическом пространстве

Исходными параметрами для оконтуривания рудных тел и подсчёта их запасов являются: средние содержания полезных компонентов по разведочным выработкам (С), выраженные в процентах или в весовых единицах на объём и мощности рудных тел по выработкам (пересеченные, истинные или вертикальные – в зависимости от применяемого метода подсчёта запасов).

При определении площади распределения балансовых и забалансовых руд принято различать «нулевой» и промышленный контуры. «Нулевыми» контурами являются геологические границы рудных тел в зоне выклинивания. Для проведения «нулевого» (внешнего) контура используются установленные при разведке данные о характере выклинивания рудных тел на флангах, по падению и восстанию. Линия, соединяющая опорные точки выклинивания, соответствует контуру с нулевой мощностью рудного тела.

Промышленные контуры проводятся в соответствии с кондициями внутри геологических границ. Поэтому оконтуриванию запасов должно предшествовать обоснованное геолого-структурное моделирование рудного поля, месторождения, отдельных рудных тел.

Оконтуривание промышленных запасов осуществляется по естественному углу выклинивания на минимальную мощность залежи, предусмотренную кондициями, или интерполяции между выработками, вскрывшими кондиционное и некондиционное оруденение.

В зависимости от возможного сочетания подсчетных параметров (мощности и содержания полезного компонента) в законтурной выработке используются различные приемы интерполяции (табл. 43).

Варианты сочетаний подсчетных параметров
(мощности и содержания полезного компонента) в законтурной выработке

Содержание полезного компонента по рудному интервалу	Мощность рудного интервала, м		
	Выше кондиционной	Ниже кондиционной	Безрудная выработка
Ниже бортового для балансовых руд	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 7
Выше бортового, но ниже минимального для подсчетного блока	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 7
Выше бортового и минимального для подсчетного блока	Вариант 5	Вариант 6	Вариант 7

Вариант 1. Рудное пересечение включается в контур забалансовых руд, внешний контур забалансовых запасов экстраполируется за краевую выработку по естественному углу выклинивания.

Вариант 2. Внешний контур забалансовых запасов определяется интерполяцией от краевой на внутриконтурную выработку; в последней для расчета принимается суммарная мощность балансовых и забалансовых руд.

Вариант 3. Включение в контур подсчета балансовых запасов краевой выработки с содержанием P_2O_5 ниже минимального промышленного подсчетного блока недопустимо, т.к. при этом присоединяется часть запасов низкого качества, отработка которых не рентабельна.

Вариант 4. Допускается включение в подсчетный контур единичных выработок с содержанием P_2O_5 ниже минимального промышленного (или выработок, вскрывших некондиционное по мощности оруденение) только в том случае, если по их взаимному расположению нельзя выделить часть запасов (подблок) некондиционных руд.

Это правило не распространяется на краевые выработки.

Вариант 5. Рудное пересечение включается в контур балансовых запасов, внешняя граница определяется экстраполяцией.

Вариант 6. Проводится интерполяция на минимальную мощность, установленную условиями между краевой и ближайшей внутриконтурной выработками.

Вариант 7. Для построения внешнего контура между рудной и безрудной выработками используется способ ограниченной интерполяции: на 1/2 расстояния между такими выработками находится опорная точка с условной «нулевой» мощностью, от которой производится интерполяция в сторону рудной выработки на «промышленную» мощность. Однако применение этого способа интерполяции внешнего контура возможно

только в тех случаях, если расстояние между выработками не превышает параметры разведочной сети для данной категории запасов.

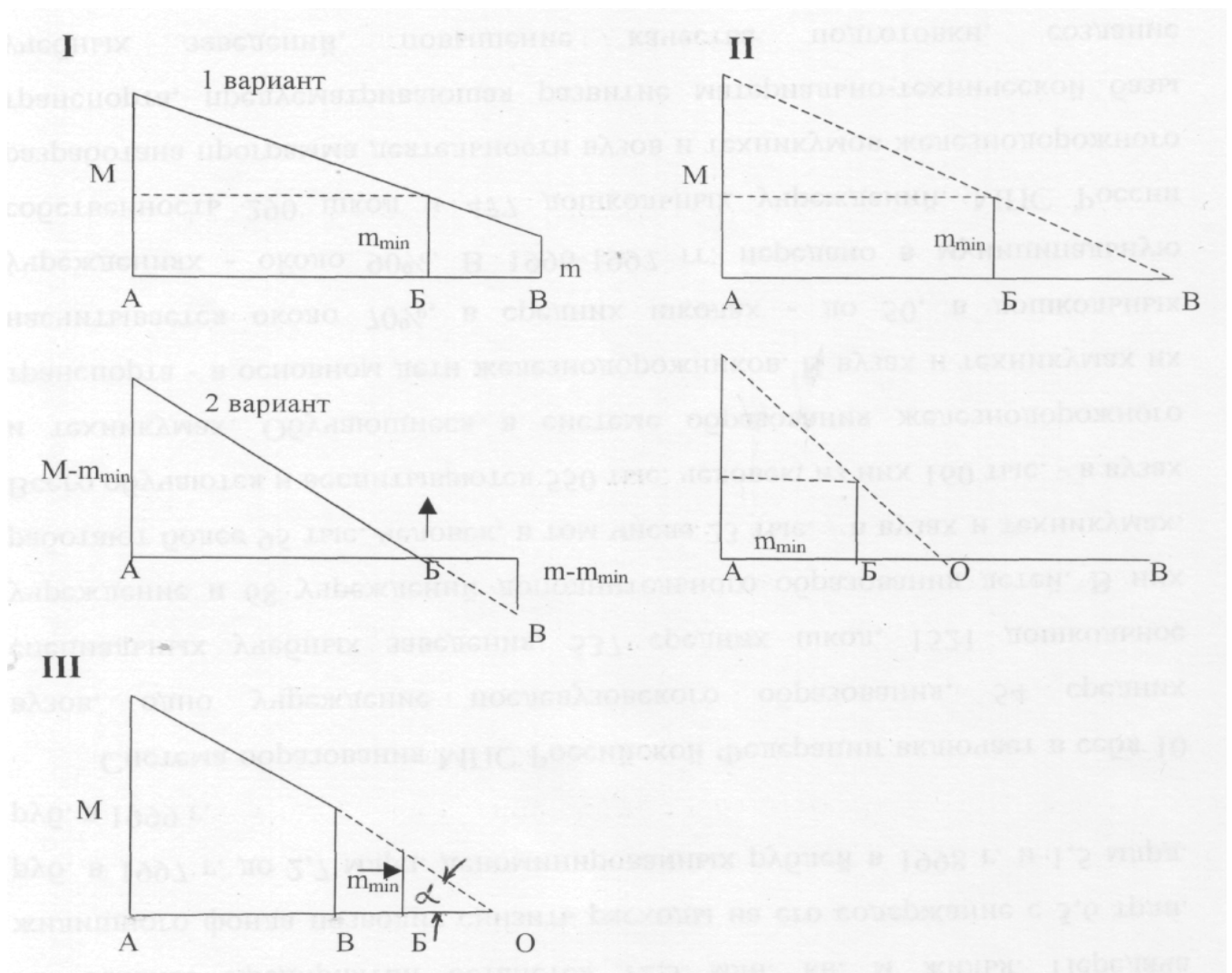
Опорные точки между выработками с кондиционной (M) и некондиционной (m) мощностями рудного тела определяются по формуле:

$$l = (m_{\min} - m) / (M - m) \times L, \text{ где}$$

l – расстояние опорной точки от законтурной выработки, м;

L – расстояние между рудной и законтурной выработками (интервал интерполяции), м;

$m_{\min}$ – минимальная промышленная мощность рудного тела, м.



Если между рудами и околорудными породами имеются резкие контакты или постепенные переходы, фиксируемые по результатам

опробования, границы между ними проводятся по пробам с бортовым содержанием полезного компонента для балансовых и забалансовых руд. В более сложных случаях при неравномерном распределении оруденения алгоритм процедуры по оконтуриванию заключается в выделении рудных и безрудных интервалов и многократной проверке их на кондиционность с целью исключения группы подряд расположенных некондиционных проб общей мощностью более предельно допустимой для безрудного интервала.

При оконтуривании неравномерного оруденения встречаются сложные комбинации сочетания рудных и нерудных проб, вызывающие неоднозначные решения о правомерности их включения в подсчётный контур. Это связано с тем, что отдельные параметры кондиций действуют не изолированно, а во взаимосвязи, накладывают дополнительные ограничения на их применение в совокупности.

В общем виде задача по оконтуриванию рудных интервалов по выработке (пересечению) состоит в том, чтобы обеспечить условия кондиций по совокупности параметров: бортовому содержанию, мощности рудной залежи и не допустить включения в подсчетный контур прослоев некондиционных руд. Рассмотрим сложный пример оконтуривания интервала с неравномерным распределением оруденения по пяти вариантам бортового содержания полезного компонента (табл. 44).

Таблица 44

Алгоритм операций по оконтуриванию интервалов
с неравномерным оруденением

Последовательность операций	Соответствие условиям кондиций по мощности и бортовому содержанию	
	Удовлетворяют	не удовлетворяют
Выделение рудного интервала по группе рудных проб (группа А)	Закрепляется верхняя граница группы А	Поиск продолжается
Присоединение следующей за рудным интервалом (А) группы безрудных проб (группа Б) мощностью менее кондиционной	Группы А+В объединяются в рудных интервал (временно). Поиск продолжается	Группы А+Б из подсчета исключаются

Выделение рудного интервала по группе рудных проб (группа В)	Группы А+Б+В объединяются в рудный интервал (временно закрепляется нижняя граница по группе В)	Поиск возобновляется с выделением рудного интервала по группе В
Поиск нижней границы рудного интервала (проверка на кондиционность группы Б + В)	Закрепляется нижняя граница групп А+Б+В, которые рассматриваются как один рудный интервал	Группы Б+В из подсчета исключаются

Объемная масса полезных ископаемых – один из основных параметров подсчёта запасов. Объемная масса (σ) применяется для перевода запасов (Q) из объёмов ($V, \text{м}^3$) в весовые единицы по формуле: $Q = V \times \sigma(t)$.

В процессе разведки проводится массовое опробование всех природных разновидностей полезных ископаемых и исследования для определения объёмной массы. Величина объёмной массы функционально связана с плотностью и с содержанием тяжёлых (как правило, рудных) и лёгких минералов, а также зависит от пористости и естественной влажности полезного ископаемого. Поэтому исследования проб, образцов пород и руд проводятся комплексно для установления корреляционных связей между объёмной массой и теми свойствами полезного ископаемого, которые влияют на величину объёмной массы.

В лабораторных условиях применяется метод взвешивания образцов проб в воздушной и в водной среде, с последующим определением их объёмов в мерном сосуде. Для учёта влияния пористости и влажности на величину объёмной массы образец пробы перед погружением образца в воду предварительно покрывают тонким слоем лака или парафина.

Результаты исследований лабораторных штучных проб должны быть заверены в полевых условиях определением объёмной массы в целике, т.е. в горных выработках (рис.). Извлечённая рудная масса, представляющая собой валовую пробу, взвешивается на платформенных весах, а занимаемый ею объём в горной выработке тщательно измеряется. Затем валовая проба подвергается обработке (см. «Обработка проб») и анализируется на полный химический и минеральный составы.

В качестве примера приводятся результаты комплексных исследований по установлению функциональной зависимости объёмной массы апатито-нефелиновых руд и околорудных пород от содержания в них главных рудных компонентов – P_2O_5 и Al_2O_3 . Руды Хибинских месторождений

представлены несколькими природными разновидностями, отличающимися соотношением главных минералов – апатита и нефелина. При добыче и переработке на АНОФ объединяются и рассматриваются как единый технологический сорт.

Ранее при подсчёте запасов величина объёмной массы принималась по «скользящей» шкале в зависимости от содержания P_2O_5 от 2,70 т/м³ (при P_2O_5 3%) до 3,0 т/м³ (при P_2O_5 > 20%). При добыче для расчёта использовалась упрощённая формула ($\sigma = 2,73 + 0,01 \times P_2O_5$).

Вовлечение в освоение бедных руд в связи с введением эксплуатационных кондиций вызвало необходимость уточнения величины объёмной массы. С этой целью для каждого типа руд были вычислены уравнения регрессии с высокими, статистически значимыми значениями коэффициентов корреляции (при доверительной вероятности 95%). Проверка гипотезы о наличии связи между объёмной массой и содержаниями P_2O_5 и Al_2O_3 в каждой группе осуществлялась по критерию Стьюдента (табл. 45).

Таблица 45

Уравнения регрессии между объёмной массой апатитовых руд и горных пород и содержаниями в них P_2O_5 и Al_2O_3

Группы руд и пород	Число Проб n	Уравнения регрессии	Коэф. корреляции r	Критерий Стьюдента	
				$t_{расч.}$	$t_{табл.}$
Апатито-нефелиновые руды всех типов	143	$2,796 + 0,011 \times P_2O_5$ $3,237 - 0,017 \times Al_2O_3$	0,872 -0,941	26,06	1,98
Сфено-apatитовые руды	65	$3,006 + 0,14 \times P_2O_5$ $3,488 - 0,031 \times Al_2O_3$	0,512 -0,928	8,73	2,00
Сетчатые руды и уртиты	24	$2,749 + 0,016 \times P_2O_5$ $3,324 - 0,026 \times Al_2O_3$	0,744	2,64	2,07
Вмещающие породы (ийолиты)	28	$2,915 + 0,035 \times P_2O_5$ $3,357 - 0,025 \times Al_2O_3$	0,213	4,18	2,06

Объёмная масса рассчитывалась для каждой пробы, а в целом по блоку с учетом распространенности выделенных природных типов руд. Определения объёмной массы, естественной влажности и пористости выполнялись по стандартным методикам по штучным образцам руд (10-20 кг), используемым в дальнейшем в качестве эталонных проб для выявления корреляционных связей между основными и попутными компонентами и минералами руд.

Сопоставление объёмной масс, рассчитанной по уравнениям регрессии

и определенной в рудных целиках (10-15 т), показало хорошую сходимость результатов. Значения объёмной массы для подсчёта запасов принимается по «скользящей» шкале в зависимости от среднего содержания P_2O_5 в блоке (табл. 46).

Таблица 46

Классы содержаний P_2O_5 , %	Объёмная масса т/м ³	Классы содержаний P_2O_5 , %	Объёмная масса т/м ³	Классы содержаний P_2O_5 , %	Объёмная масса т/м ³
До 2	2,67	7 - 8	2,79	13 - 14	2,91
2 - 3	2,69	8 - 9	2,81	14 - 15	2,93
3 - 4	2,71	9 - 10	2,83	15 - 16	2,95
4 - 5	2,73	10 - 11	2,85	16 - 17	2,97
5 - 6	2,75	11 - 12	2,87	17 - 18	2,99
6 - 7	2,77	12 - 13	2,89	18 - 19	3,01

В настоящее время объёмная масса руд определяется методом гамма-гамма плотностного каротажа (ГГК-II), апробированным экспертно-техническим советом ГКЗ в качестве основного для подсчета запасов.

Выделение подсчётных блоков

Блокировка запасов заключается в выделении в пределах промышленного контура рудного тела подсчетных блоков по категориям разведанности (А, В, С₁ и С₂), а также по балансовой принадлежности (балансовые и забалансовые запасы).

Подсчётный блок – это участок рудного тела, однородный по строению, составу и качеству полезного ископаемого, находящийся в одинаковых горногеологических условиях разработки и изученный с равной степенью детальности во всех его частях. При блокировке запасов необходимо учитывать совокупность критериев: степень однородности по разведанности и изученности подсчётных параметров, сложности геологического строения и качественных характеристик (содержаний компонентов, технологических свойств), условий разработки.

Другими словами, подсчётный блок - это подготовленный для разработки и однородный по всем критериям достаточно крупный участок месторождения (рудного тела). Контуры блока должны быть максимально приближены к системе разработки месторождения.

Оптимальный размер блока зависит от сложности геологического строения (чем оно проще, тем крупнее могут быть блоки) и числом рудных пересечений (скважин, проб), влияющим на достоверность количественных и качественных подсчётных параметров. Минимальное число выработок, на которые опирается блок, должно составлять для месторождений простого строения – 9, сложного – 16, весьма сложного – 25.

Соблюдение этих условий предопределяет выбор оптимальных размеров блоков. Выделение чрезмерно мелких или, наоборот, крупных блоков нецелесообразно: в первом случае, оно лимитируется необходимым объемом разведочной информации для достоверного определения подсчётных параметров; во втором случае, укрупнение блоков может привести к нарушению принципа однородности свойств полезного ископаемого или условий добычи на отдельных участках блока. В зависимости от категорий разведанности оптимальные размеры блоков должны соответствовать производительности рудников за периоды: 1-2 года для запасов категории А; 3-5 лет - для категории В и 5-10 лет для категории С₁.

Запасы блоков высоких категорий А и В оконтуриваются по выработкам и не интерполируются между ними; для категории С₁ допускается частичная интерполяция запасов между выработками или ограниченная экстраполяция (не более, чем на 1/2 расстояния между ними); запасы категории С₂, как правило, находятся в зоне геологически обоснованной экстраполяции.

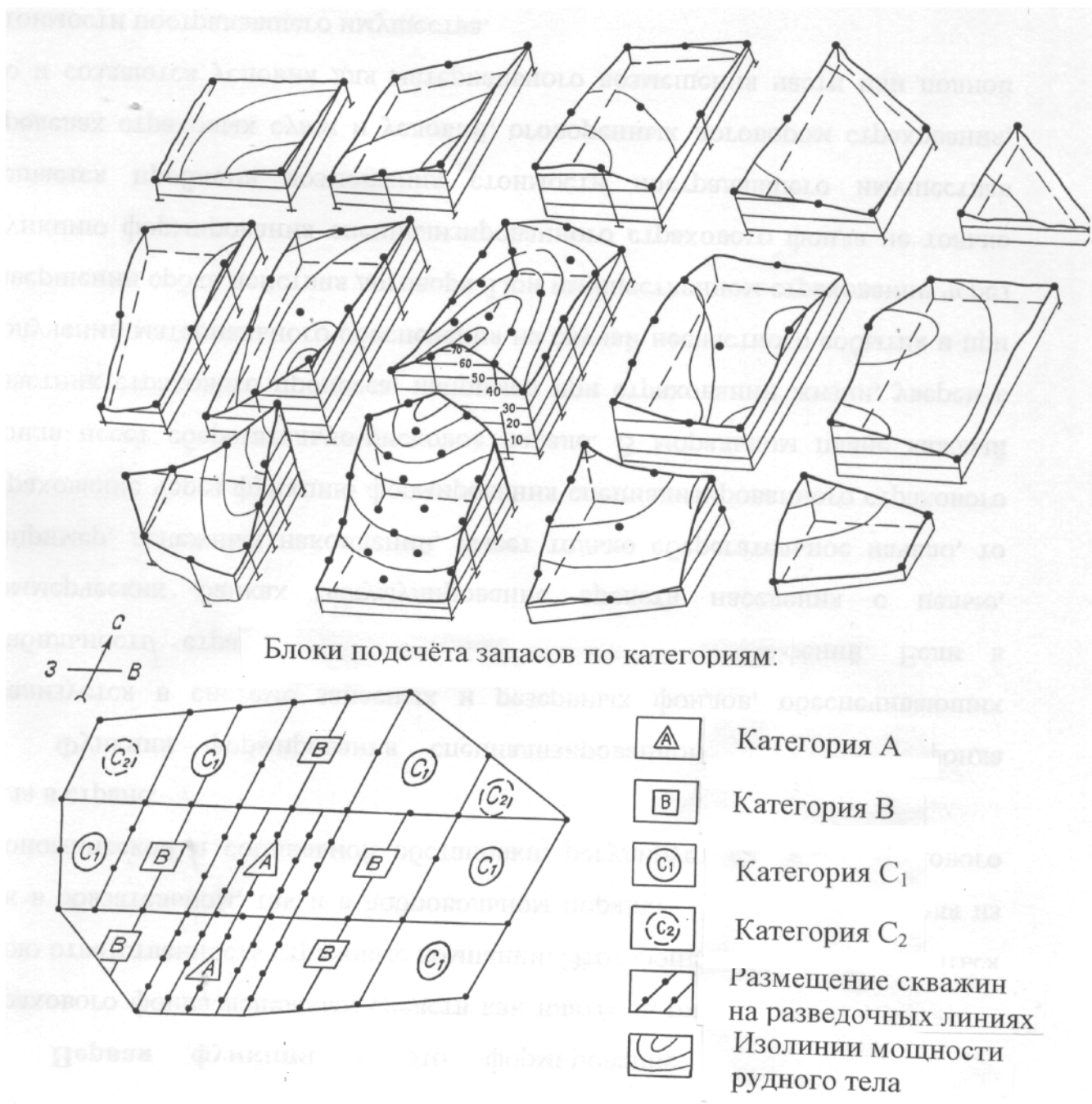


Рис. . Схема выделения подсчётных блоков на месторождении, разведанном методом вертикальных разрезов

Разведка запасов высоких категорий проводится на участках первоочередной отработки. Требования к детальности изучения морфологии и внутреннего строения месторождений, качества и технологических свойств руд, горно-геологических и других условий их освоения регламентируется «Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» (ГКЗ, 1999). Однако эти требования для недропользователей имеют рекомендательный характер; соотношение между запасами категорий А:В:С₁ также устанавливается

недропользователем.

Подсчётные параметры по блоку вычисляются методами среднего арифметического (по числу рудных пересечений) или среднего взвешенного (на длину влияния замера по выработке). Метод среднего арифметического рекомендуется применять при равномерном размещении выработок на площади блока и при незакономерном (случайном) распределении значений мощности и содержания P_2O_5 по выработкам. Если же при разведке установлено направленное изменение одного или обоих подсчётных параметров, необходимо взвешивать величины мощностей на длину влияния выработок, а содержаний – на вертикальную (или истинную) мощность.

При эксплуатационной разведке широко применяется многоствольное бурение восстающих, вертикальных и наклонных скважин из подземных выработок. Для усреднения качественных характеристик (содержаний компонентов) по таким скважинам применяются следующие приемы:

В первом случае, когда из одного устья пробурен куст из двух скважин, одна из которых - восстающая, вычисляется суммарная длина рудных пересечений и суммарный метропроцент, по которым производился расчет среднего содержания по рудному телу. Во втором случае, из одного устья пробурен куст из трёх скважин, одна из которых восстающая, а две пробурены до подстилающих пород, вычислялось среднее содержание компонентов по двум «нижним» скважинам путем взвешивания на полусумму их длин и эти данные объединились с данными по восстающей скважине (аналогично первому случаю).

Среднее содержание компонентов по категориям запасов, рудным телам и по месторождению в целом вычисляются как частное от деления запасов компонентов на запасы руды, а средние мощности – от деления объемов руды на площадь их распространения.

Измерения площадей блоков или рудных сечений (S) выполняются на геолого-подсчетных планах (при методе блоков) или на разрезах масштабов 1:1000 – 1:2000 путём разбивки на простые фигуры по координатам опорных точек или с использованием планиметра двумя исполнителями. В расчет принимается среднее значение площади, если расхождение между двумя измерениями не превышает ± 1 отн. %.

При подсчете запасов с применением вычислительной техники расчет площадей выполняется по координатам x и z угловых точек (k) замкнутого контура по формуле $S = 1/2 \times \sum X_k (Z_{k+1} - Z_{k-1})$.

При расчете средних площадей между двумя или n -сечениями применяется поправочный коэффициент « K », учитывающий неравенство сечений.

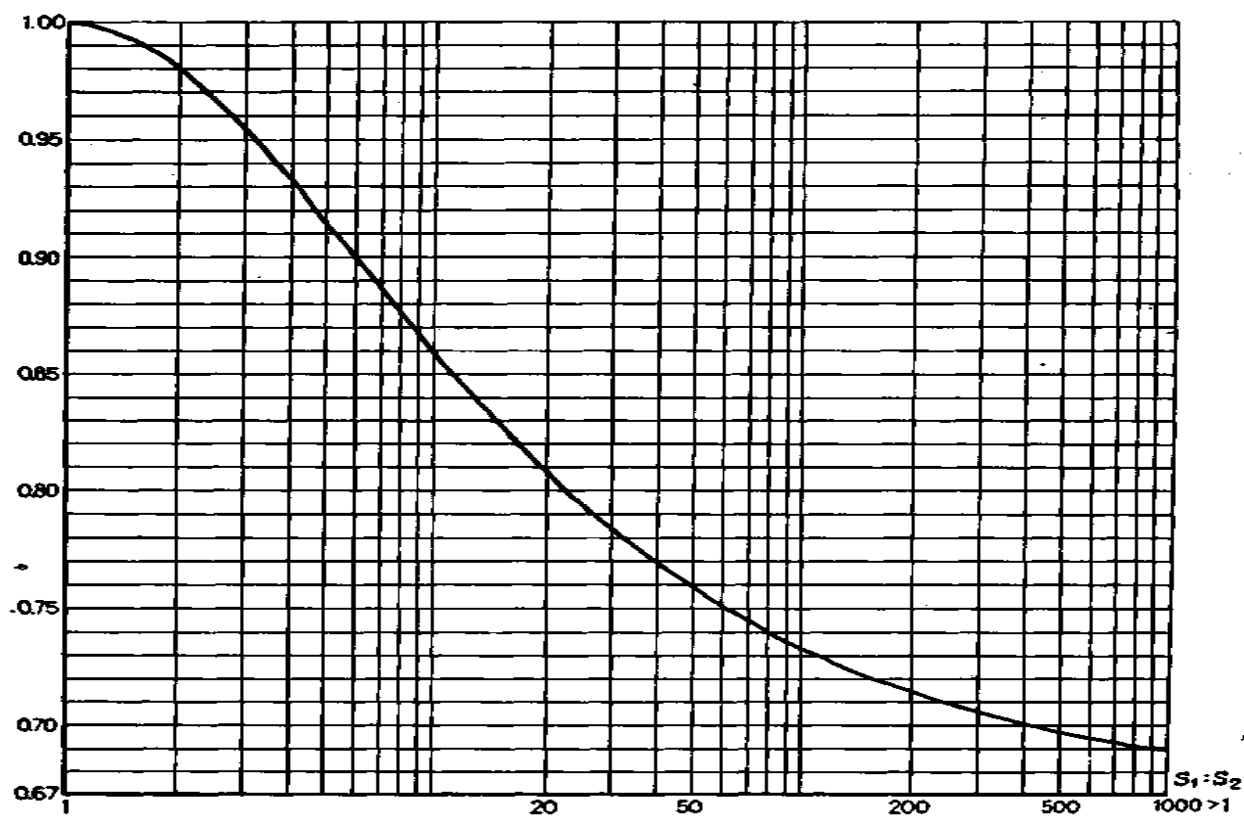


Рис. . Значения поправочного коэффициента « K », учитывающего неравенство площадей рудных сечений, ограничивающих блок

Вычисление *объемов подсчётных блоков* производится по обычной методике. При сложной конфигурации блоков объёмы определяются суммированием объёмов подблоков простой формы. Применяемые в практике подсчета запасов методом геологических разрезов формулы конуса (пирамиды) или клина для вычисления объемов блоков, заключенных между сечением (S) и краевой выработкой, вскрывшей m -мощность, дают искаженные (заниженные) результаты, т.к. не учитывают мощность залежи по такой выработке (рис.).

Для более правильного учета объемов рекомендуется разбивка блока ($V_{\text{бл.}}$) на два подблока (V_1 и V_2):

$$(V_{\text{бл.}}) = V_1 + V_2 = 1/3 \cdot S \cdot L + 1/3 \cdot P \cdot m \text{ (м)}, \text{ где}$$

S - площадь подсчетного сечения (на разрезе), м^2 ;

L - расстояние между сечением и краевой выработкой, м;

P - площадь треугольника (на плане) между сечением и выработкой, м^2 ;

m - вертикальная мощность залежи по выработке, м.

3 Методы подсчета запасов

Подсчет запасов полезных ископаемых в недрах выполняется с целью оценки минерально-сырьевого потенциала разведанного месторождения. Подсчет запасов включает ряд последовательных операций по подготовке, обработке и преобразованию исходных данных, оформлению и анализу конечных результатов. В отечественной геологоразведочной практике известно несколько методов подсчета запасов, основанных на принципах:

а) замены или преобразования сложных природных форм рудных залежей (пластов, линз, складок) равновеликими по объему и простыми геометрическими телами (пластинами, призмами, пирамидами), объёмы которых могут быть вычислены по известным формулам геометрии;

б) способа экстраполяции геологоразведочных данных (мощности, содержания компонентов) по выработке на соседние участки.

в) расчленения месторождения или слагающих рудных тел на подсчётные блоки, различающиеся между собой по степени разведанности, изученности качественных свойств и другим условиям будущей разработки.

Достоверность подсчета запасов зависит от адекватности выбранного метода установленной при разведке геологической модели месторождения и от взаимного расположения разведочных выработок. Выбор метода подсчёта запасов определяется не простотой или удобством выполнения подсчетных операций, а зависит от применявшейся системы разведки и особенностей геологического строения месторождения.

Среди геологов-практиков укоренилось мнение о том, что запасы конкретного месторождения должны быть подсчитаны только одним из выбранных методов, о недопустимости применения разных методов для оценки запасов на отдельных участках, даже если такие участки отличаются по морфологии рудных тел, по геометрии разведочной сети, по характеру распределения полезных компонентов. Ошибочность такого мнения очевидна: трудно представить себе природный объект, в пределах которого все участки (апикальные части, глубокие горизонты, фланги) по морфологии рудных тел или по изменчивости качества руд не отличались бы от центральных частей месторождения.

В процессе разведки приходится отступать от формального принципа соблюдения строгой упорядоченности взаимного расположения выработок, сгущать их на участках сложного строения или разрезать разведочную сеть, где это возможно. В условиях горного рельефа не представляется возможным закладывать скважины в узлах разведочной сети, применяется наклонно-направленное бурение скважин. В связи со значительными искривлениями траектории скважин не всегда удается соблюсти без искажения параметры разведочной сети. Особенно изменяется порядок взаимного расположения рудных пересечений при разведке многоярусных рудных зон.

Поэтому использование различных методов при оценке запасов конкретного месторождения не только не противоречит, а, наоборот, полностью согласуется с методическими принципами подсчета запасов, основанными на преобразовании сложных природных форм рудных тел простыми геометрическими фигурами.

Запасы полезных ископаемых ($Z_{\text{руды}}$) и компонентов (металлов), содержащихся в руде ($Z_{\text{комп.}}$) подсчитываются по формулам:

$$Z_{\text{руды}} = V \times d ; \quad Z_{\text{комп}} = V \times d \times C, \text{ где}$$

V – объём подсчётного блока (рудного тела), м^3 ;

d - объёмная масса полезного ископаемого, $\text{т}/\text{м}^3$;

C - содержание компонента (C % / 100).

Таблица 47

Области применения методов подсчёта запасов

Области применения (достоинства)	Ограничения (недостатки)
<i>Метод геологических блоков</i>	
Обеспечивает высокую достоверность подсчета запасов на месторождениях с изменчивой мощностью рудных тел и содержаниями полезных компонентов	Практически не имеет ограничений
<i>Метод геологических разрезов</i>	
Обеспечивает высокую достоверность подсчета запасов на месторождениях, разведанных по системе параллельных разрезов вкрест простирания рудных тел	Применение метода возможно только на месторождениях, разведанных по системе параллельных линий
<i>Статистический метод</i>	
Применяется на начальных стадиях геологического изучения (поиски, оценка) для оперативной оценки масштабов месторождения	Необходима контрольная проверка достоверности подсчета запасов
<i>Метод изолиний</i>	
Обеспечивают хорошую наглядность графического отображения морфологии и структуры рудных тел; позволяет дифференцировать запасы по гипсометрическим уровням	Практически не используются из-за невозможности соблюдения требований по блокировке запасов по категориям и по балансовой принадлежности
<i>Методы треугольников, многоугольников, метод ближайшего района</i>	
Позволяет учитывать влияние подсчётных параметров при неравномерном размещении выработок по площади	Применяется только на начальных стадиях геологического изучения месторождения

Метод геологических блоков, предложенный В.И. Смирновым в 1950 г., заключается в разделении рудного тела на блоки, в пределах каждого из которых подсчётные параметры (мощности, содержания

компонентов по скважинам, горным выработками) характеризуются близкими значениями, а сами выработки размещаются на площади довольно равномерно.

Средняя мощность рудного тела по блоку (m) вычисляется способом среднеарифметического по числу выработок в блоке. При оконтуривании запасов по наклонно-направленным скважинам среднее значение площади блока также определяется как среднее арифметическое между площадями, оконтуренными по верхнему ($S_{верх}$) и нижнему ($S_{нижн.}$) контактам рудного тела. Объёмы подсчётных блоков (V), запасов руды (Q) и полезного компонента в руде (q) вычисляются по формулам:

$$V = S \times m \text{ (м}^3\text{)}; \quad Q = V \times d \text{ (т)}; \quad q = Q \times \bar{C} / 100 \text{ (т)}, \text{ где:}$$

S – площадь проекции рудного тела на плане подсчёта запасов;

m – средняя мощность рудного тела в блоке;

d – объёмная масса руды;

$\bar{C}$ – среднее содержание полезного компонента в руде, (%).

Пологозалегающие рудные тела с углом падения до 30° проецируются на горизонтальную плоскость; при среднем угле ($30-60^\circ$) – на плоскость, параллельную падению залежи; крутопадающие тела ($60-90^\circ$) – на вертикальную плоскость (рис.). Соответственно, в первом случае для подсчёта объёма блока используется вертикальная мощность ($m_{\text{верт.}}$), во втором – истинная ($m_{\text{ист.}}$), в третьем – горизонтальная мощность ($m_{\text{гориз.}}$).

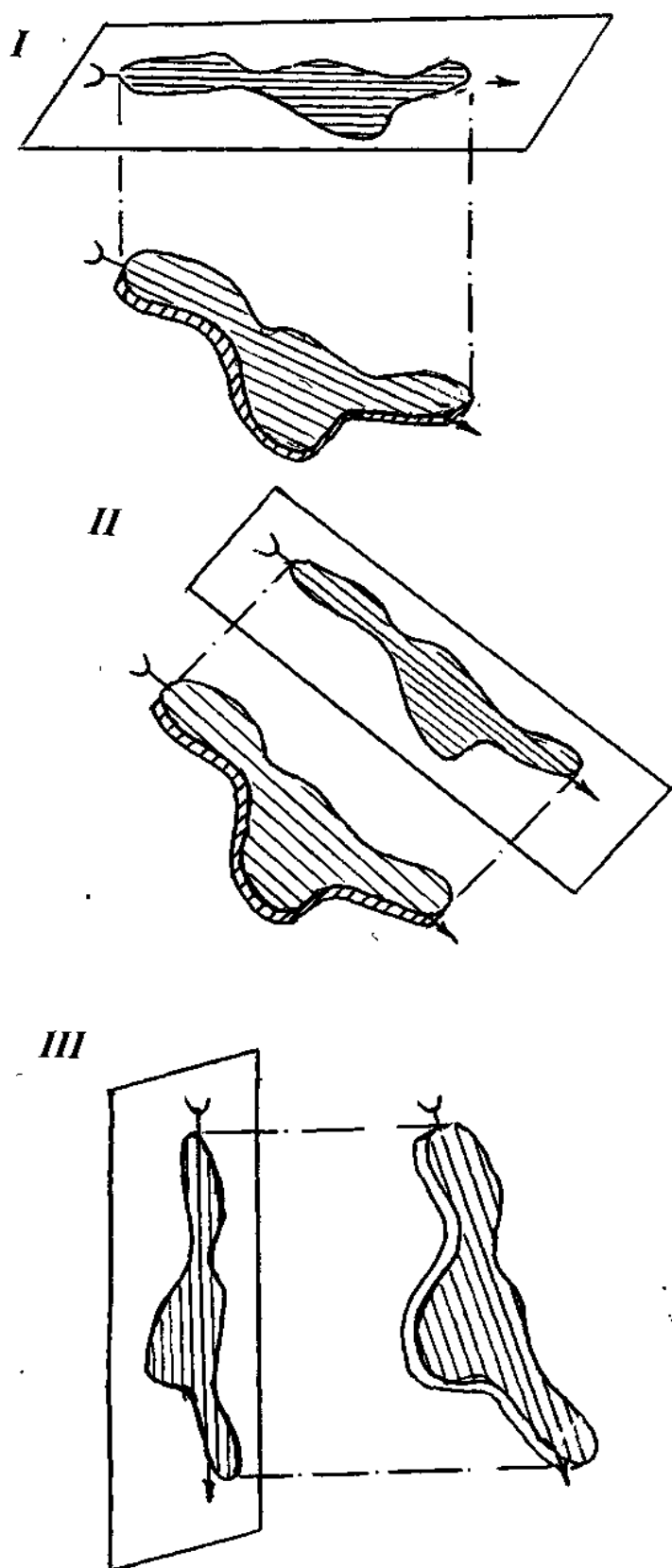


Рис. Проекции рудного тела на планы подсчета запасов в зависимости от углов падения

Таблица 48

Формуляр подсчёта запасов методом геологических блоков

№ блока	Средняя площадь, S (м ²)	Средняя мощность, m (м)	Объём блока, V (м ³)	Объёмная масса, d (т/м ³)	Запасы руды, Q (т)	Среднее содержание, % компонента, $\bar{C}$	Запасы компонента, q (т)
Категория А							
А-1	10000	25,00	250000	3,00	750000	15,00	112500
А-2	12000	20,00	240000	3,10	744000	16,00	119040
Данные заполняются аналогично							
Итого	55000	-	1210000	-	3850000	16,25	6256650
Категория В							
В-2	Данные заполняются аналогично						

Метод геологических блоков является универсальным; он позволяет наиболее полно учитывать особенности геологического строения, систему разведки и поэтому широко используется при подсчёте запасов любых видов полезных ископаемых.

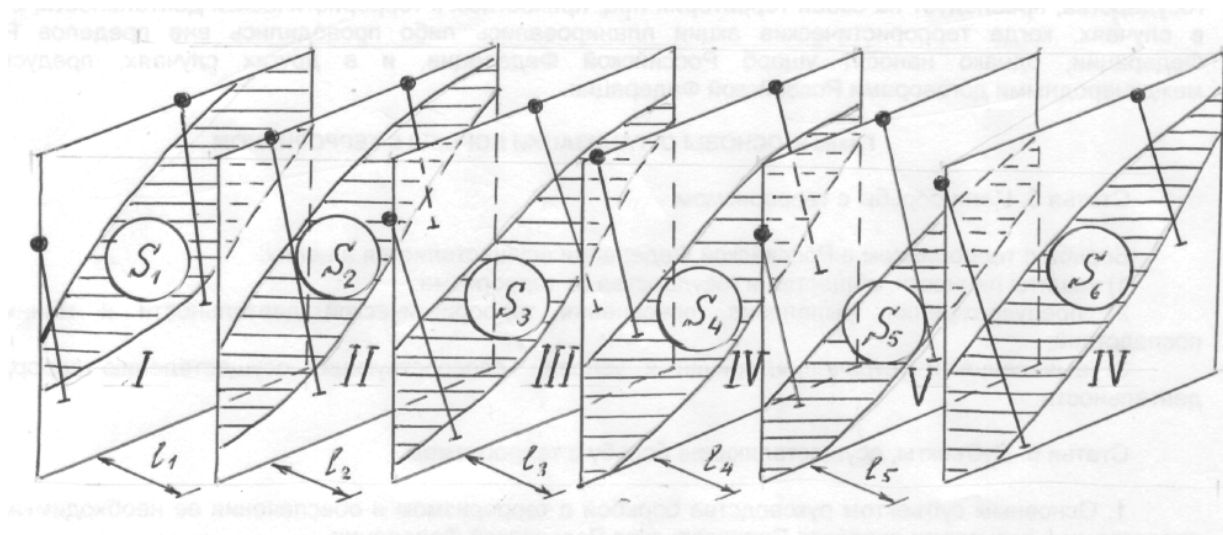
Метод эксплуатационных блоков применяется в процессе подготовки выемочных единиц (этажей, горизонтов, уступов карьеров) для планирования развития добычных работ на краткосрочную перспективу не может рассматриваться в качестве альтернативного для подсчёта запасов по месторождению в целом.

Этот метод основан на экстраполяции данных опробования по горным выработкам на глубину (ширину) участка первоочередной отработки

Метод геологических разрезов (иначе – метод параллельных сечений) применяется при подсчёте запасов месторождений, разведанных по системе профилей, ориентированных вкрест простирания рудных тел. Метод основан на разделении рудного тела на блоки, в пределах каждого из которых подсчётные параметры (мощности, содержания компонентов по разведочным выработкам) характеризуются близкими значениями, а сами выработки размещаются на площади довольно равномерно. Метод блоков является наиболее универсальным; он позволяет наиболее полно учитывать особенности геологического строения, систему разведки и широко используется при подсчёте запасов любых видов полезных ископаемых.

По данным разведочных выработок составляются геолого-подсчётные

планы и разрезы. Контуры подсчётных блоков обычно не ограничиваются двумя смежными профилями; а охватывают значительную часть рудного тела, разведанную по системе нескольких параллельных разрезов (рис.).



Объёмы блоков (V) вычисляются по формуле усечённой пирамиды:

$$V = \frac{1}{2} \times K \times (S_T + S_{T+1}) \times l, \text{ где:}$$

S_1 и S_n – площади рудного тела на поперечных сечениях (м^2);

l – расстояние между сечениями (разрезами по профилям, м);

K – поправочный (понижающий) коэффициент, учитывающий неравенство поперечных площадей рудного тела на профилях, ограничивающих подблок.(рис.).

Объём блока определяется суммированием отдельных подблоков.

Статистический метод используется на начальных стадиях изучения рудного объекта (при оценке, в процессе разведки) для ориентировочной оценки запасов при отсутствии достаточных разведочных данных для их дифференциации по блокам, категориям разведанности, качеству, способам будущей разработки и другим характеристикам.

При подсчёте этим методом запасов сложное по форме рудное тело преобразуется в пластину, площадь которой соответствует внешнему контуру рудного тела, а высота – его мощности, вычисленной способом среднеарифметического по совокупности данных всех геологоразведочных выработок, пересекших тело полезного ископаемого.

Объём рудного тела (V) вычисляется умножением его площади (S) на среднюю мощность (m); запасы руды ($Z_{\text{руды}}$) определяются как произведение

объёма на объёмную массу (d), а запасы металла ($Z_{\text{комп.}}$) – взвешиванием запасов руды на содержание металла в руде (C).

$$Z_{\text{руды}} = S \times m \times d ; \quad Z_{\text{комп.}} = Z_{\text{руды}} \times C / 100 , \text{ где:}$$

S – площадь размещения полезного ископаемого (руды), м^2 ;

m – средняя мощность рудного тела, м ;

d - объёмная масса полезного ископаемого (руды), т/м^3 ;

C – среднее содержание полезного компонента (металла) в руде, %.

Метод изолиний мощности или изолиний содержания полезных компонентов заключается в графическом отображении в виде линий равных величин подсчётных параметров (мощностей или содержаний), вычислении занимаемых ими площадей на подсчетных планах, объёмов блоков и запасов руды и (или) полезных компонентов (металлов) по формуле:

$$V = (S_1 +$$

$$V = (S_1 +$$

Методы треугольников, многоугольников

Метод ближайшего района

Применяемые в геологоразведочной практике методы подсчета запасов подробно освещены в специальной и в учебной литературе.

Оформление материалов подсчета запасов

Порядок представления, требования к содержанию и оформлению материалов подсчета запасов регламентируются Инструкцией ГКЗ МПР РФ. Эти требования включают перечни необходимых материалов и документов, обеспечивающих возможность экспертной проработки результатов подсчета запасов. При составлении отчетов с подсчетом запасов целесообразно придерживаться единых принципов и способов подготовки и оформления текстовых, расчетных и графических материалов, соблюдение которых облегчает пользование, повышает наглядность и позволяет выполнять экспертную проверку результатов подсчета, а при необходимости и пересчет запасов в отсутствии авторов.

В целях сокращения объема графических приложений, исключения дублирования чертежей рекомендуется совмещение геолого-структурной и подсчетной информации на разрезах и планах. Эти материалы составляются в масштабе 1:2000, что вполне обеспечивает наглядность и необходимую детальность геолого-подсчетной основы.

На планах подсчета запасов контуры блоков по искривленным скважинам изображаются двойными линиями: сплошной, соединяющей точки входа скважин в рудное тело (верхний контур блока), и прерывистой, проведенной через точки выхода (нижний контур блока). При подсчете запасов методом геологических блоков измеряются площади по обоим контурам, затем вычисляется средняя площадь. Сопряженная поверхность блоков (полоса перекрытия между сплошной и прерывистой линиями) показывается штриховкой и цветовой раскраской, принятыми для соответствующих категорий запасов (категории: А – красный, В – голубой, С₁ – зеленый, С₂ – желтый цвета). В случаях, когда сопрягаются блоки разных категорий применяется комбинирование штриховки и цветowych полос.

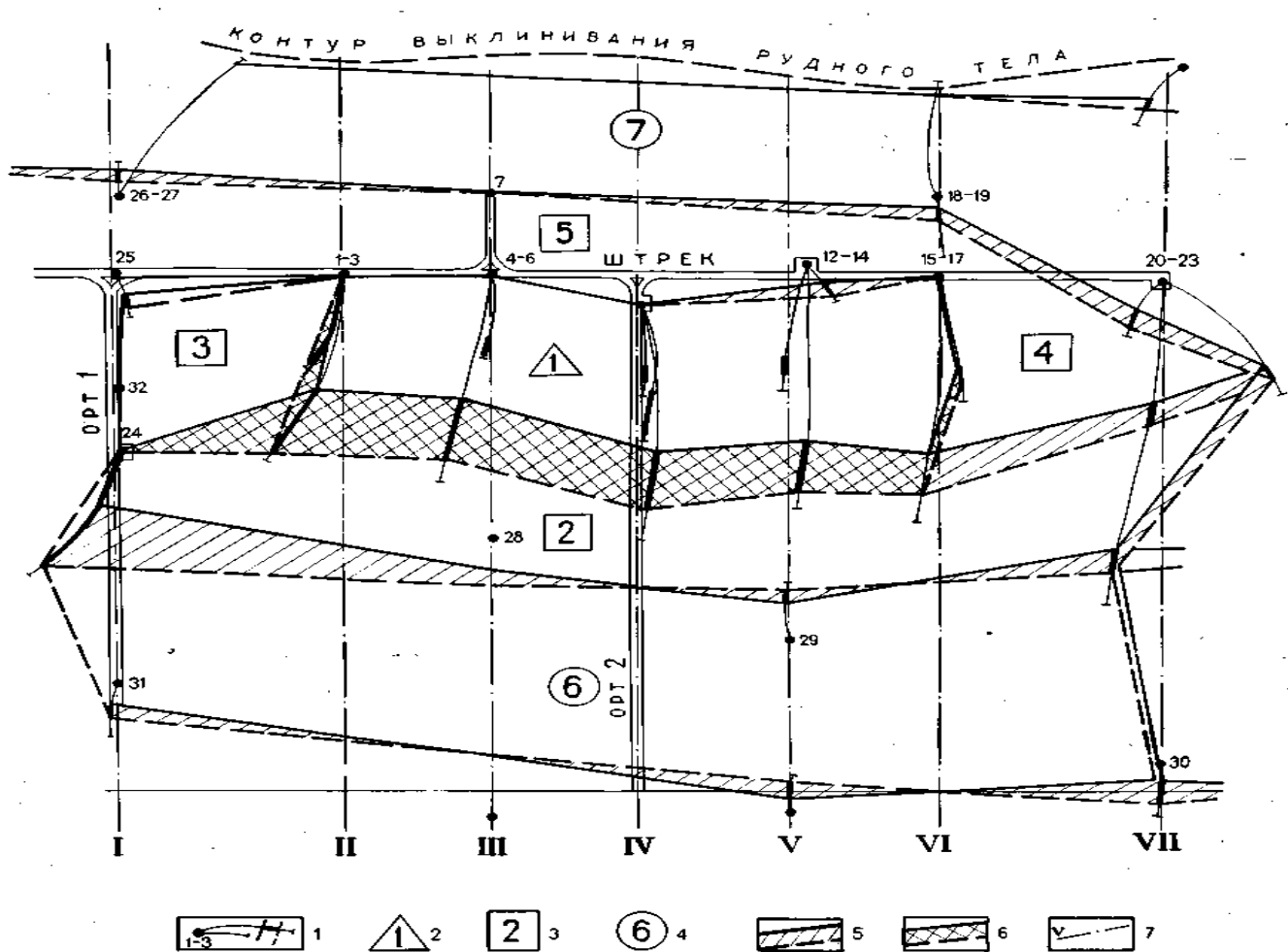


Рис.

Запасы, подлежащие открытой подземной добыче, выделяются в отдельные блоки. Для разделения таких блоков по способам отработки используются методы геолого-структурного анализа:

а) составляются планы изогипс бортов карьера и изогипс верхнего и нижнего контактов залежи (масштаб 1:2000, сечение горизонталей 10 м);

б) точки пересечения равных изогипс карьера и залежи соединяются плавной линией, соответствующей границе открытой и подземной отработки.

Для подтверждения обоснованности авторской блокировки запасов по принципу геологической однородности участков и однотипности качества и технологических свойств руд рекомендуется наносить контуры блоков на

геолого-структурные планы (изогипс контактов, изомощностей) и на геолого-технологические карты.

Совмещенные геолого-подсчетные разрезы должны отражать внутреннее строение залежей как основы для блокировки запасов (характер контактов с вмещающими породами, границы распространения типов руд, их вторичные изменения, масштабы и направления тектонических нарушений и др.) и содержать подсчетную информацию (данные о мощностях залежи и внутрирудных прослоев, распределение полезных компонентов по рудным интервалам и пробам, графики комплексного каротажа, номера проб и др.). На планах и разрезах по месторождениям, запасы которых ранее утверждались в ГКЗ, кроме того, должны быть показаны контуры погашенных в результате добычи и ранее утвержденных запасов. Оформление геолого-подсчетных планов и разрезов должно соответствовать их назначению: геологическая нагрузка является фоном для блокировки запасов.

В комплект графических приложений к подсчету запасов включается картограмма геолого-геофизической изученности и опробования, составляемая в масштабе 1:2000, содержащая всю исходную информацию о выработках, методах и технических средствах разведочных работ (типы выработок, их назначение, дата проходки, координаты устьев, траектория скважин, интервалы рудных пересечений, номера проб, в том числе использованных при подсчете запасов, проекции замеров искривления скважин, выполненные методы геофизических исследований скважин, места отбора технологических проб и другие данные, необходимые для экспертизы и облегчающие пользование отчетными материалами.

Все вычислительные операции от подготовки исходных параметров по выработкам в соответствии с показателями кондиций вплоть до получения итоговых результатов подсчета запасов должны выполняться с соблюдением их логической последовательности, так, чтобы конечная информация на предыдущей стадии являлась бы исходной для последующих расчетов. Особенно важно придерживаться очередности операций по преобразованию геологоразведочных данных при выполнении подсчета по нескольким вариантам бортовых содержаний основного компонента на стадии подготовки разведочных кондиций.

Опыт разведки хибинских месторождений показывает, что вариантный

подсчет запасов целесообразно выполнять не автономно, т.е. не отдельно для каждого варианта, а «кумулятивно», путем последовательного приращения запасов от большего к низким показателям бортового содержания. В этом случае достигается сокращение затрат и времени труда, исключаются неизбежное при автономном подсчете дублирование части материала, снижается вероятность просчетов, связанных с неправильным оконтуриванием рудных интервалов по выработкам, обеспечивается их повариантная проверка на кондиционность.

Изменение площадей рудных сечений, соответствующих вариантам подсчета, целесообразно отражать на совмещенных (для всех вариантов) геолого-подсчетных разрезах и планах.

Контроль результатов подсчетов запасов

Объективным критерием оценки достоверности геометризации контуров балансовых руд и точности всех параметров подсчета запасов является эксплуатационная практика. Объем сопоставлений по каждому руднику (месторождению) составляет десятки-сотни млн. т руды. Поскольку существующая на рудниках система отработки предусматривает нарезку эксплуатационных блоков независимо от контуров подсчетных блоков, сопоставление выполнено в целом по категории А+В. В сумму запасов, списанных с баланса, входит как добытая руда (за вычетом разубоживания) и фактические потери в недрах, определяемые геолого-маркшейдерской службой. Результаты сопоставления приведены в табл. 45:

Таблица 45

Показатели, ед. изм.	Месторождения			
	Кукисвум-чорр	Юкспор	Апатитовый Цирк	Плато Расвумчорр
Период сопоставления, лет		16	18	18
Погашенные запасы (добыча + потери), млн. т руда	175,5	81,9	90,8	282,8
- P ₂ O ₅	29,8	14,1	15,5	51,7
Содержание P ₂ O ₅ в погашен-ных запасах, абс. %	16,98	17,16	17,08	18,27
Результаты сопоставления, отн. %				
- по запасам руды	+3,0	+1,9	- 0,6	+1,9
- по запасам P ₂ O ₅	-2,6	+0,3	- 4,1	+1,5
- по содержанию P ₂ O ₅	-5,6	- 1,6	- 3,4	- 0,4

Выявленные расхождения между подсчитанными и извлеченными запасами настолько незначительны, что не требуют анализа причин. Сравнение результатов подсчета запасов разными методами не позволяет объективно оценить преимущества любого из них. Такой анализ может дать лишь косвенную информацию о величинах расхождения параметров подсчета (мощностей, средних содержаний компонентов, объемов и количеств запасов), вычисленных различными методами по отношению к основному, обоснованность применения которого сохраняется неопределенной вплоть до погашения запасов при добыче.

По материалам предварительной разведки Эвеслогчоррского месторождения запасы были подсчитаны семью различными методами.

Апатитовая залежь месторождения Эвеслогчорр имеет в плане изометричную форму с "изрезанными" контурами, крупные размеры, пластово-линзовидную морфологию, выдержанные элементы залегания, среднюю степень изменчивости мощности (коэффициент вариации 66%), осложненной раздувами и пережимами (рис.). Соотношение средней мощности залежи к ее размерам по простиранию и по падению близко к 1:15:20. внутренне строение залежи ассиметрично-зональное: в направлении от верхнего к нижнему контакту сфено-apatитовые руды сменяются пятнистыми и линзовидно-полосчатыми рудами, апатитовыми уртитами, постепенно переходящими в уртиты с убогой апатитовой минерализацией. В объеме залежи на разных ее уровнях выявлены многочисленные прослои некондиционных руд и пород. коэффициент вариации содержания P_2O_5 в целом по рудной зоне составляет 28%. Несмотря на слабую изменчивость качества руд, выявлена закономерная приуроченность обогащенных участков к раздувам мощности, а относительно бедных апатитовых руд - к ее пережимокам и к краевым зонам. По степени сложности строения и изменчивости подсчетных параметров Эвеслогчоррское месторождение относится к 1-й группе.

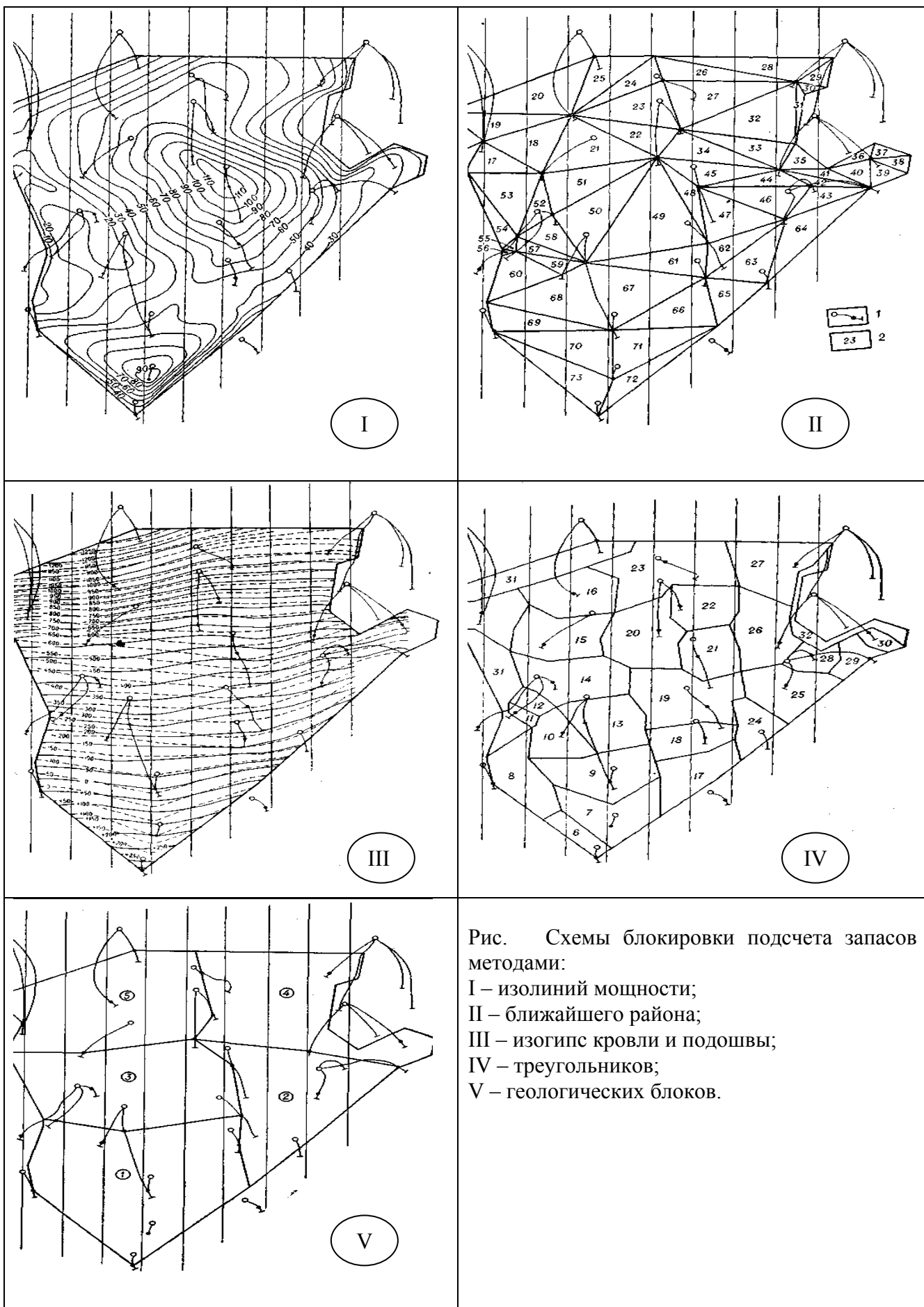
Разведка проводилась наклонно-направленными скважинами, рудные пересечения по которым смещены относительно системы параллельных профилей на несколько десятков метров в обе стороны.

В процессе разведки оперативный подсчет запасов выполнялся методом геологических блоков путем последовательного "наращивания" запасов к ранее разведанным, что обеспечивало лишь приблизительную

оценку их движения в результате прироста. Как отмечает В.М. Крейтер, "недостаток способа геологических блоков состоит в том, что в последствии, при подготовке месторождения к эксплуатации, приходится перестраивать все подсчетные блоки применительно к системе разработок и производить полный перерасчет запасов.

Применение этого метода предполагает достаточно правильную организацию разведочных работ на месторождении, в частности, проходку разведочных выработок или скважины по более или менее параллельными линиями и достаточно равномерное распределение их полным пересечением тела полезного ископаемого. Наличие весьма значительных отклонений рудных пересечений от разведочных профилей, а также сложная конфигурация контуров залежи в плане, ограничивают возможность использования метода разрезов в качестве основного при подсчете запасов данного месторождения. Тем не менее этот метод в двух модификациях (вертикальных и горизонтальных сечений использован в качестве паритетного для сравнения с другими способами подсчета запасов.

С учетом особенностей геологического строения рудной залежи и применявшейся системы разведки основным методом при подсчете запасов выбран метод изолиний мощности, который широко используется в геологоразведочном деле как весьма ценный метод изображения, нередко позволяющий заранее предвидеть некоторые геологические явления.



На планах изолиний мощности, построенных для 4-х вариантов бортового содержания P_2O_5 , с возможной полнотой отображены элементы морфологии рудной залежи, что позволяет объективно учитывать этот фактор при выделении подсчетных блоков. Преимущества выбранного метода перед другими также являются:

а) объективность и большая достоверность вычисления объемов, а следовательно, и запасов, поскольку полностью исключаются влияния больших, или наоборот, малых значений мощности по скважинам, находящимся на границе двух и более блоков;

б) более высокая достоверность подсчета связана как с возможностью соблюдения наибольшего подобия подсчетных фигур геологическим формам рудного тела, так и с усовершенствованием вычислительной операций введением поправочных коэффициентов, учитывающих неравенство площадей между горизонтальными сечениями;

в) наглядность графической основы для подсчета запасов, наибольшее соответствие этой основы геологическим принципам изображения морфоструктуры залежи.

В методических руководствах по подсчету запасов отмечаются следующие недостатки метода изолиний мощности:

а) громоздкость графических построений. Однако, по мнению автора, этот недостаток компенсируется их наглядностью, "геологичностью" метода, возможностью использования графопостроителя, а, также, окупается точностью конечных результатов.

Кроме того, отмечается, что особенно громоздкими становятся построения для месторождений многокомпонентных руд. Однако это возражение не распространяется на случаи, когда подсчет запасов попутных компонентов производится в контурах блоков основного полезного ископаемого. Поэтому применительно к хибинским апатито-нефелиновым месторождениям не возникает необходимость прибегать к дополнительным построениям;

б) сложность проверки подсчета, для чего требуется произвести полный пересчет запасов. Это возражение в равной мере относится к любому другому методу подсчета и поэтому не может приниматься во

внимание. Применимость любого метода нуждается в геологическом и методическом обосновании, а сложность контрольных проверок и пересчетов ничуть не меньше, чем для метода изолиний;

в) метод изолиний мощности ограничен в применении и может быть использован только для крупных месторождений с ненарушенной структурой и детально разведанных. Он пригоден для подсчета запасов по редкой сети из-за недостаточности данных для построения изолиний путем интерполяции между далеко расположенными выработками. Системы изолиний в этом случае не отражают формы тела и строения его деталей. По мнению автора, нельзя согласиться и с этим возражением, во-первых потому, что все хибинские месторождения являются крупными, а рассматриваемое, к тому же, и ненарушенным; во-вторых, при одной и той же плотности разведочной сети использование любого из известных методов подсчета предусматривает необходимость знания морфологии залежи и деталей ее строения и, в этом отношении ни один из методов не является предпочтительным.

С учетом изложенного, метод изолиний мощности, как наиболее полно отражающий особенности геологической структуры, принятую систему расположения скважин и степень детальности разведки, правомерно использован в качестве основного для месторождения Эвеслогчорр.

Порядок подготовки исходных данных для подсчета запасов включает следующие операции:

а) вычисление содержаний основных полезных компонентов P_2O_5 и Al_2O_3 способом средневзвешенного на пересеченную мощность залежи по скважинам по вариантам бортовых содержаний P_2O_5 2, 4, 6 и 8%;

б) оконтуривание площади распространения руд по разведочным выработкам способами интер- и экстраполяции;

в) блокировку запасов по категориям C_1 и C_2 с учетом степени разведанности и выявленных морфоструктурных особенностей залежи;

г) вычисление средних мощностей и содержаний P_2O_5 и Al_2O_3 по блокам и определение объемной массы руд в зависимости от содержания P_2O_5 ;

д) определение площадей рудных сечений одним из трёх способов: планиметрирование на планах (разрезах) масштаба 1:2000, разбивка блока на простые фигуры или координаты угловых точек по внешнему обводу рудного тела.;

е) подсчет объемов блоков, запасов руды и основных полезных компонентов по блокам, категориям и по месторождению в целом.

Практическими руководствами по применению метода изолиний мощности для вычисления объемов блоков рекомендуется использование любой из трех формул: приближенного интегрирования (формула Симпсона), усеченного конуса или трапеции, каждая из которых основана на уподоблении реальной, полностью не установленной, формы залежи к геометрически правильному телу.

Для уменьшения оценок приближенных оценок и упрощения расчетных операций определение объемов блоков осуществлялось суммированием объемов, заключенных между изолиниями мощности, кратными 10-метровым интервалом.

Объем каждой «пластины» вычислен по формуле:

$$V = 1/2 (S_1 + S_2) \cdot 10 K, \text{ где}$$

V - объем, заключенный между двумя изолиниями (через 10 м);

$(S_1 + S_2)$ - площади сечения на плане, м^2 ;

K - коэффициент, учитывающий неравенство площадей.

Величина объемной массы, экспериментально установленная по образцам керна, рассчитывалась по уравнению:

$$d = 1.76 + 0.01 \cdot C_{P_2O_5} \text{ (т/м}^3\text{)}, \text{ где}$$

$C_{P_2O_5}$ - содержание P_2O_5 в подсчетном блоке, %

Паритетные подсчеты выполнялись методами: вертикальных разрезов; изогипс (горизонтальных сечений); геологических блоков; треугольников; многоугольников; статистическим (метод среднего арифметического).

Сопоставление результатов подсчетов основным и контрольными методами приведены в табл. 47.

Таблица 47

Методы подсчёта	Запасы, отн. %		Содержание P_2O_5	
	руды	P_2O_5	руды	P_2O_5
Изолиний мощности (основной)	Расхождения, %			
Многоугольников	+4,4	+5,5	+1,15	+1,0
Изогипс контактов	+2,7	+1,1	- 0,23	- 1,6
Треугольников	-1,2	-1,1	+ 0,02	+1,1
Геологических блоков	-1,4	-1,9	- 0,07	- 0,5
Вертикальных разрезов	- 6,9	- 8,7	- 0,28	- 2,0
Геолого-статистический	- 10,2	- 10,4	- 0,03	- 0,2

Анализ табличных данных приводит к выводам:

1. Оценка содержаний P_2O_5 в запасах разными методами обеспечивает высокую сходимость с подсчетом по основному методу.

2. Определение величины запасов руды и P_2O_5 контрольными методами по сравнению с основным также дает близкие или удовлетворительные результаты (методы геологических разрезов и геолого-статистический). Минимальные отклонения подсчетных результатов получены теми методами, в основу которых положен принцип наибольшего подобия геометрических фигур подсчетных блоков геологической формы залежи, что достигается геолого-морфологическим моделированием (методы изогипс кровли и подошвы рудного тела) или разделением залежи на множество элементарных блоков, сглаживание которых обеспечивает наибольшее подобие форм (методы треугольников и многоугольников).

Метод разрезов к подсчету запасов данного месторождения менее приемлем, поскольку он не полностью соответствует применявшейся системы расположения разведочных скважин. Существенные расхождения в величине запасов, подсчитанных статистически (в меньшую сторону от основного) связаны с неравномерной плотностью сети в центральной части залежи и на ее флангах, где для оконтуривания она была сгущена.

Компьютерные технологии подсчёта запасов

Ускорение темпов воспроизводства запасов, резко возросшие объёмы геологоразведочной информации вызвали необходимость поиска принципиально новых способов обработки и преобразования исходных данных для подсчёта запасов, сокращающих затраты ручного труда. Использование компьютерных технологий при подсчёте запасов возможно по двум направлениям:

1. Разработка алгоритмов и программ, позволяющих автоматизировать трудоёмкие вычислительные операции. Компьютер используется только как совершенное вычислительное устройство. Получение дополнительной информации не предусматривается. Все операции, связанные с геометризацией запасов по блокам и категориям, с выбором метода подсчёта запасов выполняются вручную традиционным способом.

Это направление впервые было реализовано для подсчета запасов Хибинских месторождений комплексных апатито-нефелиновых руд. С этой целью был разработан комплекс программ с использованием электронно-вычислительной техники, обеспечивающий:

- сбор, ввод, хранение и преобразование исходных данных;
- обработку результатов документации выработок (скважин);
- вычисление параметров для подсчёта запасов по блокам, рудным телам и по месторождению (оконтуривание рудных интервалов с учётом требований кондиций, оценка и усреднение качественных характеристик);
- выполнение подсчётных операций, в том числе повариантных подсчётов для обоснования кондиций.

Комплекс программ по подсчёту запасов, кроме того, позволяет получать дополнительную информацию:

- обработку эталонной совокупности данных по вещественному составу руд, пород и минералов,
- вычисление состава руд по уравнениям парной и множественной регрессий и изменчивости этих параметров в рудных телах и подсчётных блоках,
- анализ плотности и параметров разведочной сети и решать другие вопросы, связанные с повышением оперативности обработки информации.

Комплекс работ включает функциональную группировку программ (табл. 48).

Содержание программ и выполняемых ими функций

Программы	Функции
«Ввод информации» «Уравнения регрессии для оценки попутных полезных компонентов»	Перфорация, ввод, контроль исходных данных
«Координаты – мощности» «Инклинометрия» «Параметры кондиций» «Исходные данные для подсчета запасов»	Обработка данных по геологоразведочным выработкам
Способы подсчета запасов (разрезов, блоков и др.)	Подсчет запасов и оценка качества по блокам, рудным телам, категориям запасов и в целом по месторождению

Подготовка исходных данных для подсчёта и блокировки запасов (результаты опробования, координаты выработок, измерение искривления скважин, элементы залегания рудных тел, выделение рудных интервалов для балансовых и забалансовых запасов, некондиционных интервалов, средневзвешенных содержаний минералов и компонентов по пересечениям, пересчёт мощностей по скважинам на вертикальную, истинную или горизонтальную и др. задачи).

-Трудоёмкость этого этапа работ наибольшая. Формуляры исходных документов максимально приближены к традиционно применяемым в практике «ручного» подсчёта запасов, что позволяет в случае необходимости осуществлять контрольную проверку на любой стадии.

Блокировка и геометризация запасов с учётом требований кондиций (разделение по балансовой принадлежности, по категориям разведанности и способам отработки, шахтным полям и другим критериям, предусмотренным кондициями).

Автоматизация подсчётных операций не освобождает геолога от необходимости построения геологических разрезов и планов, блокировку запасов в соответствии с требованиями к выделению геологически однородных участков рудных тел (блоков), поскольку структурно-генетические критерии не поддаются формализации. Взаимодействие геолога-разведчика и оператора-вычислителя обеспечивает перевод первичной геологической документации на машинные носители, минуя

составление промежуточных документов.

Прямые операции, связанные с подсчётом запасов основных и попутных полезных компонентов и минералов по группам (балансовые и забалансовые), категориям, способам отработки, рудным телам, блокам и в целом по месторождению.

Программа автоматизированного подсчёта запасов разработана применительно к наиболее востребованным методам – геологических разрезов и блоков. При необходимости комплекс программ обеспечивает возможность применения относительно «простых» методов подсчёта.

Для подсчета запасов используются следующие документы и формуляры :

- паспорт месторождения, содержащий сведения о выполненных геологоразведочных работах (объемы и виды исследований, опробования, данные о магнитном склонении и, при необходимости, шифры кодов геологической документации;

- паспорта скважин: номера, даты бурения, координаты устьев, виды исследований, количество рудных тел, их интервалы, параметры залегания, которые определяются по разрезам и планам;

- результаты замеров искривления скважин, координаты геологических границ (контактов);

- результаты опробования: анализы минерального и химического состава руд и пород по рядовым и объединенным пробам);

- уравнения множественной регрессии для расчета содержаний минералов и попутных полезных компонентов по установленным корреляционным связям с содержаниями основных компонентов;

- геологическая документация геологоразведочных выработок;

- параметры разведочных кондиций для подсчета балансовых и забалансовых запасов основных и попутных полезных ископаемых;

- данные по блокировке запасов в виде списка выработок, образующих подсчетный блок для каждого рудного тела.

Эта методика апробирована Экспертно-техническим советом ГКЗ и рекомендована для внедрения в практику разведки месторождений любых видов твёрдых полезных ископаемых.

2. Второе направление связано с созданием автоматизированных систем подсчёта запасов на основе новых технологий, обеспечивающих решение задач, основанных на методах множественной корреляции, сглаживания или нелинейной аппроксимации любых геологических

параметров, в частности:

- выделение и оконтуривание подсчётных блоков, исходя из принципа соблюдения их однородности;
- определение параметров для обоснования группы месторождений по степени сложности геологического строения с использованием математических моделей;
- обоснование оптимальной геометрии разведочной сети применительно к конкретному месторождению;
- обеспечение преемственности использования промежуточных и итоговых материалов недропользователями.

С целью восполнения информации, отсутствующей в материалах ранних периодов разведки, автором разработана принципиально новая, не применявшаяся в геологоразведочной практике методика оценки содержаний минералов и компонентов по корреляционным зависимостям с известными (базовыми) данными анализов на P_2O_5 и Al_2O_3 .

Области применения уравнений регрессии для изучения минерального и химического состава апатито-нефелиновых и сфено-apatитовых руд, по-видимому, не ограничиваются только подсчетом запасов. Они могут успешно использоваться для замены трудоемких экспресс-анализов при планировании и учете добычи и переработки руд на действующих рудниках и фабриках, при прогнозировании вещественного состава руд перспективной добычи на любой заранее заданный период, для прямых и обратных химико-минералогических пересчетах состава апатито-нефелиновых руд.

Основная трудность, сдерживающая широкое внедрение компьютерных технологий для подсчета запасов на ЭВМ в практику, заключается в том, что многие операции, связанные с геометризацией и блокировкой запасов, не поддаются автоматизации и требуют обязательного участия геолога, выполнявшего разведку данного рудного объекта и свободно владеющего знаниями о геологическом строении конкретного месторождения.

Контрольные вопросы

1.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СТОИМОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ В НЕДРАХ

Экономическая (денежная) оценка минеральных ресурсов связана с народнохозяйственной статистикой и учетом стоимости полезных ископаемых в недрах как важнейшей составной части национального богатства. Под стоимостью минерального сырья в недрах следует понимать денежный эквивалент минерально-ресурсного потенциала, включающего разведанные запасы и прогнозные ресурсы.

Впервые *“валовая ценность минерально-сырьевого потенциала”* России без учёта неизбежных потерь на всех стадиях трансформации от недр до готового продукта и сроков извлечения была определена в сумме 117 трлн. руб. (по ценам 1991 года), в т. ч. с распределением (в %%) по группам полезных ископаемых (уголь - 75,4, нефть, газ - 11, цветные и редкие металлы - 6,8, черные металлы - 3, нерудное сырьё - 3,8), а также по степени подготовленности: разведанные балансовые запасы - 10,4, забалансовые - 2, предварительно оценённые запасы - 4,6 и по прогнозные ресурсы - 83 [59]. Методика расчётов авторами не приводится.

В институте ВСЕГЕИ разработана методика расчёта *потенциальной и товарной стоимости запасов и ресурсов* полезных ископаемых в недрах [60]. Потенциальная стоимость – это денежный эквивалент минерального сырья вне зависимости от степени его подготовки к извлечению, т.е. так, как будто все полезные ископаемые уже добыты, переработаны и складируются в виде конечного товарного продукта, готового к продаже по мировым ценам [61]. Валовая потенциальная стоимость минеральных ресурсов в пределах рудного района, региона, субъекта РФ и страны в целом определяется их суммированием.

Потенциальная стоимость ($C_{\text{п}}$) рассчитывается как произведение цены на конечную продукцию, получаемую из соответствующего вида минерального сырья (Ц), на его массу (М) в недрах ($C_{\text{п}} = \text{Ц} * \text{М}$). Конечным продуктом считается товар (металл, концентрат, руда), продаваемый на сырьевых биржах по ценам, отражающим его потребительскую стоимость и учитывающим экономические, социальные и конъюнктурные составляющие на всех стадиях трансформации от недр до товара.

Товарную стоимость запасов и ресурсов в недрах составляет их *“природная”* ценность, зависящая от природной ограниченности

минеральных ресурсов, плюс стоимость уже проведенного промышленного освоения. Она рассчитывалась путём уменьшения потенциальной стоимости на ту долю затрат, на которую запасы “не доведены” до конечного продукта.

Оценке подлежат запасы, разведанные и предварительно оценённые запасы по категориям А, В, С₁ и С₂, и прогнозные ресурсы Р₁, Р₂ и Р₃. Учитывая различную достоверность прогнозных ресурсов в недрах при переводе их в разведанные запасы при расчетах применялся понижающий коэффициент (К₁), определённый путем экспертных оценок. Коэффициенты для перевода запасов из низших в высшие категории (Р₃ → Р₂ → Р₁ → С₂ → АВС₁) принимались равными 0,2 - 0,5 - 0,8 - 0,9. Так, достоверность ресурсов категории Р₃ при доведении их до запасов категорий АВС₁ оценивалась всего лишь в 7 % (0,2 * 0,5 * 0,8 * 0,9 = 0,07), соответственно Р₂ - 36 %, Р₁ - 72 %, С₂ - 90 %.

Приведение цены конечного продукта к цене запасов в недрах осуществлялось путем применения коэффициента (К₂), учитывающего долю уже произведенных затрат на поиски и разведку к общим затратам. Коэффициент К₂ определялся путем статистического анализа затрат на всех стадиях геологического изучения и промышленного освоения. Величина К₂, принятая при расчётах для разных видов полезных ископаемых варьирует в весьма широком диапазоне от 7 до 70 % и не поддаётся проверке.

В любом случае затраты на ГРП многократно завышены. Однако авторы методики считают, что этот коэффициент достаточно достоверно учитывает долю ценности недр в структуре стоимости товарной продукции, а коэффициент К₁, наоборот, субъективен и зависит от рыночных требований к геолого-экономическому обоснованию прогнозов, с чем следует согласиться. Коэффициенты К₁ (достоверность ресурсов при их переводе в запасы) и К₂ (доля затрат на подготовку запасов) также дифференцировались по стадиям работ (табл. 49):

Таблица 49

Коэффициенты приведения прогнозных ресурсов к запасам (К₁) и цены конечного продукта к цене ресурсов и запасов (К₂)

Стадии ГРП и категории ресурсов (запасов)	К ₁	К ₂
Региональное изучение территорий Р ₃	0,2	0,05
Геологическая съёмка с общими поисками Р ₂	0,5	0,07
Поисковые работы Р ₁	0,8	0,54
Поисково-оценочные работы С ₂	0,9	0,09
Разведочные работы А+В+С ₁	1,0	0,25

Совокупный коэффициент приведения определяется произведением частных коэффициентов.

Наряду с общей ценностью недр определяется также удельная ценность недр территории, приходящаяся на единицу площади. Величина стоимости недр рассчитывается для каждой территории по отдельным видам минерального сырья и является основным показателем при составлении специальных карт. Суммарная стоимость недр России определена в размере 10,6 млрд долл., из которых 75 % приходится на долю запасов и 25 % на долю ресурсов.

Изложенная методика, несмотря на относительную простоту и универсальность, имеет серьезные недостатки, в частности:

- "ценность недр" определяется на всю массу ресурсов и запасов без учета реальной и перспективной потребности в продуктах их переработки, неизбежных потерь сырья от недр до потребителя, полноты использования комплексных руд и фактора времени;

- оценка ресурсного потенциала производится косвенным путем через затраты, вложенные на ранних стадиях освоения - на геологическое изучение территории, выявление и разведку месторождений, что в принципе является ошибочным подходом, поскольку при этом не учитываются масштабы запасов, качество сырья, условия размещения и освоения объекта разработки, эффективность ГРП (рудные объекты, подготовленные для освоению с высокой экономической эффективностью, будут иметь меньшую ценность, чем равные по масштабам и качеству запасов месторождения, но разведанные с большей затратой средств);

- экспертная оценка понижающих коэффициентов весьма условна: фактические затраты на подготовку разведанных запасов важнейших видов минерального сырья составляют не 7-70 %, а первые проценты от стоимости конечной продукции, получаемой из добытой руды;

Сотрудники Института горного дела Уральского Отделения РАН [62] считают, что при оценке стоимости недр следует учитывать не всю массу запасов (ресурсов), а только их часть, необходимую для удовлетворения потребности на расчётный период времени, например, на среднюю продолжительность жизни человека в стране (60-70 лет). В этом случае предельная масса запасов минерального сырья для оценки (Q) определяется по формуле:

$$Q = q * T * n + m * T = T (q * n + m), \quad \text{где:}$$

q - потребление минерального сырья на душу населения в год;

T - средняя продолжительность жизни человека в стране;

n - численность населения страны на момент оценки;

m - экспортные поставки минерального сырья в год.

Использование для оценки «товарной стоимости минерального сырья в недрах» статистических данных по удельной потребности в них на душу населения и фактора времени для расчётов, по мнению авторов, позволяет ограничить неопределённость коэффициентов K_1 и K_2 , исключить при оценке ресурсы низких категорий. Предложенная методика рекомендована для планирования ГРР и воспроизводства МСБ на ближайшую перспективу.

Изложенные методики базируются на учёте количества запасов (ресурсов) в недрах и стоимости продуктов их переработки на момент оценки, но не учитывают качественных характеристик минерального сырья и затратной составляющей на всех стадиях трансформации от недр до готовой продукции, которую при долгосрочной обеспеченности по большинству видов полезных ископаемых и под влиянием внешних факторов (конъюнктура мирового рынка) и внутренних факторов (научно-технический прогресс, природные условия освоения, «старение» сырьевой базы) заранее учесть практически невозможно [67].

Более того, ранее созданная в условиях плановой экономики МСБ не в полной мере соответствует определению «активные запасы» и требует переоценки с учётом рыночных требований [65].

Дальнейшие исследования должны быть направлены на конкретизацию существующих методов денежной оценки минерально-сырьевых ресурсов как составной части природно-ресурсного потенциала территории для принятия управленческих решений в минерально-сырьевом секторе экономики.

Экономическая эффективность геологоразведочных работ

Геологоразведочные работы (ГРР), обеспечивающие создание и воспроизводство сырьевых баз для развития горнодобывающей промышленности, относятся к сфере материального производства. Затраты на их проведение входят составной частью в стоимость конечной товарной продукции и должны возмещаться в бюджет в виде части регулярных платежей за право пользования недрами.

В качестве объективных критериев оценки эффективности выступают затраты на проведение регионального геологического изучения, поиски, оценку, разведку и созданная в результате этого процесса МСБ – количество и качество подготовленных запасов полезных ископаемых, их достоверность. Геолого-экономическую эффективность поисковых и разведочных работ принято рассматривать с отраслевой и народнохозяйственной позиций [68].

Отраслевая эффективность оценивается соотношением затрат на проведение ГРР с их прямыми результатами - показателями выполнения проектного задания по геологическому прогнозированию, поискам, подготовке разведанных запасов для промышленного освоения.

Исходные данные для анализа отраслевой эффективности:

- проектное задание, выраженное в количестве разведанных запасов (ресурсов) и их соотношению по категориям (Π_3);
- фактическое выполнение задания по этим показателям (Π_ϕ);
- сметная стоимость работ по геологическому заданию (C_3);
- фактические затраты на выполнение задания (C_ϕ).

Показатели отраслевой эффективности:

Удельные затраты на разведку единицы запасов:

плановые (по заданию) $Y_3 = C_3 : \Pi_3$

и фактические $Y_\phi = C_\phi : \Pi_\phi$.

Рассчитанные таким образом показатели себестоимости выявления запасов являются усреднёнными, т.к. не учитывают их соотношения по категориям разведанности. Для объективной оценки затрат рекомендуется применять повышающие коэффициенты на трудоёмкость разведки запасов по высоким категориям: $K_A = 3$ (категория А), $K_B = 2$ (категория В) и $K_C = 1$ (категория C_1). Удельные затраты на разведку запасов, приведённые к категории C_1 , объективно отражают результативность подготовки запасов месторождений различной сложности и обеспечивают сопоставимость себестоимости их выявления на разных стадиях разведки (табл. 2).

Прирост разведанных запасов на 1 руб. затрат - величина, обратная удельным затратам, также дифференцируется по степени разведанности запасов.

Экономия ассигнований, полученная в результате выполнения задания, выражается разностью между сметной стоимостью проекта и фактическими затратами:

$$\mathcal{E}_k = C_3 - C_\phi$$

Обобщающий показатель эффективности выполнения геологического задания:

$$\mathcal{E}_{\phi} = [1 + (\mathcal{E}_k : C_3)] * (\Pi_{\phi} : \Pi_3) * 100 (\%) .$$

При выполнении показателей проектного задания и использовании сметных ассигнований $\mathcal{E}_{\phi} = 100 \%$. Обобщающий показатель эффективности обеспечивает возможность сопоставления экономических результатов подготовки месторождений, различных по масштабам и качеству запасов.

Для примера оценим эффективность подготовки рудно-сырьевой базы Коашвинского месторождения. Объект для выполнения расчётов выбран не случайно: Коашва – самое крупное в Хибинах месторождение, характеризуется весьма сложным геологическим строением, в связи с чем разведочные работы выполнялись в течение длительного времени последовательно в две очереди:

- оценка, предварительная и детальная разведка верхних горизонтов до глубины 0,5 км (1960-72 г.);
- предварительная и детальная разведка глубоких горизонтов до 1-1,2 км (1974-85 г.), доразведка верхних горизонтов.

В структуре затрат на ГРП основной вид работ – разведочное бурение, обеспечивающее наиболее полную информацию о геологическом строении месторождения и качестве руд, составляет 45-55%. На этапе подготовки запасов верхних горизонтов пройдена 201 скважина суммарным метражом 91,4 тыс. м (средняя глубина 455 м); на разведку глубоких горизонтов потребовалось пройти 160 скважин объёмом 136,8 тыс. м (в среднем 855 м). В процессе разведки подтвердилась общая закономерность, свойственная всем Хибинским месторождениям: сокращение концентрации запасов в направлении от верхних горизонтов к нижним, уменьшение мощности рудных тел и снижение содержаний P_2O_5 в рудах (табл. 50).

Вследствие этого для выявления одного миллиона тонн запасов руды на верхних горизонтах потребовалось 225 м бурения, на глубоких - 415 м, а удельные затраты на подготовку единицы запасов богатых руд (18,85 % P_2O_5) на верхних горизонтах месторождения оказались в 1,5-2 раза ниже по сравнению с себестоимостью разведки относительно бедных руд на глубоких горизонтах. Однако по совокупности показателей (экономия ассигнований, перевыполнение задания по приросту запасов и др.) эффективность затрат на подготовку запасов глубоких горизонтов

оказалась значительно выше по сравнению с разведкой верхних горизонтов.

Таблица 50

Исходные данные и показатели отраслевой экономической эффективности
разведки Коашвинского месторождения
(в ценах, действовавших на период проведения работ)

Показатели (руда / P_2O_5)	Верхние горизонты	Глубокие горизонты	В целом по месторождению
Продолжительность ГРР, лет	13	12	25
<i>Проектное геологическое задание</i>			
Затраты по смете, тыс. руб.(Сз)	6800	9600	16400
Прирост запасов, млн. т. (Пз)	400 / 75*	250 / 40	650 / 115
Содержание P_2O_5 , %	18,75	16,0	17,7
Категории запасов: В:С ₁ , %	20:80	20:80	20:80
Удельные затраты на прирост запасов, коп./т (Уз)	1,70 / 9,06	3,84 / 24,0	2,52 / 14,26
<i>Показатели выполнения проектного задания</i>			
Затраты по смете, тыс. руб.(Сз)	6800	9600	16400
Прирост запасов, млн. т. (Пз)	400 / 75*	250 / 40	650 / 115
Содержание P_2O_5 , %	18,75	16,0	17,7
Категории запасов: В:С ₁ , %	20:80	20:80	20:80
Удельные затраты на прирост запасов, коп./т (Уз)	1,70 / 9,06	3,84 / 24,0	2,52 / 14,26

Примечание: в числителе – руда / в знаменателе – P_2O_5 .

Для сравнительной оценки геолого-экономической эффективности всего цикла ГРР, проведенных на данном месторождении за 25-летний период, сопоставим расчётные данные по себестоимости подготовки запасов руды и P_2O_5 с фактическими показателями добычи руды и выпуска АК на ПО «Апатит» в сопоставимых ценах на дату утверждения запасов Коашвинского месторождения (1986) Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых (ГКЗ).

В 1986 году на ПО «Апатит» добыто 53,7 млн т руды (8,3 млн т P_2O_5) с содержанием P_2O_5 15,6 %, в т.ч. открытым способом 37,3 млн т. Из добытой руды выпущено 19,3 млн т. АК и 1,6 нефелинового концентрата (НК), реализованных по ценам 23,20 и 3,37 руб/т на сумму 453,0 млн руб. Налоги и прочие платежи составили 94,1 млн руб., в т. ч. плата за добычу 17,2 млн руб.

Таблица 51

. Народнохозяйственная эффективность подготовки запасов
Коашвинского месторождения

Показатели, ед. изм.	Запасы руды / P ₂ O ₅ , млн.т		Всего
	Категория В	Категория С ₁	
Показатели ГРР (данные за 1960-1986 годы, см. табл.)			
Запасы, утверждённые ГКЗ (протокол № 9936 от 26.03.1986 г. в том числе для открытой отработки	249,1 / 43,7 194,2 / 36,8	489,0 / 78,5 54,5 / 9,8	739,1 / 122,2 248,8 / 45,5
Содержание P ₂ O ₅ в запасах, %, всего	17,54	16,05	16,53
Из них для открытой отработки, %	18,95	18,00	18,29
Затраты на разведку , млн. руб.(Сф)	10,270	5,530	15,800
Себестоимость разведки , коп./т (У _ф)	4,28 / 25,86	1,11 / 5,73	2,14 / 12,93
Производственные показатели ПО «Апатит» (данные за 1986 г.)			
Добыто руды / P ₂ O ₅ в 1986 г., млн. т. (Д)	-	-	53,7 / 8,4
Выработано АК / P ₂ O ₅ , млн. т.(К)	-	-	19,3 / 7,6
Эксплуатационные затраты, млн. руб.(С _{экс})	-	-	326,9
Себестоимость добычи на Восточном руднике, руб. /т. (У _д)	-	-	4,21
Себестоимость АК / P ₂ O ₅ , руб./т.(У _к)	-	-	16,94 / 38,95
Доля затрат на разведку запасов в себестоимости добычи руды и выпуске апатитового концентрата (АК), %			
Доля затрат на ГРР в добыче (У _ф :У _д),	-	-	0,2
Доля затрат на разведку запасов P ₂ O ₅ в выпуске АК (У _к : У _д)	-	-	0,3

Прибыль от реализации АК и НК составила 126,1 млн руб. Расчётные показатели свидетельствуют о высокой эффективности ГРР, выполненных в 1960-86 г. на Коашвинского месторождении: доля затрат на разведку запасов руды в себестоимости добычи составила 0,2 %, а в пересчёте на P_2O_5 – 0,3 % от себестоимости получения АК (табл. 3). При оценке эффективности ГРР следует иметь в виду, что наряду с разведкой запасов основных компонентов - P_2O_5 и Al_2O_3 – выполнен комплекс геолого-технологических и технико-экономических исследований, связанных с выявлением в рудах попутных полезных компонентов: фтора, стронция, редкоземельных элементов, галлия, рубидия и титана, балансовые запасы которых также включены в соответствующие государственные отраслевые балансы. Затраты на комплексную оценку месторождения отнесены к общим затратам на разведку запасов основного компонента руд (табл. 52).

Показатели отраслевой эффективности разведки
и переоценки запасов Хибинских месторождений

Показатели, един. изм.	Разведка новых месторождений (годы)				Переоценка освоенных месторож- дений (1980-1990)
	Коашва (1961-1985)	Ньюрк- пахк (1972- 1975)	Олений Ручей (1976- 1986)	Партом- чорр (1972- 1978)	
Выполнение задания по приросту запасов P_2O_5 , %	1096	116	132	160	185
Содержание P_2O_5 в запасах, %	16,55	14,1	16,2	7,5	10,9
Соотношение запасов по кат. А:В:С ₁ , %	0:25:75	0:24:76	0:24:76	9:19:72	25:33:42
Удельные затраты на разведку запасов P_2O_5 , коп./т:					
- по проекту	14,26	22,5	32,5	21,0	12,0
- по факту	12,93	17,1	23,5	12,4	6,0
- в пересчёте на С ₁	10,34	12,5	19,0	8,5	3,3
Обобщающий показатель эффективности	1,25	1,30	1,38	1,71	2,00

Наибольшая эффективность достигнута в результате комплексной переоценки освоенных месторождений по эксплуатационным кондициям, которая не требовала затрат на проведение трудоёмких и дорогостоящих буровых работ и выполнялась по специально разработанной методике с использованием новых вычислительных технологий подсчёта запасов на персональном компьютере [68]. Стоимостная отдача затрат на прирост запасов относительно бедных руд (10,9% P_2O_5) за счёт применения экономически обоснованных эксплуатационных кондиций оказалась в 3-6 раз выше, чем на разведку запасов на новых месторождениях.

Эффективность ГРР на народнохозяйственном уровне определяется по соотношению затрат на все стадии подготовки запасов (поиски, разведка) с показателями их освоения, по динамике воспроизводства запасов (прирост в результате разведки и погашение при добыче). Отраслевые инструкции рекомендуют оценивать значение подготовленного рудного объекта в балансе запасов предприятия, экономического района или территориального промышленного комплекса и отрасли в целом, а также сопоставлять качество руд нового месторождения с другими эксплуатируемыми и резервными месторождениями данного вида сырья.

Распределение ассигнований на ГРП по стадиям
и динамика воспроизводства рудно-сырьевой базы за 1961-90 годы
(в ценах на период выполнения работ)

Показатели, един. изм.	1961-1965	1966-1970	1971-1975	1976-1980	1981-1985	1985-1990
<i>Стадии геолого-разведочных работ, млн. руб.</i>						
Затраты на поисковые работы	2,9	8,0	5,5	10,1	11,5	18,1
Затраты на разведочные работы	4,1	3,4	13,2	13,8	11,5	2,8
Всего	7,0	11,4	18,7	23,9	23,0	20,9
<i>Показатели воспроизводства минерально-сырьевой базы</i>						
Прирост запасов P_2O_5 , млн.т	65,9	57,2	137,2	85,8	68,9	-
Содержание P_2O_5 в приращенных запасах	16,5	12,9	11,8	10,1	12,8	-
Удельные затраты на прирост запасов P_2O_5 , коп./т	10,8	19,9	13,6	27,8	33,5	-
Погашено руды	63	122	169	216	247	281
запасов P_2O_5						
при добыче, млн. т	13,1	22,3	30,3	37,5	42,1	44,5
Содержание P_2O_5 в погашенных запасах	20,8	18,2	17,9	17,3	17,0	15,8
<i>Воспроизводство запасов P_2O_5</i>						
(прирост / погашение, %)	500	250	450	225	160	-
Выпуск концентратов, млн. т	27,2	48,6	67,1	80,1	90,9	98,0
Стоимость товарной продукции, млн. руб.	387	739	1062	1274	1989	2314
дельные затраты на ГРП к стоимости товарной продукции, %	1,80	1,54	1,75	1,88	1,16	0,90

Поиски и разведка Хибинских месторождений проводилась за счёт средств госбюджета трестом "Апатит" (1946-1956); Хибинской ГРП (1957-1990). Сведения о затратах на поиски и разведку за ранний период отрывочны и не достоверны; данные о размерах бюджетных ассигнований, систематизированные по стадиям работ и по объектам имеются за 1961-90 г. Расчетные данные по удельным затратам на прирост запасов P_2O_5 и по стоимости товарной продукции, выпущенной ОАО "Апатит" за 1961-90 г. (в сопоставимых ценах), приведены в табл. 5.

В 1960-90 г. в результате интенсивных поисков и разведки обеспечено расширенное воспроизводство рудной базы ОАО "Апатит" в 2-5 раз по сравнению с добычей (в пересчёте на P_2O_5), что позволило увеличить выпуск апатитового концентрата в 3,5 раза. Прирост запасов получен за

счет переоценки по новым кондициям освоенных месторождений, а также разведки новых месторождений, открытых в 1960-75 г.

За это же время удельные затраты на прирост единицы запасов возросли в 5 раз, что вызвано рядом причин:

- усилением поисковых работ для создания резервных объектов;
- вовлечением в разведку новых месторождений, открытых в 1960-75 г. и имеющих более сложное строение, а также глубоких горизонтов эксплуатируемых месторождений с относительно бедными рудами по содержанию P_2O_5 , требующих больших вложений в их подготовку;
- геолого-экономической переоценкой запасов по эксплуатационным кондициям, предусматривающим последовательное снижение бортовых содержаний P_2O_5 с 12 до 8-6 и затем до 4 % и оценку целесообразности комплексного использования ценных компонентов, содержащихся в апатите (фтор, стронций, редкоземельные элементы), в нефелине (галлий, рубидий, цезий), в сфене и титаномagnetите (титан).

Еще более выразительно проявляется тенденция по снижению показателей эффективности подготовки и освоения запасов за 1930-60 и 1961-90 г. За первые 30 лет на эксплуатируемых месторождениях разведано 1350 млн т руды со средним содержанием 20 % P_2O_5 (275 млн т P_2O_5 или 2/3 всего сырьевого потенциала этих месторождений), а добыто всего лишь 75 млн т руды (17 млн т P_2O_5). Расходы же на подготовку этих запасов были несопоставимо меньше последующих общественно необходимых затрат на разведку в 1961-90 г., обеспечившую прирост 1/3 рудного потенциала освоенных месторождений.

В целом же за оба периода затраты на поиски и разведку в структуре стоимости товарной продукции составили доли процента, что свидетельствует о высокой эффективности ГРР. К настоящему времени перспективы выявления новых рудных объектов и прироста запасов на известных месторождениях полностью исчерпаны.

ЛИТЕРАТУРА

Учебники и учебные пособия для вузов

Каждан А.Б. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Научные основы поисков и разведки: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1984. – 285 с.

Каждан А.Б. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Производство геологоразведочных работ: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1985, 288 с.

Каменев Е.А. Поиски, разведка и геолого-промышленная оценка апатитовых месторождений хибинского типа (Методические основы). – Л.: Недра, 1987. – 188 с.

Крейтер В.М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Учебное пособие для геологических вузов и факультетов. Ч.1. – 332 с., 1960; Ч.2. – 390 с., 1961.- Госгеолтехиздат.

Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Учебное пособие для студентов геологических специальностей вузов. Авт. Е.О. Погребницкий, С.В. Парадеев, Г.С. Поротов, А.А. Скропышев, Н.И. Руденко, В.И. Терновой). – М.: Недра, 1977, 405 с.

Прокофьев А.П. Основы поисков и разведки месторождений твёрдых полезных ископаемых. М.: Недра. 1973, 320 с.

Методические руководства и инструктивные материалы

«Временные требования к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду»

Методы геологического контроля аналитической работы (методические указания). М.: - 1982. –25 с. (Научный совет по аналитическим методам).

Инструкция о содержании, оформлении и порядке представления в Государственную комиссию по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР (ГКЗ) и территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых (ТКЗ) < ...> материалов по подсчёту запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых. М.: 1984. –

Методические указания «Оценка достоверности данных ядерно-геофизических методов опробования». М.-Л.: 1990. – 48 с. (МНТК «Геос»).

Временными требованиями к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений

полезных ископаемых на окружающую среду» (1991),

Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твёрдых полезных ископаемых. М.: - 1997. 16 с. - (ГКЗ МПР).

Руководство по содержанию, оформлению и порядку представления на государственную экспертизу технико-экономических обоснований (ТЭО) кондиций на минеральное сырьё. – М.:

ОГЛАВЛЕНИЕ

Основные понятия и термины, список сокращений слов

Часть I

Введение в учение о поисках и разведке месторождений полезных ископаемых

1. Организация геологической службы России

Задачи геологической службы на современном этапе

Организация геологической службы в зарубежных странах

3. Основы законодательства Российской Федерации «О недрах»

Лицензионный порядок пользования недрами

4. Минеральные ресурсы Мурманской области

Разрабатываемые месторождения

Часть II

Методические основы геологоразведочных работ

1. Основные принципы проведения поисков и разведки

Этапы и стадии геологического изучения недр

- Региональное геокартирование
- Поиски месторождений полезных ископаемых (прогнозно-поисковые критерии, поисковые методы)
- Оценка проявлений полезных ископаемых

Разведка и эксплуатационная разведка

2. Проектирование геологоразведочных работ

3. Опробование полезных ископаемых

- способы отбора проб
- обработка проб
- лабораторные исследования полезных ископаемых
- контроль отбора, обработки проб и лабораторных анализов

4. Геологическая документация

5. Экспертиза геологической информации

6. Геоэкологические исследования

7. Классификации месторождений и запасов полезных ископаемых

- Группировка месторождений по сложности геологического строения
- Классификация месторождений по степени их изученности
- Категории запасов полезных ископаемых
- Классификация запасов по балансовой принадлежности
- Международная классификация запасов полезных ископаемых

- Классификация минерального сырья по областям применения
- Стратегические и дефицитные виды минерального сырья

Часть III

Экономика геологоразведочных работ и минерального сырья

1. Кондиции на минеральное сырьё

- Содержание технико-экономических обоснований кондиций

2. Подсчёт запасов

- Вычисление исходных параметров для подсчёта запасов
- Оконтуривание запасов в геологическом пространстве
- Выделение подсчётных блоков
- Методы подсчёта запасов
- Оформление материалов подсчёта запасов
- Контроль результатов подсчёта запасов
- Компьютерные технологии подсчёта запасов

3. Экономическая оценка стоимости минерального сырья в недрах

4. Экономическая эффективность геологоразведочных работ

Литература

Учебники и учебные пособия для вузов

Методические руководства и инструктивные материалы

-