

В. А. Викентьев И. А. Карпенко М. В. Шумилин

**ЭКСПЕРТИЗА ПОДСЧЕТОВ
ЗАПАСОВ РУДНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

В. А. Викентьев И. А. Карпенко М. В. Шумилин

ЭКСПЕРТИЗА ПОДСЧЕТОВ ЗАПАСОВ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

328524
725873



МОСКВА "НЕДРА" 1988



ББК 26.325.1

В 43

УДК 553.3/.4. 048.008.6

Рецензент канд. геол.-минер. наук А. Г. Шмаль

Викентьев В. А., Карпенко И. А., Шумилин М. В.

В 43 Экспертиза подсчетов запасов рудных месторождений.— М.: Недра, 1988.—199 с.; ил.

ISBN 5-247-00058-7

Изложены научно-методические основы подсчета запасов рудных месторождений с учетом требований ГКЗ СССР. Указаны основные инструктивные документы, которыми обязаны руководствоваться геологи при разведке и подсчете запасов, освещены последние достижения в методике разведки месторождений. Рассмотрены методологические основы технико-экономической оценки рудных месторождений и кондиций для подсчета запасов. Большое внимание уделено оценке полноты и достоверности представляемых на рассмотрение ГКЗ СССР материалов, обосновывающих подсчет запасов.

Для геологов, геофизиков, гидрогеологов, горных инженеров и технологов геологоразведочных партий и горнорудных предприятий

В $\frac{1904050000-130}{043(01)-88}$ 84-88

ББК 26.325.1

ISBN 5-247-00058-7

© Издательство «Недра», 1988

ПРЕДИСЛОВИЕ

Основами законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах определены основные права и обязанности пользователей исходя из необходимости удовлетворения интересов настоящего и будущего поколений в минеральном сырье. Предприятия, организации и учреждения, осуществляющие геологические исследования, обязаны обеспечивать полноту изучения геологического строения недр, горнотехнических, гидрогеологических и других условий разработки разведанных месторождений, а также достоверность определения количества и качества запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и компонентов, геолого-экономическую оценку месторождений.

Важное место при решении задач, поставленных в основах законодательства о недрах, занимает оценка разведанных запасов, которая проводится последовательно и включает технико-экономическое обоснование постоянных кондиций (ТЭО кондиций) и подсчет запасов.

Вместе с тем многие вопросы, связанные с оценкой геологической изученности недр, степени разведанности запасов минерального сырья, качества опробования, и другие не имеют до настоящего времени строгого научно-методического обоснования и решаются с учетом использования метода аналогии по принципу экспертных оценок. Этот принцип в СССР в целом успешно используется в практике рассмотрения материалов подсчета запасов около 60 лет. За данный период в стране накоплен значительный опыт экспертизы материалов разведки различных видов минерального сырья, сформулированы требования к содержанию экспертных заключений, решены вопросы организации, морального и материального стимулирования экспертизы, определены права и обязанности экспертов, а также мера их ответственности за выполняемую работу. Постоянно совершенствуется экспертиза материалов детальной разведки с целью повышения ее качества.

В предлагаемой книге на примере рудных месторождений изложены современные требования, предъявляемые к их оценке по результатам детальной разведки. Важное значение утверждения запасов накладывает большую ответственность на экспертизу

материалов разведки. Поэтому попытка обобщения требований, предъявляемых в настоящее время к экспертизе этих материалов, а также опыт их экспертного рассмотрения представляют немалый практический интерес.

Настоящая работа подготовлена специалистами, значительное время занимающимися экспертизой материалов рудных месторождений.

«Предисловие», «Введение», главы 2 и 8 написаны И. А. Карпенко, глава 1 — И. А. Карпенко и М. В. Шумилиным при участии Н. Г. Петраш, главы 3 и 7 — М. В. Шумилиным при участии М. И. Пахомова и Б. Г. Самсонова, остальные главы — М. В. Шумилиным и В. А. Викентьевым.

В современном виде экспертиза материалов разведки и подсчета запасов рудных месторождений представляет собой многоплановую работу, включающую комплексное изучение всех вопросов, характеризующих месторождение. Экспертиза осуществляется высококвалифицированными специалистами производственных, научно-исследовательских и проектных организаций, составляющих институт экспертов: геологами, технологами, гидрогеологами, геофизиками, а в необходимых случаях также специалистами горнотехнического или другого профиля.

Экспертом оцениваются полнота, качество, содержание и оформление материалов детальной разведки в соответствии с требованиями существующих нормативных документов ГКЗ СССР.

По результатам рассмотрения материалов отчета эксперт в пределах своей компетенции должен составить заключение о качестве исходных данных и материалов, использованных при подсчете запасов, достоверности произведенного подсчета запасов, степени изученности горно-геологических и гидрогеологических условий отработки месторождений, технологии переработки руд, подготовленности месторождения для промышленного освоения.

Полнота и качество материалов, обосновывающих подсчет запасов, оцениваются экспертом как по наличию ряда официальных документов заинтересованных организаций (проектных, добывающих, разведочных, контролирующих работы по геологическому изучению недр и отработке запасов минерального сырья и др.), подтверждающих или согласовывающих возможность использования материалов для подсчета запасов, удостоверяющих правильность принятых решений по вопросам, относящимся к компетенции соответствующих организаций, так и, главным образом, по достаточности и достоверности исходных данных, полученных в процессе выполнения на месторождении геологоразведочных работ, и правильности использования этих данных в материалах подсчета.

Это в первую очередь относится к первичной документации, представленной на экспертизу, объем и качество которой должны дать возможность проверить правильность выполненных графических построений, увязку рудных интервалов, их оконтуривание по мощности, выводы об условиях локализации оруденения, качестве руд, внутреннем строении и других параметрах рудных тел и месторождения. Необходимым является наличие исходных данных, позволяющих оценить качество рядового опробования, аналитических работ, представительность технологических проб, а также данных по обводненности месторождения и составу вод, устойчивости руд и вмещающих пород. Подлежит экспертной оценке качество геоло-

гических и подсчетных графических материалов, их информативность, взаимоувязанность, соответствие с первичными данными. Подсчет запасов оформляется таким образом, чтобы экспертиза могла проверить все операции подсчета как основных, так и сопутных полезных ископаемых и компонентов.

Необходимым условием экспертизы материалов подсчета запасов является наличие утвержденных постоянных кондиций.

Установление постоянных кондиций на минеральное сырье и утверждение запасов полезных ископаемых возложено на общесоюзный орган — Государственную комиссию по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР (ГКЗ СССР). С учетом утвержденных запасов выделяются капитальные вложения на строительство новых и реконструкцию действующих горнодобывающих предприятий и разрабатываются перспективные планы развития горнодобывающих отраслей промышленности, проектируются предприятия по добыче полезных ископаемых, решаются вопросы рационального выбора направлений дальнейших геологоразведочных работ, необходимых ассигнований для их производства. Решения ГКЗ СССР по вопросам, отнесенным к ее компетенции, обязательны для всех предприятий и организаций, ведущих геологоразведочные работы, проектирование и строительство горнодобывающих предприятий, а также добычу минерального сырья, независимо от их ведомственной подчиненности.

В процессе рассмотрения ТЭО кондиций и подсчета запасов одновременно решается вопрос о подготовленности месторождения к промышленному освоению. При этом принимается во внимание не только количество и качество разведанных запасов, но и совокупность других факторов, характеризующих месторождение; главные среди этих факторов следующие:

- 1) географо-экономические условия района и месторождения;
- 2) геологическое строение месторождения, морфология рудных тел, условия их залегания;
- 3) минеральный и химический состав руд, наличие и распределение в руде основных и сопутных полезных компонентов и вредных примесей, их поведение в продуктах обогащения;
- 4) технологические свойства руд;
- 5) гидрогеологические и инженерно-геологические условия разработки месторождения;
- 6) влияние разработки месторождения и переработки минерального сырья на состояние окружающей среды;
- 7) разведанность месторождения, т. е. распределение запасов по качеству, морфологическим типам, условиям залегания, соотношение запасов различных категорий (А, В, С₁ и С₂), наличие и положение участков первоочередной отработки, степень их изученности.

Нередко при рассмотрении материалов детальной разведки количество подсчитанных запасов не вызывает сомнения. Вместе с

тем подготовленность месторождения к промышленному освоению в связи с невыясненностью других факторов остается проблематичной.

Важное значение при решении вопроса о промышленном освоении месторождений имеет изученность технологических свойств руд. В связи с отсутствием испытанных в промышленных условиях технологических схем не вовлекаются в разведку и не осваиваются многие месторождения оловянно-сульфидной формации в Приморье и на Дальнем Востоке, не осваиваются детально разведанные месторождения благородных металлов, руды которых содержат повышенное количество вредных компонентов (мышьяк, сурьма, марганец, органический углерод и др.), осложняющих технологический процесс обогащения и решение проблемы охраны окружающей среды. Применяемая в настоящее время технология переработки руд колчеданно-полиметаллических месторождений часто не позволяет комплексно извлекать рассеянные, цветные и черные металлы, содержащиеся в этих рудах.

В связи с неблагоприятными географо-экономическими условиями не осваиваются детально разведанные месторождения не только некоторых черных металлов (Нерюндинское, Капаевское, Таежное, Десовское, Таррыннахское и др.), но и ряд месторождений цветных и редких металлов.

Таким образом, при рассмотрении материалов ТЭО кондиций и подсчета запасов должна быть изучена и оценена вся совокупность вопросов, характеризующих месторождение и его реальную экономическую ценность. Месторождение может считаться подготовленным для промышленного освоения только при положительном решении всех вопросов, определяющих возможность и экономическую целесообразность его освоения.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

Для определения народнохозяйственного значения минерального сырья осуществляется геолого-экономическая оценка месторождения, представляющая собой совокупность геологических, технических и технологических решений, получивших экономическое выражение. В том случае, если в соответствии с результатами геолого-экономической оценки затраты на освоение месторождения меньше стоимости получаемой из него продукции, запасы месторождения относятся к балансовым, в противном случае — к забалансовым.

Ориентировочная геолого-экономическая оценка месторождения впервые производится на стадии поисково-оценочных работ на основании технико-экономических соображений (ТЭС) и впоследствии уточняется по материалам предварительной разведки в технико-экономическом докладе (ТЭД). Стадия предварительной разведки играет важнейшую роль в процессе изучения месторождения, так как по ее результатам решается вопрос о наличии или отсутствии месторождения, имеющего промышленное значение. По мере развития геологоразведочных работ на месторождении увеличивается глубина проработки и детальность изучения вопросов, что позволяет принять основные решения по его геолого-экономической оценке.

После завершения детальной разведки более развернутая геолого-экономическая оценка месторождения выполняется в технико-экономическом обосновании постоянных кондиций (ТЭО), в котором определяются технико-экономические показатели нового или реконструируемого предприятия по добыче и переработке минерального сырья. Заключительной частью ТЭО является разработка требований, при выполнении которых в период производственной деятельности могут быть достигнуты рассчитанные технико-экономические показатели предприятия. Перечень этих требований в виде параметров кондиций рекомендуется для выполнения подсчета запасов. ТЭО кондиций разрабатываются специализированными отраслевыми или геологическими организациями и утверждаются ГКЗ СССР. После утверждения кондиций организация, разведывавшая месторождение, в срок не более 6 мес. должна выполнить подсчет запасов по месторождению и представить материалы на утверждение ГКЗ СССР.

Промышленная ценность месторождения определяется совокупностью таких факторов, как потребность народного хозяйства в рассматриваемом виде минерального сырья, географо-экономи-

ческое положение и горно-геологические условия месторождения, технологические свойства руд.

Решающее значение при геолого-экономической оценке месторождения имеет потребность народного хозяйства в продукции, которую можно произвести из данного вида минерального сырья. Месторождения дефицитных видов минерального сырья могут разрабатываться независимо от степени освоенности района, в котором оно расположено, количества запасов, сложности горно-геологических условий. Наоборот, месторождения распространенных видов минерального сырья нередко признаются забалансовыми при удаленности их от потребителя в первые десятки километров.

К географическим факторам, влияющим на результаты геолого-экономической оценки месторождения, относятся положение его на территории страны, климат, рельеф, запасы водных ресурсов. Экономические факторы включают наличие объектов инфраструктуры, трудовых, энергетических и материальных ресурсов, транспортных коммуникаций, отраслей промышленности с аналогичным характером производства.

Горно-геологические факторы включают масштабы месторождения, содержание полезных и вредных компонентов в рудах, размеры и условия залегания рудных тел, гидрогеологические и инженерно-геологические особенности разработки и другие показатели, которые в конечном итоге обуславливают масштабы горнорудного предприятия и горнотехнические условия разработки месторождения.

Достоверность установления количества и качества полезных компонентов играет решающую роль для правильной оценки месторождения. Ошибки, допущенные в определении запасов руды, и особенно содержания полезных компонентов, могут резко изменить промышленную ценность месторождения. Уменьшение количества запасов, учитываемых при геолого-экономической оценке, не только приводит к сокращению срока эксплуатации месторождения, но и снижает уровень рентабельности его отработки. Ухудшение качества руд снижает количество выпускаемой продукции, повышает себестоимость добычи и переработки руды, сокращает размер прибыли, а также снижает эффективность капитальных вложений. Так, изменение величины запасов на 5% приводит к весьма незначительному изменению общей прибыли — на 5—10%, а изменение содержания полезного компонента в руде на те же 5% может изменить величину прибыли на 20—30% и более [34]. Характерно, что, исходя из этого вывода, зарубежные исследователи план дальнейших разведочных работ корректируют таким образом, чтобы повысить точность не всех оценочных параметров, а тех критических, которые оказывают наибольшее влияние на будущую прибыльность эксплуатации [34]. В этом плане отечественные методические установки требуют совершенствования.

Данные о глубине залегания, мощности и углах падения рудных тел с учетом рельефа поверхности предопределяют способ и систему

разработки месторождения. Неточности выявления этих факторов могут вызвать необходимость изменения способов вскрытия и систем разработки месторождения, величин потерь и разубоживания и, главное, привести к завышению или занижению себестоимости добычи 1 т руды. Кроме того, недостаточная изученность условий залегания, морфологии рудных тел, сплошности оруденения может привести к неправильному выбору бортового содержания, не соответствующего геологическим условиям месторождения, затруднит подсчет запасов и снизит достоверность подсчетных параметров.

На стадии ТЭО кондиций важно правильно определить глубины отработки с учетом технических возможностей и экономической целесообразности, а при открытом способе разработки — контуры карьера. Основным показателем, ограничивающим возможность применения открытого способа отработки, является объем вскрышных пород, который выражается через коэффициент вскрыши. При выборе способа отработки открытому способу отдается предпочтение в том случае, если себестоимость добычи 1 т руды и входящих на нее пустых пород не превышает себестоимость добычи при подземном способе. Затраты на вскрышу учитываются при расчете минимального промышленного содержания. Поэтому правильность выбора контура и глубины карьера, углов откоса его бортов с учетом устойчивости вмещающих пород повышает достоверность определения объема вскрышных пород и себестоимости добычи руды. Увеличение коэффициента вскрыши на $0,1 \text{ м}^3/\text{т}$ может привести к повышению себестоимости добычи 1 т руды на 1,5—5,5% [7].

В процессе разработки ТЭО кондиций определяется оптимальная годовая производительность предприятия — исходя из масштабов месторождения, горно-геологических и горнотехнических возможностей, срока существования горнорудного предприятия [5]. Рост годовой производительности предприятия, как правило, приводит к снижению себестоимости добычи 1 т руды. Однако увеличение мощности предприятия влечет за собой увеличение объема капитальных вложений, и на определенном этапе себестоимость добычи будет не снижаться, а возрастать. Кроме экономического ограничения производительности предприятия, при достижении некоторых ее пределов возникают организационно-технические сложности отработки [21]. Так, при рассмотрении вариантов развития Лебединского горно-обогатительного комбината в ТЭО постоянных кондиций было показано, что по геологическим и горнотехническим условиям производительность предприятия может составить 55 млн. т сырой руды в год вместо 33 млн. т в настоящее время. Вместе с тем себестоимость 1 т концентрата при большей производительности увеличивается с 1,16 до 1,83 руб. (на 57,8%) по сравнению с вариантом в 45 млн. т, что указывает на экономическую нецелесообразность установления производительности горнодобывающего предприятия более 45 млн. т.

Гидрогеологические и инженерно-геологические условия месторождения определяют условия вскрытия и обработки месторождения, а в некоторых случаях — его промышленную значимость. При разработке месторождений с повышенной обводненностью снижается устойчивость бортов карьера, возникает необходимость изменения углов их откоса, увеличиваются затраты на водоотлив. Все это приводит к увеличению объема вскрышных пород, а следовательно, и к увеличению капитальных затрат на освоение месторождения и повышению себестоимости добычи 1 т руды. Так, на месторождениях, характеризующихся сложными гидрогеологическими и инженерно-геологическими условиями, затраты на осушение и поддержание горных выработок могут составлять 5—10% от себестоимости единицы продукции вместо 0,1% на месторождениях с простыми условиями.

Технологические свойства руд зависят от состава и сложения минеральных форм, содержащих основные компоненты, наличия попутных полезных ископаемых и компонентов, возможности применения достаточно простых и экономически эффективных технологических схем, обеспечивающих высокое извлечение из руд ценных компонентов и утилизацию отходов технологического производства. Следует отметить, что затраты на обогащение обычно преобладают в себестоимости продукции; так на обогащение руд черных металлов приходится до 80% затрат на добычу и переработку, цветных металлов — до 60%. Поэтому правильность выбора технологической схемы с учетом свойств руд, представительности проб, на которых производятся испытания, и достоверности полученных показателей (извлечение основных и попутных компонентов, качество и выход концентрата и др.) имеет принципиально важное значение при оценке месторождения. Завышение при составлении ТЭО кондиций такого показателя, как извлечение полезных компонентов, может вызвать уменьшение планируемого выпуска товарной продукции, увеличение себестоимости переработки и в конечном результате — ухудшение экономических показателей обработки месторождения.

Для полной геолого-экономической оценки месторождения и разработки оптимальных параметров кондиций важно правильно установить размер капитальных вложений на строительство предприятия. Для решения этого вопроса необходимыми, кроме перечисленных выше, являются материалы по оценке общих масштабов месторождения, а также прогнозных ресурсов района. Отсутствие таких сведений приводит к неправильному определению основных технико-экономических показателей: производительности, сроков обеспеченности, себестоимости, а также к упущениям при планировании размещения производственных и сопутствующих фондов и т. д.

До последнего времени вопросу полной оценки масштабов месторождений и ресурсов района в процессе геологоразведочных

работ не уделялось должного внимания. Достаточно широкое распространение получила практика технико-экономической оценки и утверждения запасов по частям, в два, три и даже четыре этапа, без данных об общих масштабах. Утверждение запасов месторождения по частям целесообразно тогда, когда это приводит к ускорению сроков освоения месторождения, в противном случае оно лишено смысла.

Расчеты и обоснование капитальных затрат осуществляются в соответствии с требованиями нормативных документов Госплана СССР, Госстроя СССР, ГКЗ СССР, отраслевых министерств. В объем капитальных вложений, кроме затрат на строительство объектов промышленного, жилищного, культурно-бытового назначения, включаются также затраты на рекультивацию земель, охрану окружающей среды, ценность отчуждаемых земель.

Исходя из рассчитанных технико-экономических показателей освоения месторождения определяются параметры кондиций для подсчета запасов.

Кондиции представляют собой совокупность оптимальных требований к качеству сырья и параметрам рудных тел, при выполнении которых обеспечивается получение технико-экономических результатов, рассчитанных при геолого-экономической оценке месторождения.

Основными параметрами кондиций являются минимальное промышленное содержание полезного компонента в подсчетном блоке, бортовое содержание, минимальная мощность рудного тела, максимальная мощность некондиционного прослоя, включаемого в контур рудного тела.

Эти показатели являются наиболее универсальными при подсчете запасов. Дополнительными параметрами кондиций в зависимости от особенностей геологического строения месторождений технических и технологических решений по добыче и переработке минерального сырья могут быть следующие: минимальное содержание полезного компонента на оконтуривающую выработку; лимиты на содержание вредных компонентов; требования по выделению природных разновидностей или технологических типов (сортов) руд; значение пересчетных коэффициентов для перевода содержания попутных полезных компонентов в условное содержание основного компонента; границы подсчета запасов, коэффициент вскрыши; коэффициент рудоносности; минимальные запасы удаленных рудных тел, требующих проходки горных выработок для отработки; условия подсчета запасов по периодам отработки подсчет запасов в минералах, извлекаемых при обогащении; подсчет запасов пород вскрыши и технологических отходов обогащения и некоторые др.

В процессе технико-экономического обоснования очень важно обеспечить оптимальное соответствие между особенностями распределения оруденения и морфологией рудных тел в природно-

состоянии, с одной стороны, и параметрами кондиций, на основании которых определяется мощность, сплошность, качество руд, имеющих экономическое выражение,— с другой.

Наилучшим образом этому условию отвечают месторождения, на которых геологические границы рудных тел с вмещающими породами четкие. Это обстоятельство не только упрощает изучение таких месторождений в период разведки, но и облегчает отработку запасов, так как позволяет визуально осуществлять оперативный контроль за правильностью эксплуатации.

На месторождениях с четко выраженными геологическими границами мощность и условия залегания рудных тел устанавливаются по данным первичной геологической документации, а их пространственное отражение осуществляется на сводной графике (планы, разрезы) на основе геологического картирования. По данным опробования определяется содержание полезных компонентов. Для оконтуривания рудного тела по простираанию и падению применяется минимальное содержание на оконтуривающую выработку. При разработке кондиций возможность оконтуривания рудных тел по мощности в геологических границах должна быть специально исследована и указано, какие именно геологические границы следует использовать при оконтуривании, иначе это приводит к ошибкам при выделении рудных тел.

На одном золоторудном месторождении главная часть золота была сосредоточена в хорошо выдержанных кварц-сульфидных жилах, а более бедные концентрации установлены в окаймляющих березитах, которые четко отделяются от вмещающих слоистых эффузивных пород. Березиты, кроме того, характеризуются низкой механической прочностью и склонны к обрушению. Распределение золота весьма неравномерное, поэтому как в жилах, так и в березитах встречаются безрудные участки. Так как в кондициях не было указано, в каких именно геологических границах следует подсчитывать запасы — в пределах кварцевых жил или зон березитизации, авторы произвольно трактовали этот показатель, используя разные границы в зависимости от того, где были выявлены повышенные содержания золота. В единой продуктивной зоне были искусственно выделены участки с наибольшими концентрациями благородного металла в лежачем, висячем боках или центральной ее части. Такой подсчет запасов привел к завышению содержания золота и выделению рудного тела, не согласующегося с установленными на месторождении особенностями распределения оруденения. Построенное таким образом рудное тело не могло быть практически отработано из-за слабой устойчивости березитов, которые будут добыты с остальной частью продуктивной зоны. По предложению экспертов запасы были оконтурены в границах березитов. Исправление допущенного недостатка привело к снижению содержания золота, увеличению мощности рудного тела, упрощению его морфологии и элементов залегания (рис. 1). Для

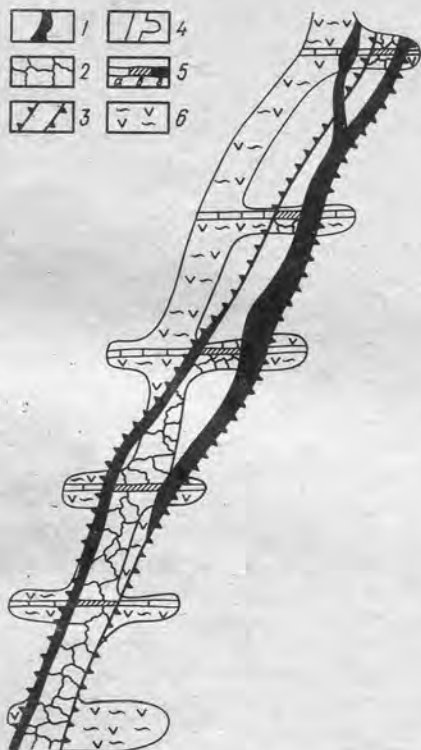


Рис. 1. Оконтуривание рудного тела по геологическим границам:

1 — кварц-сульфидные жилы; 2 — березиты; 3 — контуры подсчета запасов; 4 — горные выработки; 5 — линии бороздowego опробования с пробами; а — безрудными, б — с низкими содержаниями металла, в — с высокими содержаниями; б — вмещающие породы

контурах кварц-турмалиновых пород геологически более обоснован, хотя формально противоречит кондициям. Последние, таким образом, не полностью учитывали особенности месторождения и потребовалась их корректировка.

Предписанный кондициями на одном из золоторудных месторождений подсчет запасов «в геологических границах зон окварцевания» не мог быть выполнен в связи с отсутствием в первичной геологической документации таких границ. Это привело к необходимости уточнения данного показателя, введения условия оконтуривания и увязки рудных залежей только по данным опробования по бортовому содержанию.

Большинство разрабатываемых и разведываемых в настоящее время месторождений не имеет четко-выраженных геологических

отработки такого рудного тела представилось возможным запроектировать системы поэтажного обрушения вместо слоевой выемки, которые характеризуются большей производительностью, меньшей себестоимостью, лучшими условиями труда.

Противоположный пример можно привести по Октябрьскому месторождению, где кондициями рекомендовалось производить подсчет запасов в геологических контурах кварцевых и кварц-турмалиновых пород, применяя в случае нечетких границ и установленных закономерностей распределения металла бортовой лимит. Однако на этом месторождении преимущественно кварцевые разности, как правило, слабо рудоносны и выделение рудных тел по рекомендованным геологическим образованиям приводит к включению в контур значительных масс пустой породы. Пытаясь учесть рекомендации кондиций, авторы выполнили подсчет в двух вариантах: 1) в контурах только кварц-турмалиновых метасоматитов; 2) по границе метасоматитов с лежащего бока и бортовому содержанию — с всякого. Рассмотрение материалов показало, что подсчет запасов в

Рис. 1
леж
жа
а —

Рис. 2
С,
от 4

гра
осу
про
тех
вид
ном



Рис. 2. Изменение морфологии рудной залежи в зависимости от бортового содержания (в усл. ед.):
 а — 0,01, б — 0,03, в — 0,1

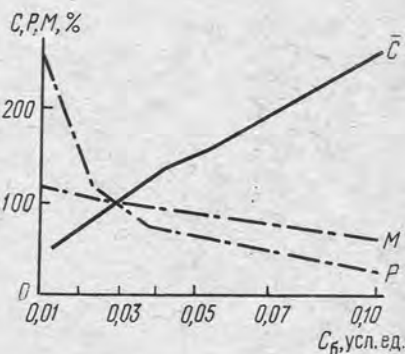


Рис. 3. Зависимость среднего содержания \bar{C} , запасов металла M и запасов руды P от бортового содержания C_6

границ с вмещающими породами. Оконтуривание их по мощности осуществляется по бортовому содержанию полезного компонента в пробе. Выбор бортового содержания определяется геологическими, технологическими и горно-геологическими факторами. В итоговом виде результат их сложного взаимодействия реализуется в экономических показателях отработки.

Основным геологическим фактором, обуславливающим выбор бортового содержания, является сплошность рудных тел, технологическим — показатели переработки руд, характеризующихся различным содержанием полезных компонентов (выход и качество концентрата, извлечение из него полезного компонента). К горно-геологическим факторам, от которых зависит бортовое содержание, относятся параметры рудного тела: мощность, площадь, а также его форма и условия залегания.

Применение высоких значений бортового содержания при оконтуривании рудных тел по мощности может привести к расчленению единого рудного тела на ряд изолированных, разобщенных между собой рудных скоплений (рис. 2). Это не только сопровождается существенным уменьшением запасов в целом (рис. 3), но и снижает достоверность запасов, оставшихся в изолированных телах, ухудшает условия их отработки. Поэтому вариант с такой величиной бортового содержания, которое вызывает расчленение рудного тела на изолированные участки, следует признать неудовлетворительным, не соответствующим геологическим особенностям месторождения — даже в тех случаях, когда экономические показатели их отработки могут быть выше за счет увеличения содержания в оставшихся запасах.

При оконтуривании по бортовому содержанию некоторое завышение его значения может обусловить неоправданное усложнение морфологии и внутреннего строения рудных тел, вследствие чего может оказаться невозможным применение рациональных систем отработки. Так, на месторождении Богуты авторы, формально следуя утвержденным кондициям, выделили в пределах единого штокверка систему обособленных жилородных тел условно-сплошных руд. Увязка этих тел в пространстве не имела геологической мотивировки, не соответствовала ориентировке рудных прожилков и при этом была неоднозначной.

Контрольный подсчет запасов месторождения выполнялся на ЭВМ, с построением планов изолиний содержания. Конфигурация этих изолиний также не подтверждала наличие в геологическом едином штокверке обогащенных жилородных участков. Приведенные данные позволили отметить недостаточное соответствие утвержденных кондиций (бортовое содержание и мощность без рудного прослоя) особенностям месторождения и рекомендовать пересчет его запасов с разубоживанием «на массу».

Нижний предел бортового содержания определяется технологическими свойствами руд, совершенством технологических схем переработки и не может быть ниже содержания полезного компонента в технологических отходах обогащения. В рамках указанных ограничений оптимальное значение бортового содержания выбирается на основе повариантных технико-экономических расчетов, позволяющих учесть геологические, технологические и горно-геологические факторы.

Оконтуривание запасов комплексных руд производится по бортовому содержанию условного компонента, которое рассчитывается с помощью переводных коэффициентов. В ТЭО кондиций должны быть предусмотрены минимальные содержания полезных компонентов, учитываемые при приведении к содержанию условного компонента. Нижний предел содержаний попутных полезных компонентов, как и в случае основного компонента, должен определяться технологическими возможностями и экономической целесообразностью их извлечения. При наличии прямой корреляционной зависимости между содержаниями основного и попутного компонентов, а также в случае, когда извлекаемая ценность каждого попутного компонента незначительна по сравнению с ценностью основного компонента, оконтуривание выполняется по бортовому содержанию последнего без приведения к условному.

Для месторождений, характеризующихся несколькими природными разновидностями руд, отличающимися технологическими свойствами и требующими раздельной добычи и переработки, бортовое содержание должно быть выявлено для каждой разновидности. Непременным условием установления раздельного бортового содержания для таких случаев является доказанная возможность надежной геометризации и раздельной добычи различных типов руд.

К сугубо горнотехническим показателям кондиций относится минимальная мощность рудного тела, т. е. такая мощность, которая должна учитываться при подсчете балансовых запасов. В общем случае минимальная мощность рудного тела определяется сочетанием двух факторов: величины бортового содержания и мощности прослоя некондиционных руд или пустых пород, который следует включить в контур рудного тела.

Особенности, от которых зависит выбор бортового содержания, отмечены ранее.

Мощность прослоя некондиционных руд или пустых пород для включения его в контур рудного тела определяется тремя особенностями: фактическим распределением таких прослоев относительно кондиционных в направлении мощности рудного тела; устойчивостью кондиционных и некондиционных прослоев; системами разработки и параметрами горного оборудования. Две первые особенности отражают истинное строение оруденения в недрах и являются его объективной характеристикой. Последняя связана с техническим и технологическими решениями по разработке месторождения. В идеальном случае эти решения должны полностью учитывать строение оруденения. Применение гибких систем разработки и уменьшение габаритов горного оборудования способствуют повышению селективности при выемке руды, снижают ее разубоживание, уменьшают потери в недрах, снижают объем и стоимость качества товарной руды, но в то же время снижают производительность при добыче и увеличивают ее себестоимость.



габаритов горного оборудования или применение массовых систем отработки позволяет существенно увеличить производительность добычных работ, но снижает возможность селективной выемки руд, вызывает снижение содержаний полезных компонентов в добываемой руде, загрязнение ее вредными примесями, нередко содержащимися во вмещающих породах, обуславливает снижение извлечения при переработке руд.

Последующие технологические операции (рудоподготовка, обогащение) направлены на устранение вредных последствий массовой добычи. Вместе с тем затраты на обогащение, как уже было отмечено, составляют около половины или более затрат на добычу и переработку. Таким образом, разработка месторождения массовыми системами приводит к росту затрат на наиболее дорогой из рассмотренных стадий передела руд — обогащение.

В настоящее время горная техника развивается по пути создания высокопроизводительного, но негибкого в отношении селективной выемки оборудования. Это вызывает необходимость увеличения минимальной мощности рудных тел, нередко вопреки особенностям строения месторождений.

Практически при разработке кондиций решение вопроса о выборе минимальной мощности рудного тела predetermined именно применением систем отработки и параметрами горного оборудования. Некоторым исключением из этого являются месторождения высокоценных руд, на которых особенности строения оруденения учитываются более полно, а иногда имеют решающее значение при выборе минимальной рабочей мощности и максимальной мощности некондиционных прослоев, включаемых в подсчет.

Минимальное промышленное содержание полезного компонента — совокупный показатель, учитывающий затраты на добычу и переработку добытой (товарной) руды и ценность полученной из нее продукции и обеспечивающий безубыточную разработку месторождения. Минимальное промышленное содержание устанавливается, как правило, на подсчетный блок. Для комплексных руд, где в качестве основных присутствует несколько компонентов минимальное промышленное содержание рассчитывается по содержанию одного из них, обладающего максимальной извлекаемой ценностью. Содержания остальных основных компонентов при подсчете запасов приводятся к содержанию главного с помощью переводных коэффициентов, определяемых по соотношению извлекаемых ценностей, а попутные полезные компоненты учитываются при расчете минимального промышленного содержания путем корректировки цены товарной продукции или эксплуатационных затрат.

Минимальное содержание на оконтуривающую выработку устанавливается как на месторождениях с четкими геологическими границами (об этом было сказано выше), так и на месторождениях не имеющих выраженных геологических границ, но характеризу-

ющихся снижением содержания основных компонентов в краевых частях рудных тел.

На некоторых месторождениях в качестве кондиционного лимита для подсчета детально разведанных запасов рассматривается минимальное значение коэффициента рудоносности. Это месторождения с резко неравномерным, прерывистым распределением оруденения, что существенно осложняет выделение на стадии детальной разведки сплошных рудных тел.

Применение коэффициента рудоносности — вынужденное решение, свидетельствующее о невозможности или нецелесообразности оконтуривания рудных тел в период детальной разведки. Необходимым условием применения коэффициента рудоносности является обоснованный на участках детализации вывод о том, что при сгущении разведочной сети до шага сопровождающего эксплуатационного опробования могут быть выделены либо сплошные рудные скопления, либо сближенные рудные участки (линзы, гнезда, вкрапленность и т. д.), характеризующиеся в совокупности близким к единице значением коэффициента рудоносности, что позволит осуществить их совместную выемку.

В случае использования коэффициента рудоносности в качестве кондиционного параметра особое внимание должно быть уделено обоснованию минимальной мощности рудного тела, включаемой в подсчет запасов и в расчет коэффициента рудоносности. Необходимость глубокого обоснования минимальной мощности рудного тела обусловлена тем, что подсчет запасов с применением коэффициента рудоносности осуществляется статистически и содержит элементы «прессования». «Прессование» заключается в том, что в подсчет запасов вовлекаются все без исключения рудные интервалы, удовлетворяющие требованиям кондиций, независимо от их ориентировки и размеров. В результате применения этого способа подсчета запасов придается равное влияние как мощным, так и маломощным рудным интервалам. Естественно, вероятность того, что все маломощные рудные интервалы будут прослеживаться непрерывно между разведочными линиями, ниже, чем для мощных. В результате этого при статистическом подсчете запасов всегда возможно их завышение. Обоснованное исключение или существенное ограничение количества маломощных рудных интервалов при таком способе подсчета повышает достоверность оценки этих запасов.

На месторождениях, отличающихся прерывистым распределением оруденения, но намечаемых для отработки открытым способом, минимальный коэффициент рудоносности в качестве кондиционного лимита устанавливать нецелесообразно, так как контур карьера и технико-экономические показатели разработки месторождения определяются с использованием экономически допустимого коэффициента вскрыши. Значение коэффициента вскрыши рассчитывается с учетом некондиционных прослоев, заключенных в рудных телах прерывистого строения (так называемая внутренняя вскрыша) и

учитываемых в подсчете запасов коэффициентом рудоносности. При подсчете запасов прерывистого оруденения статистическим методом для открытого способа отработки коэффициент рудоносности выступает лишь в качестве подсчетного показателя, дополнительно характеризующего разведанность подсчитываемых запасов.

В практике подсчетов минимальное значение коэффициента рудоносности устанавливается часто достаточно большим (0,6—0,7). Стремление соблюсти этот коэффициент заставляет авторов подсчетов неоправданно, без геологического обоснования усложнять контуры подсчета запасов, исключая участки, представляющиеся при имеющейся редкой разведочной сети безрудными. Последующее изучение таких контуров, как правило, показывает, что участки, считавшиеся безрудными, в действительности оказываются рудоносными.

Перечисленные и другие параметры кондиций тесно связаны между собой и должны рассматриваться в совокупности как в период технико-экономической оценки месторождения, так и при подсчете запасов. В равной мере должна оцениваться достоверность исходных данных, используемых при обосновании кондиций и в технико-экономических расчетах.

В то же время в силу организационных причин ТЭО кондиций разрабатываются в основном по материалам незавершенной детальной разведки. Запасы подсчитываются позже на основе более полных данных. Поэтому исполнителям в отчетах с подсчетом запасов необходимо приводить соответствующий материал, подтверждающий правильность принятых в ТЭО решений. Задачей экспертизы подсчета запасов является оценка соответствия результатов подсчета утвержденным технико-экономическим показателям, параметрам кондиций, особенностям геологического строения месторождения, технологии его разработки и переработки руд, требованиям к полноте учета полезных ископаемых и полезных компонентов.

При расхождении в оценке конкретных факторов между материалами ТЭО и подсчета запасов необходимо уточнить технико-экономические расчеты и параметры кондиций. В практике ГКЗ СССР подобные случаи наблюдаются достаточно часто. В отдельных случаях на стадии подсчета запасов выявляется, что в процессе технико-экономического обоснования были допущены весьма серьезные просчеты как в оценке достоверности принятого материала, так и в выработке решений.

Весьма поучителен в этом плане анализ примера технико-экономической оценки и подсчета запасов одного из оловянно-сульфидных месторождений. Рудные тела месторождения представлены крутопадающими жилами и минерализованными зонами, расположенными в терригенных породах. Руды имеют сложный вещественный состав и, кроме олова, содержат повышенные количества свинца (1,5%), цинка (2,6%), серы (9%), серебра (39 г/т), инди

(18 г/т), висмута (30 г/т), кадмия (70 г/т). Впервые запасы месторождения были утверждены ГКЗ СССР в 1960 г. Рудные тела были оконтурены при бортовом содержании олова 0,15%; минимальное промышленное содержание олова составило 0,3%. Запасы по промышленным категориям подсчитаны в 15 рудных телах, 85% запасов было сосредоточено в трех жилах мощностью 3,2—6,5 м, а две трети — в рудных телах мощностью более 5 м. Месторождение отнесено ко 2-й группе по сложности геологического строения.

Из-за низких технико-экономических показателей освоения, обусловленных низкой организацией труда и несовершенными техническими решениями при добыче и переработке руд, утвержденные в 1960 г. Госпланом СССР кондиции были пересмотрены горнодобывающим предприятием, представлены и утверждены ГКЗ СССР в 1976 г. Бортовое содержание олова было увеличено в 2 раза и составило 0,3%, а минимальное промышленное содержание — в 2,3 раза и достигло 0,7%. Установлен лимит на содержание олова в оконтуривающей выработке — 0,4%.

При экспертизе материалов подсчета запасов, выполненного по утвержденным в 1976 г. кондициям, были вскрыты крупные недостатки в технико-экономическом обосновании и подсчете запасов.

Анализ первичной геологической документации и планов опробования горных выработок показал, что утвержденное в 1976 г. бортовое содержание не соответствует особенностям распределения оруденения, развивающегося в пределах мощных минерализованных зон, несущих основные запасы олова, и является завышенным. Выделение среди минерализованных зон рудных тел вдоль так называемых «стержневых» жил, нередко сложенных минералами пострудных стадий, обусловило включение в контур подсчета запасов практически безрудных участков и оставление за контуром кондиционных руд. Сложное строение «стержневых» жил и их различная оловоносность при неравномерном распределении оловянной минерализации в контуре продуктивной зоны, завышенном бортовом содержании олова, отсутствии учета попутных полезных компонентов в условном олове привели при существующей степени разведанности к искусственной увязке в единое рудное тело («жилу») разобщенных рудных интервалов.

Рассматривавшиеся ГКЗ СССР в 1978 г. запасы категорий В+С₁ сократились по сравнению с ранее утвержденными по руде в 5 раз, по олову в 3 раза при увеличении его содержания в 2,3 раза. Число рудных тел уменьшилось до шести. Ранее утвержденные запасы свинца, цинка и серы на переутверждение не представлялись. Мощность рудного тела по наиболее крупной жиле, вмещающей в данном подсчете 96% всех запасов, сократилась более чем на 25%, а площадь — более чем в 4 раза. Промышленные запасы по этой жиле оказались разобщенными в четырех-небольших (70—170 м), отстоящих друг от друга на 60—500 м участках.

Месторождение переведено в 3-ю группу по сложности геологического строения. В сравнении с заложенными в кондициях подсчитанные запасы также уменьшились и составили по руде 44% и по олову 47%.

На основании сопоставления материалов разведки и эксплуатации авторами подсчета запасов сделан вывод об уменьшении запасов, разведанных в 1960 г., по руде на 28—29%, по олову на 18—19%. Анализ материалов сопоставления показал, что расчеты выполнены на недостоверных данных в связи с неполным опробованием по мощности большинства сечений в период эксплуатационной разведки. Это привело к систематическому занижению мощности рудных тел на 3—60% (в среднем на 28%), завышению содержания олова (в 11 рудных телах из 14) на 5—82%, неточному учету запасов руды в связи с ошибками в определении ее плотности. Сопоставление добытой руды с данными ее переработки на обогащательной фабрике вскрыло значительные расхождения (по руде в 1,5 раза, содержанию олова в 1,4 раза), а также отсутствие опробования на свинец, цинк, серу, серебро и другие попутные полезные компоненты.

В связи с несоответствием кондиций геологическим особенностям месторождения, некомплексной оценкой минерального сырья, низкой достоверностью подсчитанных запасов и низким качеством представленных материалов, ГКЗ СССР воздержалась от утверждения запасов и рекомендовала Минцветмету СССР разработать новое технико-экономическое обоснование постоянных кондиций.

В 1981 г. при экспертизе подсчета запасов месторождения железистых кварцитов выявлено, что оконтуривание запасов по мощности рудного тела произведено с многочисленными отступлениями от установленных кондиций (бортовое содержание железа магнетитового 10%, минимальная мощность рудного тела 5 м, максимальная мощность прослоев пустых пород и некондиционных руд для включения в подсчет запасов 5 м). Из подсчета запасов исключались безрудные прослои мощностью менее 5 м и многочисленные интервалы в краевой части рудных тел с содержанием железа магнетитового выше бортового, представленные переслаиванием железистых кварцитов и сланцев. Это привело к упрощению формы рудных тел (сглаживанию), их искусственному расчленению, неполному учету запасов, завышению их качественной характеристики по железу магнетитовому, снижению содержания вредной примеси — серы. Неполностью были учтены при подсчете безрудные дайки. Абсолютное содержание железа магнетитового оказалось выше принятого в ТЭО кондиций на 1,13% (относительное — около 5%).

В повторно представленных в 1982 г. на рассмотрение ГКЗ СССР материалах подсчета запасов отмеченные недостатки были устранены. По сравнению с подсчетом 1981 г. запасы категории

В и С₁ увеличились соответственно на 16,1 и 23,3 млн. т (32%) при снижении содержания железа магнетитового в них соответственно на 1,71 и 0,67% (относительное снижение 6,5 и 2,6%); запасы месторождения в целом (категории В, С₁ и С₂) увеличились на 39 млн. т (14%), а содержание железа магнетитового снизилось на 1,36% (относительное — 5,2%), количество рудных тел уменьшилось с 51 до 18. Полученные при повторном подсчете запасов геологические результаты отличались от принятых в ТЭО кондиций. В связи с этим были уточнены основные технико-экономические показатели разработки месторождения, которые оказались существенно ниже первоначальных, главным образом, в связи со снижением среднего содержания железа магнетитового в руде и увеличением коэффициента вскрыши (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительные технико-экономические показатели освоения месторождения железистых кварцитов

Показатели	ТЭО кондиций	Подсчет запасов	Разница	
			абсолютная	относительная, в % к ТЭО
Запасы руды категорий В+С ₁ , млн. т	333,8	314,0	-19,8	-5,93
Содержание железа, %:				
общего	30,01	29,50	-0,51	-1,70
магнетитового	24,79	24,53	-0,26	-1,05
Производительность:				
по горной массе, млн. т	76	86	+10	+13,2
по сырой руде, млн. т	18,5	17,4	-1,1	-5,95
по концентрату, тыс. т	5928	5576	-352	-5,94
по окатышам, тыс. т	6128	5764	-364	-5,94
Коэффициент вскрыши, т/т	2,39	3,03	+0,64	+26,8
Себестоимость, руб.:				
добычи 1 т сырой руды	1,80	1,99	+0,19	+10,6
обогащения	5,74	5,74	0	0
получения 1 т концентрата	11,36	12,26	+0,90	+7,9
получения 1 т окатышей	17,21	18,07	+0,86	+5,0
Стоимость готовой продукции, млн. руб/год	170,1	160,0	-10,1	-5,94
Прибыль, млн. руб.	46,7	38,1	-8,6	-18,42
Уровень рентабельности к производственным фондам, %	7,5	6,4	-1,1	-14,67
Срок окупаемости капитальных вложений, лет	3,5	4,3	+0,8	+22,9

В целом анализ соответствия технико-экономического обоснования подсчета запасов реальным геологическим особенностям месторождений представляет собой одну из главных и первоочередных задач экспертизы.

Признаками неполного соответствия кондиционных показателей геологическим особенностям месторождений являются следующие:

1) несовпадение геологических границ рудоносных образований с контурами подсчета запасов;

2) наличие большого количества обоснованных отступлений от утвержденных кондиций при оконтуривании рудных тел и подсчетных блоков;

3) значительное количество запасов, относимых к забалансовым;

4) выделение в геологически единой рудоносной зоне большого количества обособленных рудных тел ограниченных размеров;

5) невозможность однозначной геометризации тел технологически сплошных руд при отсутствии в кондициях указаний на допустимость статистического подсчета запасов с коэффициентом рудоносности и, напротив, установление лимитного коэффициента при очевидной невозможности селективной добычи;

6) неполный учет попутных компонентов и возможностей комплексного использования добываемого сырья.

Резкое несоответствие кондиций геологическим особенностям месторождений обычно требует пересоставления ТЭО и препятствует возможности утверждения запасов.

Глава 2

ПОЛНОТА И КАЧЕСТВО ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Основные сведения по содержанию и оформлению отчетов с результатами подсчета запасов приведены в специальной инструкции ГКЗ СССР, утвержденной 06.10.1983 г. [11]. В этой инструкции изложены требования, предъявляемые к тексту отчета (содержанию и объему), табличным приложениям, графическим материалам первичной документации.

ПОЛНОТА МАТЕРИАЛОВ

Материал в отчетах с подсчетом запасов, как правило, излагается в последовательности, соответствующей обычной структуре геологических отчетов. При этом каждый из разделов должен содержать сведения, необходимые для оценки правильности выполненного подсчета запасов, обоснованного принятия решения о подготовленности месторождения к промышленному освоению и составлении проекта его разработки и переработки добытого минерального сырья. Стремление авторов отчетов механически удовлетворить требования инструкции ГКЗ СССР по полноте представленных материалов часто приводит, однако, к перегрузке отчетов излишними сведениями, в то время как нужная информация отсутствует.

Характерные примеры чрезмерного объема отчетов приведены в известной монографии И. Д. Когана [17], но и после издания этой книги остается значительное количество отчетов, объем кото-

рых заметно превышает требования инструкции (месторождения Коктенкольское, Джилау, Верхнекайрактинское, Нерюндинское, Одинокое, Барсучий Лог, Качарское, Михайловское и многие другие).

В процессе рассмотрения материалов в ГКЗ СССР эксперты не всегда имеют возможность лично ознакомиться с каждым месторождением и в деталях изучить те или иные особенности их геологического строения, влияющие на достоверность оценки запасов. Поэтому неизменным приложением к отчету с подсчетом запасов являются акты проверки соответствия первичной геологической документации натуре, составляемые при участии представителей контролирующих организаций и представителей обрабатывающих предприятий. При этом такие акты должны составляться регулярно, с тем чтобы исполнители могли заблаговременно исправить недостатки, выявленные во время проверок.

Несмотря на то, что уже более 20 лет ГКЗ СССР требует обязательного наличия актов проверки соответствия первичной документации натуре, встречаются отчеты, в которых эти документы отсутствуют (в частности, по Чиатурскому, Воздвиженскому, Никитовскому и другим месторождениям). В ряде случаев к отчетам прилагаются акты, составленные лишь на завершающем этапе разведочных работ, когда уже поздно вносить коррективы в методику выполнения документации.

Весьма характерным недостатком материалов, устанавливаемым при экспертизе подсчетов запасов, представляемых на утверждение не первый раз, является отсутствие на графических приложениях контуров ранее утвержденных запасов (месторождения Катериновское, Левобережное, Даугызтау и др.). Эти контуры необходимы для оценки произошедших в результате доразведки месторождения изменений и установления их причин. На основе сопоставлений контуров запасов при разной степени их разведанности обычно оценивается правильность как представлений о структуре месторождения, закономерностях локализации оруденения, морфологии рудных залежей по данным предыдущего этапа разведочных работ, так и принятой методики разведки месторождения. При сопоставлении этих контуров выявляются также ошибки оценок экспертизы и ГКЗ СССР.

Не всегда подсчеты запасов иллюстрируются необходимыми графическими документами, без которых невозможно оценить, насколько точно расшифровано геологическое строение месторождений и надежно выполнена увязка рудных тел в пространстве. Так, в отчете по Чиатурскому месторождению в геологической графике почти не было разрезов, без которых нельзя проверить правильность оконтуривания марганцевого горизонта.

При утверждении запасов по Трудовому месторождению отсутствовали детальные геолого-структурные планы горизонтов горных работ с результатами опробования, замерами элементов залегания

жил и секущих нарушений, околорудными изменениями вмещающих пород. На приложенных к отчету геологических планах масштаба 1:1000 геологическая ситуация была показана схематично, а результаты опробования были вынесены только по сгруппированным интервалам и только по жилам, участвующим в подсчете запасов. Без указанных детальных планов проверить правильность увязки жил между горизонтами горных работ было затруднительно. Аналогичные недостатки отмечены при экспертизе материалов подсчета запасов месторождений Личкваз-Тейского, Алавердского и др.

В отчет по месторождению Мютенбай не были включены планы опробования горных выработок, проекции рудных залежей с блокировкой запасов. По крутопадающим рудным залежам не были показаны промежуточные погоризонтные планы, а по пологозалегающим — продольные разрезы. Все это осложнило проверку увязки рудных залежей и вызвало замечания экспертизы по методике оконтуривания оруденения.

Отмечаются и другие недостатки по полноте представленных материалов. Нередки случаи, когда в журналах опробования нет сведений о диаметрах скважин, массе проб, датах и местах их отбора; на графических приложениях по месторождениям, планируемыми к открытой разработке, не всегда показываются контуры проектных карьеров, иногда отсутствуют систематизированные данные по внутреннему и внешнему геологическому контролю химических лабораторий.

В материалах подсчета запасов, выполняемых геологоразведочными организациями Минцветмета СССР в связи с переоценкой месторождения из-за неподтверждения запасов, как правило, отсутствуют заключения территориальных округов Госгортехнадзора СССР о правильности отработки месторождения и обоснованности списания запасов в случае их неподтверждения (месторождения Восток, Шерловогорское, Дальнетаежное, Южно-Сарановское и др.).

Нередко в материалы подсчета не включается первичная геологическая документация, что не позволяет оценить ее качество и достоверность графических построений.

Отмеченные и другие недостатки материалов подсчета запасов не дают возможности осуществить в ряде случаев полноценную экспертизу этих материалов. Возникает необходимость запроса у авторов недостающих данных, что удлиняет сроки экспертизы.

Таким образом, начальным этапом экспертизы следует считать определение состава и полноты представленных на рассмотрение материалов. Следующий ее этап заключается в оценке качества этих материалов, их достоверности и пригодности для обоснования подсчета запасов. К числу основных материалов относится первичная документация.

ПЕРВИЧНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Вся разнообразная и обширная информация, полученная в период геологоразведочных работ на месторождении, изначально отражается в первичных полевых материалах, которые являются единственными юридически полноценными документами, используемыми для выполнения дальнейших обобщающих исследований на месторождении. На основании первичных материалов осуществляются работы по геометризации оруденения, оценке качества и запасов руд, уточняются методика и направление геологоразведочных и эксплуатационных работ.

Важной особенностью первичных материалов является их невоспроизводимость, так как естественные и искусственные обнажения вмещающих пород, и особенно рудных тел, в процессе производственной деятельности или с течением времени ликвидируются либо видоизменяются. Поэтому первичные материалы должны создаваться оперативно, систематически, характеризоваться полнотой и объективностью.

Специальные условия должны быть созданы для обеспечения сохранности первичных материалов и их подлинности. Следует иметь в виду, что правильные представления о геологическом строении месторождения, точность и достоверность подсчета запасов определяются главным образом точностью и достоверностью исходных данных. Последующая обработка и подготовка сводных материалов для обоснования подсчета запасов не устраняет ошибок или недостатков в исходной информации. В случае выявления систематических недостатков в первичных материалах, как правило, требуется повторное выполнение полевых работ — либо в полном объеме, либо частично, в виде контрольных работ.

В качестве примера можно привести ставшую уже привычной практику введения различного рода поправочных коэффициентов при подсчете запасов россыпных месторождений золота и олова (на содержание, вертикальные запасы, запасы торфов и песков), что бывает обусловлено низкой достоверностью данных, получаемых при опробовании скважин ударно-канатного бурения, применяемых при разведке россыпей.

На Костомукшском, Кировогорском и некоторых других месторождениях железных руд в первый период их разведки были допущены ошибки в определении содержания магнетитового железа, в связи с чем впоследствии возникла необходимость бурения новых скважин для частичного переопробования месторождений с целью получения достоверных данных о содержаниях магнетитового железа. Из-за недостаточной изученности морфологии и качества богатых железных руд на большинстве месторождений Кривбасса при подсчете запасов были введены поправочные коэффициенты на запасы руды и содержание железа, что тем не менее, как показали

результаты последующей отработки, не обеспечило получения правительственных данных.

На ряде золоторудных месторождений, разведывавшихся в 30—50-е гг., главное внимание уделялось изучению морфологии, условий залегания и качества лишь золотосодержащих жил с высокими концентрациями золота. Качество первичной геологической документации этих жил, включая опробование, описание и оформление, было высоким и может служить эталоном и в настоящее время. Вместе с тем документация зон прожилкования, метасоматического изменения и трещиноватости, вмещающих бедное и рядовое золотое оруденение, вскрываемое одновременно с жилами, выполнялась схематично, а опробование их либо не производилось, либо осуществлялось пунктирным бороздовым или точечным способами. Из-за указанных упущений при производстве первичной геологической документации весьма осложнена оценка морфологии, внутреннего строения, качества и количества запасов прожилково-вкрапленного оруденения, с которым связаны основные перспективы укрепления сырьевой базы действующих предприятий. Для решения этих вопросов в настоящее время выполняются дополнительные геологоразведочные работы.

В соответствии с задачами, стоящими при изучении месторождения, выделяют несколько видов первичных материалов. Основными являются следующие материалы:

- 1) первичной геологической документации;
- 2) рядового опробования для производства подсчета запасов полезных компонентов и минерального сырья;
- 3) изучения горно-геологических условий отработки месторождения;
- 4) изучения гидрогеологических условий отработки месторождения;
- 5) геофизического изучения месторождения;
- 6) изучения технологических свойств руд при обогащении.

Способы создания первичных материалов во многом близки и обычно включают графическое изображение изучаемого объекта (зарисовка, фотография), отбор и изучение образцов и проб и интерпретацию данных. Признаки, характеристика которых фиксируется при документации, изменяются в зависимости от вида первичного материала и геолого-промышленного типа месторождений.

Главное место среди первичных материалов по объему и важности, а также диапазону решаемых задач занимает первичная геологическая документация естественных и искусственных обнажений: коренных выходов пород и руд, подземных и поверхностных горных выработок, скважин. Поэтому на примере именно этого вида материалов далее рассмотрены основные требования к содержанию документации, которые должны быть предъявлены при оценке ее качества.

В соответствии с существующим порядком качество первичных геологических материалов в период производства геологоразведочных работ оценивается специально создаваемыми комиссиями на основе сверки документации с натурой. По результатам сличения составляются специальные акты.

На стадии экспертизы материалов подсчета запасов о качестве первичной геологической документации судят по ряду признаков — как общих, так и специфических, связанных с принадлежностью месторождения к конкретному геолого-промышленному типу.

Непременным требованием к первичной геологической документации является возможность быстрого и точного определения участка документации в пространстве (по координатам, данным привязки к рудному телу, горизонту, горной выработке и др.). Это очевидное и простое условие выполняется далеко не всегда и не в полном объеме, что не дает возможности использовать материалы первичной геологической документации при проверке сводных документов или вынуждает тратить большое количество времени на поиски местоположения участка документации.

Принятый масштаб документации должен позволять отразить не только внешние контуры рудного тела или продуктивной зоны, но и их внутреннее строение, положение и размеры рядовых проб, результаты анализов. Для большинства месторождений цветных металлов оптимальным является масштаб 1:50; для месторождений черных металлов — 1:100—1:200.

Вместе с тем имеются единичные примеры неправильного выбора масштаба первичной документации. Так, на некоторых жильных месторождениях цветных и благородных металлов в Армянской ССР, относящихся к 3-й группе по сложности геологического строения, первичная геологическая документация выполнена в масштабе 1:100. Этот масштаб не позволяет отразить внутреннее строение рудных тел и минерализованных зон, указать литологические и петрографические разновидности вмещающих пород, состав руд, длину и номера рядовых бороздовых проб и даже проследить распределение оруденения в контуре горных выработок (от стенки до стейки).

Несоответствие масштаба первичной документации параметрам и строению рудных тел во многом обесценило первичный материал, снизило эффективность затрат на геологоразведочные работы, излишне упростило представления о геологическом строении месторождений. Последнее обстоятельство привело к тому, что месторождения были ошибочно отнесены ко 2-й группе по сложности строения и разведаны по редкой разведочной сети, что при экспертизе материалов привело к существенному снижению запасов высоких категорий.

На Белорецком железорудном месторождении геологическая документация была осуществлена в масштабе 1:500, что не позволило охарактеризовать строение рудных тел, определить правиль-

ность взятия керновых проб, составить качественную и информативную сводную геологическую графику (разрезы, планы).

В то же время правильно выбранный масштаб первичной геологической документации не является гарантией ее высокого качества. Для этой цели необходимо на зарисовках добиться четкого отражения границ рудных тел и вмещающих пород, распределения руд по вещественному составу и текстурным разновидностям, выделения зон трещиноватости, разрывных нарушений, околорудно-измененных пород. Очень важным фактором, указывающим на высокое качество первичной геологической документации, является отражение возрастных и пространственных взаимоотношений оруденения с вмещающими породами, тектоническими нарушениями, околорудными изменениями, выделение благоприятных и неблагоприятных для локализации оруденения пород. Документация (иногда в более крупном масштабе) должна иллюстрировать структурные условия локализации и распределение богатого оруденения, форму и характер выклинивания рудных тел по простиранию. Все эти материалы следует сопровождать замерами элементов залегания границ, зон участков.

Текстовая (описательная) часть первичной геологической документации должна дополнять зарисовки (фотографии); в ней отражаются состав и количество рудных и жильных минералов, характер контакта руды с вмещающими породами (резкие — постепенные, ровные — неровные, устойчивые — неустойчивые), физико-механические параметры рудных тел и вмещающих пород; в описании должно быть подчеркнуто наличие и отмечены признаки рудоконтролирующих и рудовмещающих геолого-структурных элементов, которые в дальнейшем, при составлении сводных графических материалов, будут использованы при корреляции рудных интервалов, построении рудных тел.

Следует отметить, что на практике описательная часть первичной геологической документации в большинстве случаев посвящена литолого-петрографической характеристике вмещающих пород и очень редко характеристике рудных тел. Этот недостаток встречается систематически.

На первичной геологической документации должно быть указано положение (в масштабе) рядовых проб и их номера, положение проб, отбираемых для изучения вещественного и химического состава руд, физико-механических свойств, определения плотности, влажности, интервалы отбора и номера валовых и технологических проб. Эти данные, зафиксированные на первичной геологической документации, не только характеризуют изученность рудных тел, но и позволяют оценить правильность отбора и представительность проб.

В настоящее время нельзя признать достаточным лишь первоначальную зарисовку и описание рудного интервала. Работа первичной геологической документацией должна продолжаться по

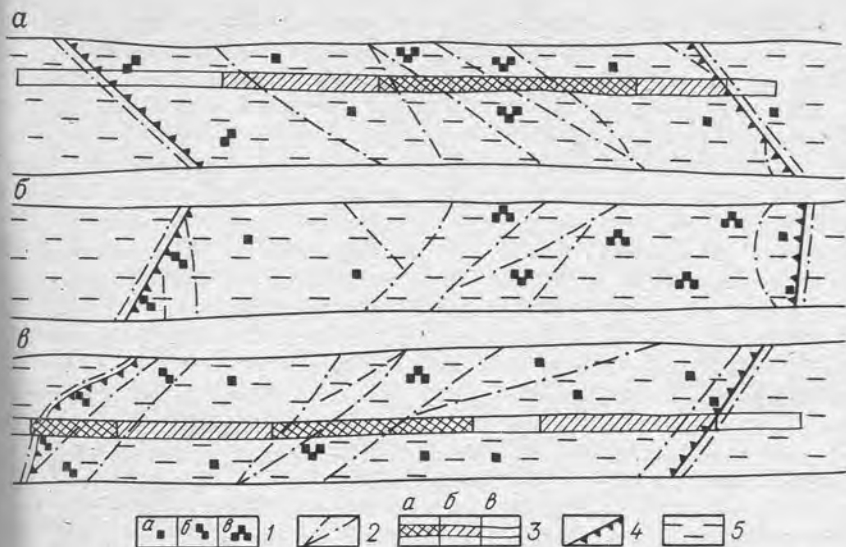


Рис. 4. Геологическая документация горной выработки в пределах сложной, прерывистой по строению рудоносной зоны:

а — северо-западная стенка, *б* — кровля, *в* — юго-восточная стенка.
 1 — сульфидизация: *а* — слабая, *б* — средняя, *в* — сильная; 2 — тектонические трещины; 3 — линии бороздового опробования: *а* — по кондиционной, *б* — по некондиционной руде, *в* — по безрудным породам; 4 — границы рудоносной зоны, 5 — углеродисто-кремнистые сланцы

ле получения результатов анализов всех отобранных проб и установления кондиций для подсчета запасов. Заключается она в вынесении и обработке аналитических данных, уточнении границ рудных интервалов по линии опробования и определении их параметров (мощности и содержания).

В горных выработках проводится увязка рудных интервалов между двумя стенками и рассчитываются параметры рудного интервала по выработке в целом. Выделяются маркирующие рудо-контролирующие элементы (породы, разрывные нарушения, структурные узлы и т. д.), оценивается правильность положения проб и полнота опробования рудного интервала по мощности.

Совокупность указанных и других данных должна быть отражена на зарисовке, выполняемой на кальке-накладке к первоначальной зарисовке, и в сводном описании рудного интервала. В последнем целесообразно также привести данные о распределении оруденения по сортам, литолого-петрографическим признакам, минеральному составу, физико-механическим свойствам, о уточненных критериях, которые следует использовать при оконтуривании рудных интервалов и корреляции их между собой.

Подобная завершающая стадия первичной геологической документации в настоящее время выполняется на очень немногих месторождениях. Вместе с тем, учитывая, что визуально фикси-

руемые признаки оруденения на большинстве впервые разведываемых месторождений проявлены не всегда и оруденение оконтуривается в основном по данным опробования, такая комплексная интерпретация первичных геологических документов представляется весьма целесообразной. Она позволяет выявить и использовать для расшифровки структуры месторождения и морфологии рудных тел комплекс признаков и тем самым повысить достоверность построений.

Положительный пример в этом отношении — опыт оконтуривания сложного золоторудного месторождения с прерывистым распределением оруденения и отсутствием четких и хорошо выраженных геологических границ (рис. 4). Авторами на основе изучения первичной геологической документации выявлено, что положение рудоносных зон определяется по трем разновидностям признаков: по тектонике, околорудным изменениям и опробованию. При совместной интерпретации первичной документации представилось возможным достаточно обоснованно увязать рудные тела.

Основные требования к содержанию первичных материалов по другим видам исследований — гидрогеологическим, инженерно-геологическим, технологическим, геофизическим — изложены в соответствующих главах.

ОЦЕНКА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ РАЙОНА РАЗВЕДУЕМОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Для правильной технико-экономической оценки месторождения в материалах подсчета запасов должны быть приведены сведения о географических условиях и экономическом потенциале района его геологическом строении, количестве и размещении запасов и ресурсов имеющихся видов минерального сырья.

Географические условия характеризуются положением месторождения на территории страны, административного района метеоусловиями по временам года с выделением экстремальных периодов (температуры, скорости и направления ветра, количества и продолжительности осадков), наличием мерзлоты и ее распространенностью, сейсмическими условиями, лавино- и селеопасностью запасами водных и лесных ресурсов и др.

Экономические сведения должны быть представлены данными о видах и состоянии транспортных коммуникаций, их пропускной способности и фактическом объеме грузооборота, энергетических ресурсах и балансе их использования, наличии предприятий родственных с проектируемым, и других промышленных и сельскохозяйственных предприятий, трудовых ресурсах, их структуре, балансе и потребности в них.

Характеристика географических и экономических условий сопровождается картами, отражающими физико-географические условия

инфраструктуру района, а в необходимых случаях — картами лавиноопасности, мерзлотными, сейсмическими и др.

Сведения о геологическом строении района должны приводиться целенаправленно, с тем чтобы обосновать геолого-структурную позицию месторождения, выявить роль региональных геологических факторов, определяющих положение месторождения, оценить прогнозные ресурсы данного и других видов минерального сырья.

К сожалению, в большинстве материалов подсчета запасов эта глава составляется формально, по стандартной академической схеме: история исследований, стратиграфия, магматизм, тектоника, история геологического развития, с детальным описанием каждого из этих вопросов. Значительная часть приведенной информации нередко не связана с обоснованием положения месторождения в районе, особенностями его строения, факторами рудоконтроля, оценкой прогнозных ресурсов.

Геологические карты, которые должны являться наиболее информативным материалом по данному вопросу, также не специализируются на выделении особенностей, характеризующих строение рассматриваемого месторождения.

Геологические карты района должны быть составлены на основе кондиционных геологических съемок и отражать положение месторождений и распределение оруденения относительно структурных, литолого-фациальных, магматических, геоморфологических и других элементов, обуславливающих особенности геологического строения рудного поля. На картах необходимо выделить региональные и локальные рудоконтролирующие и рудовмещающие структуры и комплексы пород, месторождения или участки, на которых определены прогнозные ресурсы, выявлены предварительно и детально разведанные запасы, осуществляется разработка или производится строительство горнодобывающего предприятия. Следует подчеркнуть, что на картах должно быть показано распределение прогнозных ресурсов и запасов не только того вида минерального сырья, которое представлено на экспертизу, но и всех других, известных в данном районе. Этим обеспечивается комплексная оценка полезных ископаемых района.

Масштаб геологических карт и их нагрузка зависят от геолого-промышленного типа изучаемого месторождения, размеров и сложности строения рудного поля. Месторождения или рудные поля железных руд типа железистых кварцитов, осадочные морские марганцевых руд, редких металлов в стратифицированных щелочных породах, титана и циркония в прибрежно-морских отложениях и другие подобные могут быть отражены на геологических картах масштаба 1:100 000—1:200 000. Наряду с этим для полноценной характеристики положения в районе и оценки прогнозных ресурсов значительного числа геолого-промышленных типов месторождений цветных, благородных и редких металлов, отдельных геолого-промышленных типов месторождений железных руд (гидротермальные

месторождения, месторождения богатых руд Кривбасса, магнетитовых руд и др.) требуется составление геологических карт масштаба 1:25 000 и даже 1:10 000.

На основании приводимых по району данных о географо-экономическом положении, геологическом строении и оценке прогнозных ресурсов осуществляется выбор месторождений для постановки детальной разведки. При составлении ТЭО кондиций материалы прогнозных ресурсов и их размещении учитываются при рассмотрении возможных перспектив развития предприятия, определении предельной глубины разработки, выборе способов вскрытия и ме- заложения капитальных выработок, расположения производственных зданий и сооружений и др.

Достаточно полное изучение геологического строения района целью получения данных по указанным вопросам представляется собой сложную задачу и на практике, как правило, отстает в времени от изучения месторождения или участка, на котором осуществляется детальная разведка. В ряде случаев, однако, это обусловлено объективными причинами: сложностью геологического строения, неблагоприятными географо-экономическими условиями, значительными глубинами залегания и др. В большинстве же случаев отставание в изучении геологического строения и оценке прогнозных ресурсов рудного поля вызывается организационными причинами.

Анализ опыта промышленного освоения некоторых рудных районов указывает, что решения о строительстве и развитии горнодобывающих предприятий, размещении производственных зданий, объектов инфраструктуры в ряде случаев могли быть совершенно при наличии в период утверждения запасов и проектирования предприятий данных о расположении других месторождений (участков), их возможных границах, масштабах этих объектов. Например, на некоторых железорудных месторождениях Старооскольского района — Лебединском, Стойленском, Стойло-Лебединском, Красном — в настоящее время осложнен выбор оптимального направления развития горных работ и определения возможностей увеличения производительности на открытых горных работах в связи застроенностью в предыдущие годы поверхности месторождения капитальными зданиями, наличием железнодорожных путей, других сооружений. До настоящего времени по этому важному промышленному району отсутствуют кондиционные геологические карты. На некоторых месторождениях цветных металлов часть жилого и производственного фонда попадает в зону сдвижения от подземных горных работ и подлежит ликвидации.

Имеются примеры, когда из-за недостаточной изученности рудного поля и неполной оценки его прогнозных ресурсов детальная разведка осуществлялась на участках, характеризующихся более низким качеством руд, худшими условиями залегания, более низкими технико-экономическими показателями освоения (Уч

лачское полиметаллическое месторождение, участки Дальний, Центральный и др.). Недостаточная изученность геологического строения района и рудного поля нередко сдерживает оценку его перспектив и постановку поисково-оценочных работ. Так, в отдельных районах Рудного Алтая после открытия и детальной разведки ряда месторождений (Ново-Березовское, Иртышское, Малеевское и др.) на основании неполных данных о геологическом строении районов их расположения сложилось мнение об отсутствии здесь перспектив обнаружения новых месторождений и рудных тел и геологоразведочные работы были прекращены. Возобновление их через значительный промежуток времени, связанное с истощением сырьевых баз действующих предприятий, привело к выявлению новых рудных тел и месторождений, запасы которых оказались вполне сопоставимыми как по количеству, так и по качеству с ранее известными. Однако соответствующего опережения во времени в геологическом изучении этих районов не было обеспечено, что не позволило своевременно подготовить сырьевую базу для промышленного освоения.

Отставание в изучении перспектив рудного поля нередко приводит к тому, что после завершения детальной разведки на месторождении геологоразведочная организация (партия, экспедиция) оказывается без подготовленных объектов для разведочных работ даже при наличии значительных прогнозных ресурсов в районе.

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, УЧИТЫВАЕМЫЕ ПРИ ОБОСНОВАНИИ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

Целями геологических исследований, выполняемых на месторождении в период детальной разведки, являются определение границ месторождения и его масштаба, геолого-промышленного типа оруденения, выявление закономерностей, обуславливающих размещение оруденения и морфологию рудных тел, установление распределения запасов по качеству, количеству и свойствам минерального сырья в объеме месторождения. Эти вопросы решаются на основе выполнения комплекса геолого-структурных, литолого-петрографических, минералогических исследований, анализа данных опробования, технологических испытаний руд и других работ.

Многие особенности геологического строения и методики изучения месторождений зависят от характера взаимоотношений оруденения и вмещающих пород. По этому признаку рудные месторождения разделяются на три группы.

К первой группе относятся месторождения, залегающие согласно или субсогласно с вмещающими породами и контролирующиеся стратиграфическими, литологическими, фациальными, петрографическими особенностями геологического строения.

Ко второй группе принадлежат месторождения, залегающие несогласно с вмещающими породами при контроле оруденения

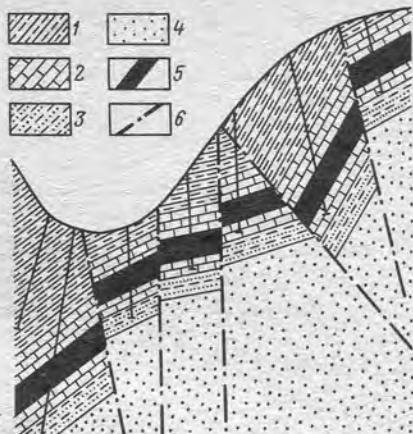


Рис. 5. Увязка рудного тела, согласно залеганию с вмещающими породами
 1 — алевролиты; 2 — известняки; 3 — песчаники
 прослоями алевролитов; 4 — песчаники; 5 — рудное тело; 6 — тектонические нарушения

преимущественно тектоническими элементами геологического строения.

В третью группу входят месторождения, которые локализованы в метасоматически измененных породах и на которых взаимоотношения оруденения с первичными вмещающими породами установить трудно или невозможно.

Данная систематика является достаточно условной, а многие реальные месторождения занимают промежуточное положение между группами. Последнее обстоятельство будет определять соответствующее сочетание требований к геологической изученности; методике разведки месторождений, первичным и сводным материалам.

Наиболее простыми для изучения являются месторождения первой группы, на которых можно непосредственно использовать наблюдения за составом пород, их текстурными, структурными и фациальными особенностями, зафиксированными в первичной геологической и других видах документации, при интерполяции (увязке) рудных интервалов и построении рудных тел. Даже в случае проявления на месторождении пликативной или дизъюнктивной тектоники, увязка рудных тел, залегающих согласно вмещающими породами, не вызывает особых затруднений (рис. 5). К таким относятся, например, месторождения железистых кварцитов, бурых железняков, сидеритов, осадочные марганца и урана, медистых песчаников, стратиформные свинца и цинка, россыли титана, циркония, олова, некоторые типы колчеданных среди эффузивно-пирокластических пород, месторождения редких металлов, никеля, меди в стратифицированных массивах щелочных основных интрузивных пород.

Главное внимание в процессе изучения подобных месторождений должно уделяться исследованию фациальных, литологических

петрографических и текстурно-структурных особенностей руд и вмещающих пород, что позволит расчленить их и выделить маркирующие горизонты. Поскольку указанные особенности удовлетворительно выявляются не только в горных выработках, но и по керну, месторождения, залегающие согласно с вмещающими породами, разведуются преимущественно скважинами колонкового бурения. Хорошая в большинстве случаев выдержанность разреза вмещающих пород позволяет применять достаточно редкую сеть даже при разведке запасов высоких категорий.

Характерные особенности многих месторождений этой группы — многоярусное расположение рудных тел и принадлежность их к единому структурно-морфологическому типу. Запасы полезных компонентов распределены среди рудных тел достаточно равномерно, а число последних обычно невелико — единицы, очень редко первые десятки.

Рудные тела на таких месторождениях имеют форму пластов, уплощенных линз, лент, в которых площадные размеры (протяженность по простиранию и падению) резко преобладают над мощностью. Выклинивание рудных тел постепенное и закономерное — за счет уменьшения как мощности, так и содержания полезных компонентов в руде. В случае мощных залежей часто наблюдается постепенное выклинивание с расщеплением единого рудного тела по мощности на ряд линзовидных участков. Указанные особенности строения дают возможность интерполировать рудные тела между интервалами опробования в соответствии с особенностями залегания рудовмещающей толщи: при моноклинальном залегании — прямолинейно, при складчатом — в соответствии с последним.

Возможность учета особенностей геологического строения рудовмещающей толщи при построении рудных тел позволяет существенно приблизить форму последних и их положение в пространстве к контурам в естественном залегании.

Изучение рудных тел и увязка их в пространстве на месторождения рассматриваемой группы упрощается также тем, что на многих таких объектах существует связь между формой залежи — внешними контурами — и ее внутренним строением. Границы рудных тел обычно ровные, четкие, нередко фиксируются визуально в процессе документации. Наряду с этим внутреннее строение залежей достаточно сложное: часто наблюдается чередование рудных и нерудных прослоев различной мощности.

Внутреннее строение рудных тел можно исследовать аналитически. С этой целью определяется количество прослоев кондиционных и некондиционных руд в пласте, их мощность, содержание полезных и вредных компонентов, положение относительно кровли или подошвы пласта. Специально исследуется изменение этих параметров в плоскости рудного тела.

Следует учесть, что рудные и некондиционные прослои отли-

чаются не только по содержанию основных компонентов, но и по вещественному и химическому составу, физико-механическим свойствам и др. Так, на ряде месторождений железистых кварцитов некондиционные прослои в продуктивной толще содержат повышенное количество сульфидов железа (пирит, пирротин), которые осложняют методику анализа рядовых проб при определении магнетитового железа и ухудшают качество железорудного concentrates. На некоторых стратиформных месторождениях свинца и цинка в некондиционных прослоях отмечаются повышенные количества органического углерода, который существенно снижает извлечение рудных минералов при обогащении и т. д.

Анализ внутреннего строения позволяет описать свойства рудного тела, установить их изменение в пространстве и на этом основании сформулировать обоснованные рекомендации по таким важным параметрам кондиций, как бортовое содержание для оконтуривания рудного тела, минимальная мощность последней и максимальная мощность пустого прослоя, включаемого в контур залежи.

На многих месторождениях данной группы существует зональность, связанная с проявлением гипергенных процессов. Окисленные руды слагают, как правило, плащеобразные залежи. Граница их с первичными рудами сложная. Нередко окисленные руды по зонам тектонических нарушений либо проницаемым комплексами пород происходит на глубину в десятки и первые сотни метров от дневной поверхности, что достоверно может быть установлено только при более густой разведочной сети, чем принимаемой для первичных руд. Необходимость уточнения границы окисленных и первичных руд нередко определяет специфику методики разведки подобных месторождений.

Гипергенные процессы существенно изменяют технологические свойства первичных руд. При развитии гипергенных процессов по железистым кварцитам, свинцово-цинковым рудам, медистым песчаникам показатели обогащения окисленных руд существенно ухудшаются по сравнению с первичными. Для обогащения таких руд необходимо применение сложных технологических схем. В случае, если окислены урановые, карбонатные марганцевые руды, сидериты, технологические свойства становятся более благоприятными, качество руд повышается.

Таким образом, изучение гипергенной зональности имеет посредственное практическое значение для правильной и полной геолого-экономической оценки месторождения.

Попутные полезные компоненты в рудах месторождений данной группы не играют существенной роли. Они находятся в рассеянной форме как в рудных, так и в порообразующих минералах согласно Требованиям к комплексному изучению месторождений [38] принадлежат к III группе попутных полезных компонентов. К ним относится германий в месторождениях железистых кварцитов.

серебро, золото, молибден, рений, индий, селен, теллур в месторождениях свинца, цинка и меди, молибден, рений, селен в урановых месторождениях.

Более важное значение на месторождениях первой группы имеют нерудные полезные ископаемые. Они представлены самостоятельными телами скальных пород и рыхлых отложений, перекрывающих рудные тела или залегающих совместно. Так как большинство объектов данной группы обрабатывается открытым способом, эти перекрывающие образования рассматриваются как важное полезное ископаемое, которое оказывает существенное влияние на положительную технико-экономическую оценку месторождений, особенно черных металлов. Поэтому изучению нерудных полезных ископаемых следует уделять такое же внимание, как и рудным компонентам.

Основные особенности геологического строения месторождений, залегающих согласно с вмещающими породами, детально могут быть отражены на геологических картах масштаба 1:50 000—1:25 000, в отдельных случаях — 1:10 000. На этих картах должны быть показаны геологические границы месторождения, контуры участков детальной разведки, первоочередной отработки и детализации. Положение участков первоочередной отработки согласовывается с проектной или добывающей организацией. В процессе детальной разведки запасы на этих участках исследуются более детально. Участки детализации намечаются исходя из принципа их представительности по морфологии, качеству, условиям залегания остальной части месторождения. На этих участках по результатам специальных работ должна быть обоснована правильность главных методических решений, реализованных на остальной части месторождения при детальной разведке: о плотности и геометрии разведочной сети, соотношении технических средств разведки, достоверности рядового опробования, качестве бурения, представительности технологических и технических проб, группе месторождения по сложности геологического строения. С целью экономии средств и времени при производстве геологоразведочных работ целесообразно совмещение (по возможности) участков первоочередного освоения и детализации.

Форма, размеры, строение рудных тел, условия их залегания исследуются по данным геологических разрезов и планов, которые должны содержать результаты опробования по всем рудным пересечениям. Эти материалы отражают также пространственное взаимоотношение между рудными телами и, кроме того, позволяют обосновать предлагаемый вариант увязки рудных тел, для чего на графические материалы должны быть вынесены элементы залегания вмещающих пород и рудных тел, внутреннего строения рудовмещающих толщ (полосчатость, слоистость, гнейсоватость, трахитоидность, флюидалность и т. п.) — как фактически наблюдаемые в обнажениях, так и скорректированные относительно по-

ложения и ориентировки разрезов и планов, показано положение разрывных нарушений и амплитуды перемещения блоков пород.

Характеристика рудных тел существенно дополняется графическими материалами, показывающими строение поверхности рудных тел в изолиниях почвы, кровли, мощности. Эти материалы в обязательном порядке следует использовать при построении разрезов и увязке рудных тел с учетом пространственного положения выработок, не находящихся в плоскости разрезов. Как показывает опыт рассмотрения запасов подобных месторождений в ГКЗ СССР наличие планов изогипс поверхности рудных тел позволяет уточнить их увязку, а также параметры (мощность, протяженность, площадь) и элементы залегания. Особенно существенными эти уточнения оказываются на участках, разведанных по неравномерной сети, не совпадающей с положением разведочных линий. Следует иметь в виду, что при составлении таких материалов могут быть выявлены дополнительные особенности строения месторождения в частности разрывные нарушения, флексурные перегибы, брахиформные структуры и т. д. Указанная графика строится обычно в масштабе 1:1000 (редко 1:2000 или 1:500).

Месторождения, залегающие согласно или субсогласно вмещающими породами, характеризуются крупными размерами в подавляющем большинстве по сложности геологического строения принадлежат к 1-й или 2-й группе классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Разведываются они в основном скважинами. Горные выработки играют подчиненную роль и используются для решения задач, которые ставятся при исследовании участков детализации. В случае высокого качества буровых работ, а также эффективного применения геофизических методов проходка горных выработок необязательна. По участкам, вскрытым горными выработками, должны быть представлены планы опробования, на которых отражается внутреннее геологическое строение рудного тела, положение проб, результаты анализов по ним, а также по рудным интервалам.

Работа с планами опробования существенно облегчается в том случае, если результаты опробования не только приведены в числовых значениях, но и изображены в условных знаках (черно-белых или лучше цветных) с выделением проб по классам содержания основного компонента: ниже бортового содержания, от бортового до минимального промышленного, выше минимального промышленного, а также класса богатых руд.

Более сложные задачи возникают при изучении месторождений, залегающих несогласно с вмещающими породами и контролируемых преимущественно тектоническими нарушениями, — **месторождений второй группы**. В этом случае специальное внимание уделяется картированию проявлений тектоники, установлению взаимоотношения ее с оруденением, определению главных и вто-

ростепенных разрывных нарушений, амплитуды и направления перемещения отдельных тектонических блоков, последовательности формирования различных систем тектонических нарушений. Важное значение имеет вопрос связи оруденения и тектоники в зависимости от времени заложения, интенсивности и характера ее проявления, генетических особенностей нарушений, морфологии, особенностей формирования разрывов и трещиноватости во вмещающих породах различного состава.

На месторождениях второй группы характер развития тектонических процессов существенно сложнее, а изменчивость отмеченных выше признаков значительнее, чем признаков, определяющих связь оруденения с элементами залегания вмещающих пород на месторождениях с согласным залеганием оруденения, поэтому изучаются они при заметной, а часто и преобладающей роли горных выработок. В скважинах проявления разрывной тектоники фиксируются неполно и с недостаточной точностью, что не позволяет определить элементы их залегания, проследить изменения по простиранию и падению, установить взаимоотношения с вмещающими породами и оруденением.

Необходимо обратить внимание на то, что многие геологические организации не учитывают ограниченные возможности использования скважин при изучении месторождений. С. Т. Игнатьев [19], анализируя недостатки подсчета запасов рудных месторождений, отмечал: «Серьезным упущением нередко является недостаточное внимание при детальной разведке контролю данных, получаемых по буровым скважинам, горными выработками.

Геологи иногда недооценивают роль последних и в целях сокращения сроков разведки пытаются заменить контрольные выработки более густой сетью скважин. В случае, когда приходится иметь дело со сложной морфологией рудных тел, крайне неравномерным распределением оруденения, разнообразием сортов и типов руд, это, как правило, приводит не к ускорению, а к задержке изучения месторождений, так как недостаточно изученными оказываются основные вопросы распределения промышленного оруденения, взаимоотношения различных сортов и типов руд, горнотехнические условия, что не позволяет составить проект строительства предприятия, а в ряде случаев приводит к ошибкам в определении запасов».

Широко известны опубликованные во многих работах примеры существенных ошибок в интерпретации геологического строения Гайского, Зырянского, Урупского месторождений, разведанных на глубину только скважинами. После вскрытия горными выработками было установлено, что на Гайском и Зырянском месторождениях рудные тела представлены крутопадающими жилами и линзами, а не пологими пластообразными залежами, как в верхней части. Это привело к необходимости пересчета запасов, уточнения способов и технико-экономических показателей

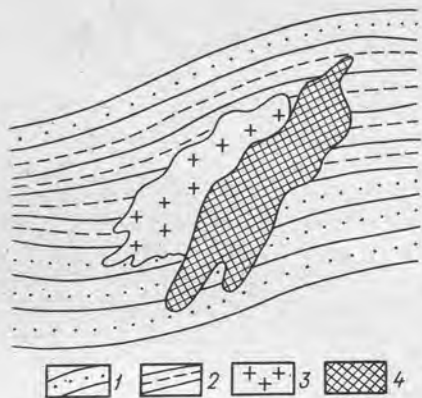


Рис. 6. Схема геологического строения штокверкового месторождения:

1 — песчаники; 2 — сланцы; 3 — граниты; 4 — рудное тело

рудные тела — линзы и жилы, а также совокупности рудных тел объединяемые в жилные и минерализованные зоны. Для месторождений, представленных жилными или минерализованными зонами характерны наряду с жилами и линзами рудные столбы, гнезда, а также различные сочетания этих форм.

К особой морфологической разновидности на месторождениях этой группы относятся рудные тела штокверкоподобного типа (рис. 6), удлиненные по простиранию либо по падению и отличающиеся крайне неравномерным и прерывистым распределением оруденения. Запасы таких рудных тел подсчитываются с применением коэффициента рудоносности. К таким принадлежат некоторые месторождения ртути, урана, молибдена, золота, железных руд.

Число рудных месторождений, за исключением урана, запас которых подсчитываются с применением коэффициента рудоносности, не превышает 5% от общего их количества.

На месторождениях, залегающих несогласно с вмещающими породами, могут быть выявлены десятки рудных тел, но основные запасы, как правило, сосредоточены в нескольких наиболее крупных. Элементы залегания рудных тел, а также их размеры (мощность, площадь, протяженность по простиранию и падению) могут резко изменяться на небольших расстояниях, что особенно характерно для месторождений, локализованных в гетерогенных по физико-механическим и химическим свойствам вмещающих породах.

Границы рудных тел с вмещающими породами на месторождениях жильного типа в основном ровные и четкие, хорошо выражены и фиксируются визуально. На месторождениях других морфологических типов они сложные, неровные и выявляют

только по данным опробования. Поэтому для обоснованной увязки рудных интервалов важное значение приобретают наблюдения за всеми особенностями геологического строения, которые могут быть использованы для интерполяции.

В первую очередь необходимо обратить внимание на форму, масштабы развития, элементы залегания и выполнение тектонических нарушений. Обычно эти признаки исследуются раздельно, что снижает информативность материала. Важное значение имеют наблюдения за характером тектонического рисунка в различных по составу вмещающих породах. Многочисленные эмпирические данные свидетельствуют о том, что на одном месторождении тектоническое строение и определяемое им строение рудных тел, условия их залегания и даже размеры достаточно сходны в породах одинакового состава и компетентности в отношении проявления тектонических деформаций. Основные изменения формы, условий залегания, размеров, качества происходят при переходе из одной разновидности вмещающих пород в другую.

Некоторые породы на конкретных месторождениях вовсе не вмещают промышленной минерализации и при построении рудных тел могут служить своего рода геологическими границами оруденения (рис. 7), другие, наоборот, определяют размещение структурных ловушек, концентрирующих богатые руды. Такое строение свойственно многим месторождениям олова Дальнего Востока, свинца и цинка Рудного Алтая, ртути Украины, золота Забайкалья и др. Поэтому дифференцированное изучение характера тектоники в различных литологических средах позволяет наметить черты сходства и отличия в форме и условиях залегания рудных тел и использовать этот материал для геологических построений и обоснования подсчета запасов.

Обязательными признаками, подлежащими изучению, являются текстурно-структурные особенности и вещественный состав руд. Текстуры руд месторождений рассматриваемой группы чаще всего брекчиевые, прожилковые, вкрапленные, иногда полосчатые и массивные. Вещественный состав руд в целом пестрый, но самостоя-

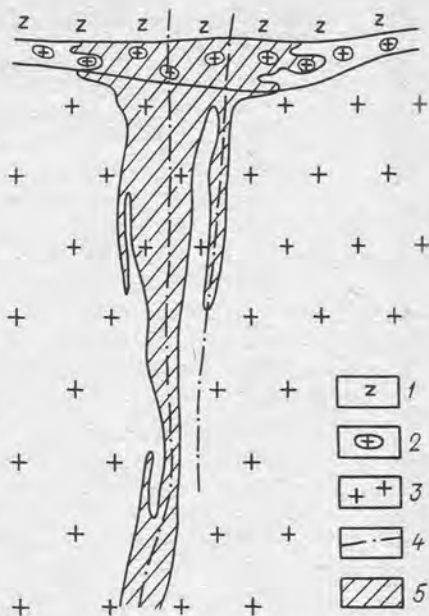


Рис. 7. Экранирование оруденения эффузивными породами:

1 — андезиты; 2 — конгломераты; 3 — граниты; 4 — тектонические нарушения; 5 — рудное тело

тельные рудные тела нередко имеют выдержанный минеральный состав, что может служить дополнительным критерием для увязки залежей. При этом следует учитывать возможность изменения вещественного состава рудных тел при переходе их из одной литологической разновидности вмещающих пород в другую.

В качестве основных полезных компонентов в рудах месторождений данной группы присутствует до трех элементов, в основном металлов (серебро и золото; свинец и цинк; цинк и медь; свинец, цинк и медь; тантал и ниобий; олово и тантал; вольфрам и молибден; ртуть и сурьма). Из основных нерудных полезных компонентов можно назвать флюорит, барит, апатит, серу. При технико-экономическом обосновании постоянных кондиций эта особенность вещественного состава учитывается в виде содержания условного металла, используемого как для оконтуривания рудных тел, так и для определения балансовой принадлежности подсчетных блоков исходя из величины минимального промышленного содержания условного металла.

Наряду с основными, на месторождениях данной группы наблюдается широкая гамма попутных полезных компонентов II и III групп в соответствии с «Требованиями к комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов», извлечение которых освоено промышленностью. В ТЭО кондиций дополнительная прибыль от их получения учитывается при расчете минимального промышленного содержания основного компонента, что приводит к некоторому снижению величины последнего. Извлекаемая ценность попутных полезных компонентов составляет обычно 5—15%.

Важное место на месторождениях данной группы занимает зональность залежей — морфологическая или вещественного состава. Примеры, иллюстрирующие последствия несвоевременной расшифровки зональности морфологии рудных тел Гайского, Зырянского месторождений, приведены ранее. На других месторождениях зональность может быть выражена сменой по падению многочисленных маломощных жил, образующих залежи штокового типа, единичными мощными, а также изменением элементов залегания нарушений при переходе из одних разновидностей пород в другие.

Зональность вещественного состава обычно проявляется последовательной смене одних минеральных ассоциаций руд другими по падению или по простиранию. Так, рудные тела многих полиметаллических месторождений колчеданного типа со стороны лежачего бока сложены преимущественно пиритными массивными или вкрапленными рудами, в центральных частях — медно-цинковыми полосчатыми и массивными, а в висячем боку — медными или медно-свинцово-цинковыми.

Для оловянных месторождений силикатно-касситеритовой формации характерна повсеместно развитая зональность, выража-

щаяся в изменении вещественного состава руд по падению от сульфидно-оловянных до оловянных.

Вместе с тем, при изучении месторождений, залегающих несогласно с вмещающими породами, нередко не устанавливается какого-либо главного геологического признака, позволяющего интерполировать рудные интервалы. В этих случаях рассматривается комплекс признаков, каждый из которых не играет самостоятельной роли в решении этого вопроса, но в совокупности они позволяют оконтурить рудные тела достаточно однозначно. Этот прием применяется на месторождениях с прерывистым распределением оруденения, запасы которых подсчитываются с применением коэффициента рудоносности. Так, на одном из золото-рудных месторождений, локализованном в метаморфизованной песчано-алевролитовой толще и представленном сложными линейными зонами трещиноватости, были обоснованы и использованы для расшифровки структуры месторождения и построения прерывистых рудных залежей следующие основные геологические признаки: тектонические (приразломные зоны смятия и гофрировки с различной первичной структурой пород; зоны интенсивной тектонической проработки — дробления, будинажа, без реликтов первичной структуры пород; зоны трещиноватости); окорудные изменения (слабая, средняя и интенсивная сульфидизация вмещающих пород с количеством сульфидов, в основном пирита, а также арсенопирита, менее 1%, от 1 до 4%, более 4%); данные опробования выработок на золото и серебро. В соответствии с этими критериями авторами была осуществлена комплексная обработка первичной геологической документации, после которой составлена и проинтерпретирована соответствующая сводная графика (геологические планы и разрезы), что позволило геометризовать рудные тела и подсчитать запасы (см. рис. 4).

Формы выклинивания рудных тел на месторождениях рассматриваемой группы многообразны. В случае жильных месторождений это преимущественно постепенное выклинивание по мощности; содержание полезного компонента на участках выклинивания нередко сохраняется либо даже повышается. Повышение содержания в участках выклинивания рудных тел учитывается при оконтуривании в кондициях величиной минимального линейного запаса. В других случаях выклинивание может быть резким, тупым, с расщеплением рудного тела по мощности, тектоническим и т. д. Отсутствие устойчивых элементов залегания и характерных форм рудных тел, каких-либо стабильных закономерностей геологического строения приводит к тому, что интерполяция рудных интервалов может осуществляться только на небольшие расстояния (первые десятки метров) и только формально — по принципу прямолинейной интерполяции. Этот подход всегда упрощает строение рудных тел.

В определенной мере такой недостаток компенсируется на

участках детализации, где разведочная сеть сгущается до сетки эксплуатационной разведки. В этом случае контуры рудных тел, сплошность, внутреннее строение, качество руд определяются с высокой точностью, достигаемой на горнодобывающем предприятии. Такие данные следует принимать за истинные. Результаты, полученные на участках детализации, следует отражать на соответствующей крупномасштабной графике и использовать при характеристике рудных тел, выборе систем обработки, расчете потерь и разубоживания, обосновании плотности разведочной сети, соотношении технических средств разведки.

Месторождения, несогласно залегающие с вмещающими породами и контролирующиеся в основном тектоническими нарушениями, принадлежат к 2-й и 3-й группам классификации запасов по сложности геологического строения и в количественном отношении преобладают над другими из трех выделенных групп.

Для выражения геологического строения подобных месторождений и рудных тел используются графический и аналитический способы. Набор графических материалов и нагрузка их в общем сходны с теми, которые составляют для месторождений, залегающих согласно с вмещающими породами, но масштаб график должен быть примерно вдвое крупнее. Геологическое строение месторождения характеризуется картой масштаба 1:10 000—1:200 000 в отдельных случаях даже 1:1000. Форма рудных тел, условия их залегания, взаимоотношения друг с другом отражаются на геологических планах, разрезах, проекциях масштаба 1:500, разрезах 1:1000 или 1:200. В более крупном масштабе следует показывать детали строения рудных тел, особенно участков с высокими концентрациями металла.

Одним из важнейших документов для данной группы месторождений являются планы опробования. Они составляются в масштабе 1:200, реже 1:100, по всем горным выработкам. Требования к их содержанию аналогичны изложенным для месторождений первой группы, но роль планов опробования для рассматриваемых месторождений значительно выше. Исходя из анализа внутреннего строения и распределения оруденения на основе этих планов с привлечением данных первичной геологической документации делаются выводы о принципах оконтуривания рудных интервалов по мощности, их интерполяции, учете ураганных сдержаний, выделении подсчетных блоков.

Для количественной оценки параметров рудных тел, особенностей их внутреннего строения и распределения оруденения осуществляется геолого-статистическая обработка параметров, характеризующих как строение, так и свойства рудных залежей. Компонентами этого анализа являются мощность и площадь рудного тела, содержание полезных компонентов, линейные запасы, соотношение кондиционных и некондиционных прослоев в рудном теле, изменения вещественного состава руд и др. (рис. 8).



Рис. 8. Положение рудных столбов, фиксирующееся по изолиниям метропроцентов (в усл. ед.) в проекции на вертикальную плоскость жильной зоны

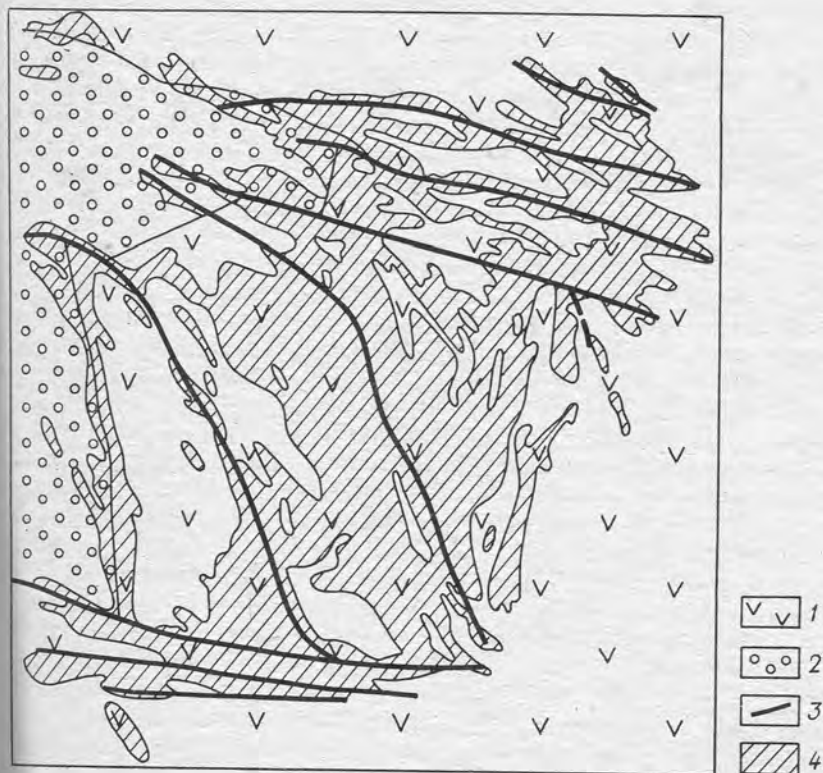


Рис. 9. Схема строения штокверкового рудного тела, локализованного в зоне метасоматически измененных пород, развитой в пределах тектонического узла:
1 — фельзиты; 2 — габброиды; 3 — тектонические нарушения; 4 — рудное тело

Крайне важно проанализировать изменение перечисленных других параметров по месторождению в целом и по каждому рудному телу в отдельности в пространстве — глубине залегания и простираанию. К сожалению, такой анализ в материалах подсчета запасов выполняется редко. Вместе с тем именно изменение запасов в пространстве следует учитывать при составлении технического проекта строительства, расчете календарного графика отработки месторождения, прогнозе изменения технологических свойств руды по обогатимости и т. д. Этот анализ необходимо проводить геологам, разведующим и подсчитывающим запасы месторождения, поскольку они лучше других специалистов знают особенности изучаемого объекта и могут их правильно интерпретировать. Специалисты проектных организаций, как правило, подходят к этому вопросу формально, что в ряде случаев вызывает появление грубых ошибок. Наиболее распространенной среди них является распределение средних показателей (мощности, содержания, запасов) по блоку, рудному телу, а иногда даже по месторождению пропорционально принятой величине понижения, без учета неравномерности оруденения. Такой средний показатель существенно отличается от фактического в данном интервале, что приводит к значительным несоответствиям между проектом и фактическим результатом при отработке месторождения.

Третья группа месторождений связана с метасоматическими измененными породами, которые определяют основные особенности их геологического строения. К ним относятся месторождения меди, молибдена, вольфрама, олова, серебра порфиорового типа приуроченные к апикальным частям гранитоидных массивов, карбонатитовые железных руд и редких металлов, скарновые железно-вольфрамовые, медно-молибденовые, свинцово-цинковые, месторождения никеля, кобальта, редких металлов, бокситов в корях выветривания. На месторождениях этой группы можно выделить два типа рудных залежей. К первому принадлежат штокверки, линзы, жилы залежи сравнительно простой формы и значительного размера, характерные для порфировых и карбонатитовых месторождений. Первичный состав вмещающих пород на этих месторождениях снивелирован процессами метасоматоза и не оказывает существенного влияния на форму и внутреннее строение рудных тел. Месторождения данного морфологического типа обычно представлены одним рудным телом, размеры которого по осям анизотропии соизмеримы (рис. 9).

Ко второму морфологическому типу относятся тела неправильной формы — столбы, трубы, гнезда, карманы среднего, иногда небольшого размера, характерные для месторождений скарнового типа и кор выветривания. На этих месторождениях важное значение в локализации оруденения приобретают границы разделения различных по химическому составу и физическому состоянию пород. Как указывал И. С. Васильев еще в 1933 г. [18], мест

рождения неправильной формы не встречаются в виде единичного изолированного тела. Обычно наблюдаются рудные тела или группы рудных тел, приуроченные к определенному направлению, продуктивному горизонту и т. д.

В целом размеры, определяющие объем рудных тел на месторождениях, связанных с метасоматически измененными породами,— ширина, длина, мощность — соизмеримы и составляют десятки и сотни метров. Такие морфологические особенности обуславливают выбор в основном изометричной разведочной сети. В отдельных случаях устанавливаются удлиненные по простиранию или падению залежи. Границы рудных тел, как правило, неровные, визуально не выраженные, устанавливаемые только по данным опробования. Текстуры руд вкрапленные или прожилково-вкрапленные. Основная часть запасов обычно заключена во вкрапленных рудах.

Основное внимание при изучении геологического строения следует уделять анализу внутреннего строения рудного тела, распределению участков с богатым и убогим оруденением, выявлению их параметров и условий залегания. Важно установить изменение параметров оруденения по падению, что может определять не только запасы и производительность предприятия, но и технические границы отработки месторождения.

Месторождения данной группы являются комплексными. Основные рудные полезные компоненты представлены обычно медью и молибденом, вольфрамом и молибденом, танталом и ниобием, свинцом, цинком и серебром. Наряду с указанными металлами значительную роль в стоимости минерального сырья могут играть сера, апатит, эгириц, нефелин, кварц, полевой шпат и другое нерудное сырье, которое можно использовать для производства удобрений, в стекольной, керамической, электротехнической и других отраслях промышленности. Широко распространены попутные полезные компоненты, присутствующие в рассеянной форме, а также в самостоятельных минералах: серебро, золото, рений, кадмий, индий, висмут, стронций и др. Потенциальная ценность попутных компонентов в руде на месторождениях рассматриваемой группы может составлять 30—40%, поэтому вопросу изучения форм нахождения и распределения таких компонентов следует уделять специальное внимание, отражая результаты выполненных работ на графических и в табличных материалах.

Перекрывающие породы могут использоваться как сырье для производства строительных материалов лишь в ограниченном объеме, так как в результате метасоматических преобразований могут существенно ухудшиться их физико-механические свойства.

Для месторождений, связанных с метасоматически измененными породами, типична вертикальная зональность, обусловленная в основном проявлением гипергенных процессов и развитием в связи с этим в различной степени окисленных руд. Показатели извлечения основных полезных компонентов из окисленных руд

обычно существенно ниже, чем из первичных. В ряде случаев из-за низких технико-экономических показателей переработки такие руды рассматриваются как непромышленные. В то же время месторождения разрабатываются, как правило, открытым способом, т. е. вначале добываются именно эти «непромышленные» руды. Поэтому вопросу их изучения и правильной технико-экономической оценки должно быть уделено особое внимание. В частности, должны быть установлены границы окисленных, полуокисленных и первичных руд, разработаны критерии для их выделения, геометризованы запасы, разработана рациональная схема обогащения. Для обоснования целесообразности проведения таких работ исполнители нередко указывают, что доля окисленных руд в общих запасах месторождения измеряется первыми процентами. Вместе с тем не учитываются их абсолютные запасы, которыми предприятие может быть обеспечено на несколько лет.

Гипогенная вертикальная зональность на месторождениях данной группы проявлена в меньшей степени и обусловлена зональным распределением основных и попутных компонентов. Чаще всего она встречается на вольфрам-молибденовых месторождениях порфирового типа и выражается в существенном преобладании одного из основных компонентов — вольфрама или молибдена. Так, на одном из крупных порфириновых месторождений молибдена у поверхности выявлены руды, содержащие высокие концентрации вольфрама и висмута. В период разведки месторождения они были изучены недостаточно, технология обогащения вольфрам-висмутовых руд не разработана, запасы этих полезных компонентов не учтены в ТЭО кондиций и отнесены к породам вскрыши. Дополнительными расчетами установлено, что стоимость продукции будущего предприятия оказалась заниженной примерно на 40%.

Более отчетливо на подобных месторождениях проявлена вертикальная зональность, связанная с распределением как основных так и попутных компонентов, которые обладают также и различными технологическими свойствами.

Таким образом, наличие зональности руд на месторождениях данной группы является важным фактором, определяющим обоснованности их геологического строения и подсчета запасов.

Месторождения, связанные с метасоматически измененными породами, в основном относятся ко 2-й группе по сложности геологического строения, и лишь единичные месторождения мессинца и цинка скарнового типа, а также некоторые месторождения в корах выветривания принадлежат к 3-й группе.

Крупные размеры рудных тел первого морфологического типа и высокая сплошность оруденения позволяют вести детальную разведку таких месторождений в основном скважинами. Горные выработки используются преимущественно для оценки достоверности данных рядового опробования и отбора крупнообъемных

технологических проб. Необходимость проходки горных выработок для решения указанных вопросов обусловлена общим низким уровнем содержаний полезных компонентов в рудах месторождений этой группы (особенно порфирирового типа), значительным избирательным истиранием керна и сложным составом руд: для них необходимо применять развернутые схемы обогащения, которые могут быть разработаны только при исследовании технологических проб в полупромышленном масштабе. Рентабельное освоение этих месторождений обеспечивается в основном за счет крупных масштабов производства, что требует значительных капитальных вложений. Поэтому ошибки в определении среднего содержания и показателей переработки могут решающим образом сказаться на работе предприятия.

Вопросы оценки сплошности рудных тел и условий их локализации обоснования интерполяции и выявления границ и форм выклинивания, которые на месторождениях, залегающих несогласно с вмещающими породами, решаются с использованием горных работ, для данного морфологического типа месторождений не имеют определяющего значения.

Геологическое строение месторождений отражается на картах и разрезах в основном масштаба 1:10 000, а рудных тел — на системе взаимно перпендикулярных планов и разрезов масштаба 1:1000—1:500.

Свойства рудных тел характеризуются на основе геолого-статистического анализа распределения оруденения по вертикали и горизонтали (латерали), показываются на соответствующих графических и в табличных материалах. Основное внимание должно уделяться анализу изменения содержаний полезных компонентов и технологических свойств руд в рудном теле.

Результаты анализа материалов подсчета запасов в ГКЗ СССР показывают, что наиболее крупные изменения запасов минерального сырья связаны с недостаточной геологической изученностью месторождений, ошибками, допущенными при интерпретации геологического материала, неверными представлениями о морфологии рудных тел, дефектами в определении качества минерального сырья.

При рассмотрении материалов подсчета запасов редкометального месторождения, локализованного согласно с вмещающими породами в стратифицированном массиве нефелиновых сиенитов, ГКЗ СССР неоднократно отмечала недостаточную изученность выходов на поверхность, флангов и глубоких горизонтов рудных тел, разрывной тектоники и ее влияния на отработку, неполноту опробования рудных тел по мощности. При этом указывалось, что неполная изученность всех рудных тел и месторождения в целом у поверхности затягивает сроки окончательной технико-экономической оценки месторождения, осложняет выбор оптимального варианта его освоения.

В результате доразведки этого месторождения в приповерхностной части выявлено смещение контура балансовых руд по падению на 50—200 м, а на отдельных участках — на 500—800 м по сравнению с представлявшимися ранее. При сгущении разведочной сети устанавливается усложнение границ и морфология рудного пласта за счет разрывной тектоники, даек, появления забалансовых руд. Запасы балансовых руд категорий В+С уменьшились на 30%, что обусловило необходимость корректировки технического проекта рудника. Из-за низкой изученности поверхности месторождения не было принято своевременных решений для организации разработки месторождения открытым способом. Только за счет частичного доопробования рудных тел по мощности запасы в них существенно увеличились: в 3—4 раза — по отдельным пластам, а в целом — в 2,7 раза. Некоторые разобщенные рудные тела были объединены в крупные мощные пласты, разработка которых возможна высокомеханизированным подземным способом. Найдены новые рудные тела.

При экспертизе материалов подсчета запасов одного из золоторудных месторождений было обращено внимание на низкую информативность графических геологических материалов, отсутствие на них контуров рудных тел, разделенных дайками, элементами залегания кварцевых жил, даек, тектонических нарушений. Месторождение локализовано в вулканогенных породах, представленных переслаивающимися лавовыми и пирокластическими фациями. Рудные тела — кварцевые жилы, зоны окварцевания и сульфидизации — контролируются разрывными тектоническими нарушениями и зонами трещиноватости одного направления.

Значительная часть рудных тел пересечена безрудными дайками и трещинными интрузиями поперечного к простиранию рудных тел направления. В приведенной в отчете характеристике параметров рудных тел это не было учтено, вследствие чего параметры и степень разведанности залежей оказались существенно завышенными. Из-за недостаточной изученности внутреннего строения и геологических факторов, контролирующих положение рудных тел, при подсчете запасов на участках, нарушенных дайками, принимались в расчет данные опробования только одной стенки максимальной мощностью рудного тела, тогда как на противоположной стенке отмечалось сокращение мощности рудного тела за счет секущих даек. В отдельных случаях не использовались в расчетах выработки с рудными телами меньшей мощности необоснованно относимые к числу неполных пересечений. Вследствие завышения параметров рудных тел были существенно завышены размеры интервалов экстраполяции их по падению. В результате исправления ошибок, допущенных из-за неправильной интерпретации геологического строения месторождения и рудных тел, запасы месторождения уменьшились по руде на 36%, а по золоту на 45%.

Значительные недостатки в геологическом изучении установлены на одном из месторождений серебра, залегающем в слоистой песчано-сланцевой толще. Рудные тела на месторождении представлены секущими пологими ($10-30^\circ$) кварцевыми жилами различной мощности. При экспертизе материалов выявлены многочисленные расхождения между первичной документацией и геологическими планами и разрезами. На графике неполно отражены тектонические нарушения, данные об окварцевании пород как главного рудоконтролирующего фактора вынесены частично, не нанесены контуры сульфидной минерализации (несмотря на доказанную парагенетическую связь с ней золота и серебра), глубины залегания и мощности кварцевых жил и зон не уточнены по данным каротажа.

В связи с неполным использованием большой информации, полученной в результате разведки, недостатками и ошибками, допущенными при составлении графических геологических материалов, морфология и условия залегания рудных тел были существенно упрощены. Число рудных тел было занижено, а их параметры (мощность, протяженность, площадь) завышены. Увязка рудных тел в ряде случаев осуществлена без учета тектоники, литологии, метасоматических процессов, данных каротажа. Представленные материалы не позволили обосновать подсчет запасов и отнесение месторождения к определенной группе по сложности геологического строения. Рудные интервалы были выделены со значительными и многочисленными отступлениями от утвержденных кондиций в части использования геологических границ, бортового содержания серебра, максимальной мощности некондиционного прослоя, включаемого в контур рудного тела. Некоторые рудные интервалы, кварцевые жилы и зоны окварцевания, которые могли представлять собой рудные тела и определять иную увязку оруденения, на разрезах и планах не были показаны. Из-за недостаточного анализа особенностей распределения оруденения подсчетные блоки выделялись без учета однородности параметров (мощности, содержания).

После устранения отмеченных и некоторых других недостатков месторождение было отнесено не ко 2-й, а к 3-й группе по сложности геологического строения; число рудных тел увеличилось с 13 до 19, а утвержденные запасы категорий $B+C_1$ сократились по руде на 27%, а по серебру на 40% в сравнении с первоначальными.

Таким образом, месторождение может считаться геологически изученным, когда решены следующие вопросы.

1. Выявлены главные геологические факторы, определяющие положение месторождения в структуре района, а рудных тел — в структуре месторождения. Оценены прогнозные ресурсы района категорий P_3 и P_2 , дана его географо-экономическая характеристика.

2. Оценены общие масштабы месторождения: прогнозные ресурсы категории P_1 , запасы категорий А, В, C_1 , C_2 , установлены его геологические и экономические границы.

3. Определен геолого-промышленный тип месторождения, его генезис.

4. Проанализировано наличие геологической зональности в распределении оруденения на месторождении в целом.

5. Выявлены все структурно-морфологические типы рудных тел, определено их соотношение (пространственное и количественное), установлены факторы рудоконтроля, характер взаимоотношений вмещающими породами.

6. Охарактеризованы рудные тела каждого структурно-морфологического типа:

а) формы и размеры;

б) строение: сплошность, характер выклинивания, изменение элементов залегания, распределение запасов исходя из размеров рудных тел (площади, мощности) и их залегания — пологого ($0-10^\circ$), наклонного ($10-50^\circ$), крутого ($>50^\circ$);

в) свойства: распределение запасов по содержанию, продуктивности, природным типам, определяющим изменение технологических свойств, особенностям внутреннего строения (размещению и составу кондиционных и некондиционных прослоев), физико-механическим параметрам.

7. Проанализировано распределение запасов в пространстве (по простиранию, падению), по способам и периодам отработки (с учетом их характеристики согласно пунктам 4 и 5).

8. Определена группа месторождения по сложности геологического строения. Необходимость выполнения этого условия имеет сугубо практическое значение для решения следующих вопросов: оценки степени разведанности месторождения в соответствии с классификацией запасов; выбора параметров разведочной сети и технических средств разведки; определения методики эксплуатационной разведки, затрат и численности геолого-маркшейдерского персонала для обслуживания горнодобывающего предприятия.

9. Обоснована представительность участков детализации и охарактеризованы результаты, полученные при проведении на них специальных геологоразведочных работ.

10. Разработаны и сформулированы принципы оконтуривания рудных тел и выделения подсчетных блоков, вытекающие из особенностей геологического строения месторождения.

ОЦЕНКА ПОЛНОТЫ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В процессе экспертизы гидрогеологических и инженерно-геологических материалов необходимо оценить достоверность прогноза водопритока в горные выработки (шахты, карьеры), их устойчивость и условия отработки месторождения, а также правильность рекомендуемых мероприятий по его осушению, охране природных условий и обеспечению водоснабжения будущего предприятия.

Обычно экспертиза гидрогеологических и инженерно-геологических материалов выполняется специалистом-гидрогеологом. Вместе с тем, оценка правильности содержащихся в отчете рекомендаций по указанным вопросам и заключение об отсутствии (или наличии) препятствий к утверждению запасов по гидрогеологической и инженерно-геологической изученности входят в обязанности экспертов-геологов.

Следует отметить, что требования к гидрогеологической и инженерно-геологической изученности, содержащиеся в регламентирующих документах ГКЗ СССР, недостаточно определены, что осложняет проведение экспертизы. Вместе с тем влияние этих условий на возможность отработки месторождений и экономику этого процесса весьма велико. Известно, что сложные гидрогеологические и инженерно-геологические условия существенно удорожают отработку таких месторождений, как объекты КМА и СУБРа, Соколово-Сарбайского, Талнахского и др., а для Горевского месторождения эти условия остаются главным фактором, сдерживающим его освоение.

ОЦЕНКА ВОДОПРИТОКА В СИСТЕМУ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Оценка водопритока является прогнозным расчетом, поэтому экспертизе в данном разделе подлежат способы прогнозирования, оценка их достоверности и получения исходных данных и правильность общей оценки сложности гидрогеологических условий с учетом прогнозных величин водопритока, а также рекомендаций по способу осушения месторождения.

Прогнозирование водопритока должно осуществляться с достоверностью, необходимой для составления проекта отработки месторождения, т. е. для обоснования способа осушения месторождения и определения затрат на водоотлив или предварительное осушение.

Водоприток — величина переменная во времени. Обычно предметом прогнозного расчета является предельный водоприток, т. е. водоприток, соответствующий максимальному понижению уровня.

Он оценивается применительно к той системе освоения месторождения, которая предусматривается в ТЭО.

Водоприток устанавливается применительно к условной водоприемной системе. Размеры последней определяются размерами участка первоочередной отработки или размерами участка, заключающего запасы промышленных категорий.

Прогнозирование водопритока осуществляется расчетным путем с применением гидродинамического, гидравлического или балансового методов расчета. В сложных случаях расчеты выполняются применением моделирования на ЭВМ.

Экспертная оценка этой части отчета предполагает установление соответствия избранного метода прогнозного расчета предмету прогноза и надежности расчетной процедуры.

Требования к гидрогеологической изученности месторождения определяют необходимость получения для расчетов водопритока сведений об источниках его формирования, вывода расчетных гидрогеологических параметров и установления граничных условий водоносных горизонтов.

К источникам формирования водопритока относятся емкостные запасы и естественные ресурсы подземных вод водоносного горизонта, в котором заключено изучаемое месторождение, а также запасы и ресурсы смежных водоносных горизонтов, привлекаемые вследствие перетекания, и воды поверхностных водотоков, имеющих гидравлическую связь с вмещающим водоносным горизонтом. Сведения об источниках формирования водопритока обуславливают выбор метода прогнозного расчета. Экспертизой должно быть оценено соответствие избранного метода прогноза реальной схеме формирования водопритока.

Гидрогеологические расчетные параметры используются для прогнозирования водопритока гидродинамическими методами. К ним относятся следующие показатели фильтрационных свойств:

- 1) коэффициенты фильтрации и водопроницаемости;
- 2) водоотдача;
- 3) коэффициенты пьезо-уровнепроницаемости;
- 4) перетекание;
- 5) дополнительное гидравлическое сопротивление ложа водотоков и водоемов, гидравлически связанных с вмещающим водоносным горизонтом, и др.

В задачи экспертизы входят проверка соответствия расчетных параметров конкретному методу прогнозного расчета и оценка их достоверности. Определение расчетных гидрогеологических параметров, установление и оценка источников формирования водопритока, а также схематизация граничных условий водоносных горизонтов производятся по результатам опытно-фильтрационных работ (ОФР) или опытно-фильтрационных наблюдений (ОФН). Основное внимание экспертизы в связи с этим должно быть обращено на правильность постановки и проведения натуральных опытных работ

полноту материалов, представленных по их результатам. ОФР выполняются, как правило, на месторождениях, разведываемых буровыми скважинами без применения горных выработок. Основу ОФР составляют кустовые и одиночные возмущения — откачки, выпуски, иногда наливки.

ОФН производятся на месторождениях, разведываемых с применением горных выработок, проходимых с водоотливом. Основой ОФН служат попутные возмущения водоносных горизонтов за счет разведочного водоотлива. ОФН заключаются в наблюдениях за режимом водопритока в разведочных горных выработках и изменением уровня подземных вод по сети наблюдательных скважин, создаваемой для этой цели на площади изучаемого месторождения и за ее пределами.

Первичные гидрогеологические материалы (полевые журналы ОФР и ОФН, журналы гидрометрических наблюдений по створам гидрографической сети и т. д.) по согласованию с ГКЗ СССР обычно представляются на рассмотрение в оригинале. Экспертизой оценивается их качество и соответствие сводных документов первичным. В отчетные материалы должна быть включена гидрогеологическая карта района масштаба 1:200 000 или 1:100 000, гидрогеологическая карта месторождения, масштаб которой с учетом размеров объекта может колебаться в широких пределах — от 1:2000 до 1:10 000 и даже 1:25 000.

Обязательной составной частью материалов является карта гидрогипс месторождения в масштабе, аналогичном масштабу гидрогеологической карты.

На карте гидрогипс должны быть выделены водоразделы грунтовых вод, показано положение уровней подземных вод в долинах и под руслом рек, в крупных тектонических и карстовых зонах.

В комплект материалов к отчету входят также гидрогеологические разрезы месторождения с контурами проектных или существующих горных выработок, положением опробованных гидрогеологических скважин и данными опробования, графики водопритоков в горные выработки и их изменения во времени, погоризонтные планы разведочных и эксплуатационных горных выработок с положением и количественной характеристикой мест водопритоков и качества воды, графики хода уровней подземных вод, совмещенные с ходом осадков и температур, графики изменения уровня воды в местных реках (реке), если с поверхностными водами связаны подземные воды месторождения. Кроме этого, должны быть представлены листы откачек с нанесенными колонками скважин, графиками расход — понижение, полулогарифмическими графиками прослеживания понижения (временного и комбинированного), результатами расчета фильтрационных параметров и анализами качества подземных вод. Могут быть включены в отчет также графические изображения результатов изучения качества подземных вод (графики-квадраты, треугольники и т. д.), структурно-тектонические

схемы с нанесением точек повышенных водопритоков и другие материалы.

Текстовые приложения должны содержать следующие элементы: каталог гидрогеологических скважин, каталог химанализов, таблицы результатов наблюдений за режимом подземных вод, водопритоками в горные выработки, расходами поверхностных водотоков, материальными обосновывающими построение карты гидроизогипс.

Представленные материалы должны иметь строго прикладной характер: все проводимые полевые работы, наблюдения за водопритоками в горные выработки, анализ структурно-тектонической нарушенности горной массы с гидрогеологических позиций должны прежде всего отвечать на вопрос — как то или иное геолого-гидрогеологическое условие (напоры, фильтрационные свойства, ослабленные зоны), та или иная ситуация будет влиять на водопритоки, насколько она осложнит разработку месторождения, потребует ли дорогостоящих специальных мероприятий.

В отчетных материалах должно быть рассмотрено соответствие гидрогеологических данных, учтенных в ТЭО постоянных кондиций и представленных в отчете.

Для месторождений, залегающих в криолитозоне, необходимо оценить возможность протаивания пород в процессе эксплуатации и его влияние на водопритоки. Поэтому при разведке таких месторождений должны быть изучены характер мерзлоты (островная, сплошная), мощности мерзлых пород и сезонного слоя (для открытых горных выработок), температура пород, их льдистость (количество льда в единице объема породы), наличие таликов и температурный режим в горных выработках при эксплуатации. Степень изученности этих вопросов по данным выполненных температурных съемок, термометрии скважин и горных выработок, исследования льдистости, а также правильность рекомендуемых технологических решений по сохранению отрицательных температур в выработках должны оцениваться экспертизой.

Особенно сложным является изучение гидрогеологических условий при неупорядоченной фильтрационной неоднородности, например, в карсте, с неясными источниками формирования водопритоков, с водопритоками, резко неравномерными во времени и т.д. Примерами таких месторождений могут служить Жайрем и Западный Каражал, Миргалимсай, Северо-Уральское бокситовое и др. Для изучения водопритоков в таких условиях должен применяться комплекс специальных работ [2, 33].

Степень сложности гидрогеологических условий оценивается по величине прогнозного водопритока, предполагаемых напоров, соотношению горных пород низкой и достаточно высокой устойчивости в геологическом разрезе и глубине вскрытия.

Единой классификации сложности гидрогеологических условий не существует. Простыми в первом приближении считаются условия преобладания в разрезе устойчивых, как правило, скальных

Типизация месторождений по степени сложности гидрогеологических условий

Характеристика гидрогеологических условий	Гидрогеологические условия		сложные
	простые	средней сложности	
Обводненность; фильтрационные свойства горной массы	Слабая; коэффициент фильтрации — сотые, реже десятые доли метра в сутки	Значительная; коэффициент фильтрации от 0,1 до 2 м/сут.	Повышенная; коэффициент фильтрации > 3 м/сут.
Наличие постоянно действующего интенсивного источника поступления воды (река, обводненный высокопроницаемый перекрывающий горизонт и т. д.)	Отсутствует	Возможная связь с источником питания затруднена (например, источник питания отделен породами слабой водопроницаемости — до первых или первых десятков квадратных метров в сутки)	Характерно наличие прямой связи с источниками питания (река, озеро, водообильный перекрывающий горизонт)
Глубина-выработка Величина срабатываемых напоров подземных вод	До 300 м Постоянные водопритоки составляют десятки, реже первые сотни кубических метров в сутки	До 500 м При небольшой (до 100 м) мощности водоносного горизонта или зоны экстенсивной трещиноватости водопритоки до 1500 м ³ /ч	Более 500 м Значительная мощность водоносного горизонта или зоны трещиноватости, водопритоки до 10 000 м ³ /ч
Условия питания водоносных горизонтов, обводняющих месторождение	Месторождение в аридной или полуаридной зоне, годовая сумма осадков не превышает 300 мм, реки характеризуются поверхностным стоком до 2 мес в году	Месторождение в переходной по увлажнению зоне, сумма осадков 300—600 мм, межженный сток рек близ месторождения до 1 м ³ /с	Месторождение в гумидной зоне, сумма осадков более 600 мм, межженный сток рек более 2 м ³ /с
Тектоническая нарушенность горных пород	Рыхлые породы ненарушенные; в скальных и полускальных нарушениях слабая, внезапных прорывов подземных вод из ослабленных зон не наблюдается	Горные породы нарушены тектонически ослабленными зонами, вскрытие их приводит к внезапным прорывам подземных вод и увеличению притоков на десятки кубических метров в час	Горные породы интенсивно нарушены тектоническими процессами, ослабленные зоны интенсивно обводнены, вскрытие их приводит к прорывам подземных вод и увеличению водопритоков на тысячи и более кубических метров в час

Продолжение табл. 2

Характеристика гидрогеологических условий	Гидрогеологические условия		
	простые	средней сложности	сложные
Применение специальных методов проходки горных выработок	Обычно не применяются	При вскрытии ослабленных зон применяются в основном бурение опережающих скважин; другие специальные методы проходки используются редко	Практически вся проходка ведется с бурением опережающих скважин, широко применяются другие специальные методы (замораживание, создание цементных завес и др.)
Агрессивность подземных вод по отношению к конструкционным материалам	Не агрессивны или слабо агрессивны; не требуется применение сульфатостойких цементов и др.	Умеренно агрессивны к некоторым материалам, например, к бетону; необходимо применение сульфатостойких цементов, иногда замена стальных деталей алюминиевыми и др.	Агрессивны по отношению ко всем конструкционным материалам (бетон, металлы); требуется применение специальных цементов, защитных покрытий, постоянное наблюдение за их состоянием
Мерзлотные условия	Месторождение вне криолизозоны	Месторождение в зоне островной мало-мощной многолетней мерзлоты, что иногда приводит к прорывам воды в горные выработки; в зоне сплошной мерзлоты с температурой пород ниже -4°C эксплуатация горных выработок без оттаивания	Месторождение в рыхлых породах с чередованием мерзлых и талых слоев, с повышенной льдистостью, с повышением мерзлоты в процессе эксплуатации

пород при водопритоке до $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$. Сложными являются условия преимущественного развития в разрезе неустойчивых, в основном несвязных горных пород при водопритоке более $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$. Более детальная систематика предложена М. А. Хордикайненом (табл. 2). В целом экспертная оценка сложности гидрогеологических условий не всегда может быть однозначной и делается с учетом совокупности оценок по всем указанным позициям.

Квалификация гидрогеологических условий по степени сложности определяет содержание рекомендаций по способу осушения месторождения. В простых условиях рекомендуется система попутного осушения с ограниченным объемом специальных дренажных мероприятий. Главным в этой системе является прием подземных вод в рабочие горные выработки и организация внутришахтного водоотлива. В сложных условиях применимы различные схемы предварительного осушения, при которых подземные воды принимаются в автономные водоприемные системы, сооружение которых опережает вскрытие и отработку месторождения. Схемы предварительного осушения различаются по видам водоприемных систем; это могут быть скважинные системы или системы дренажных горных выработок. Для обеспечения проходки шахтных стволов широкое распространение получило замораживание массива. Таким образом, альтернативная оценка степени сложности может иметь вполне определенные экономические последствия. Например, на железорудных карьерах КМА в условиях нескольких водоносных горизонтов при водопритоках $2000\text{—}4000 \text{ м}^3/\text{ч}$ осушение осуществляется системой кольцевых дренажных горных выработок и сквозных дренажных скважин. Стоимость сооружения такой системы весьма значительна.

Известны примеры неправильной квалификации месторождений по степени сложности гидрогеологических условий вследствие ошибок прогнозного расчета. Так, при разведке одного редкометалльного месторождения вследствие ошибок в определении показателей фильтрационных свойств величина прогнозного водопритока оказалась завышенной в 4 раза. В результате месторождение было квалифицировано как сложное и для его осушения рекомендована система предварительного осушения. Сложность ее осуществления заставила выполнить дополнительные разведочные работы, позволившие выявить указанное завышение прогнозного водопритока. Месторождение было переведено в категорию простых, а для его осушения рекомендована схема попутного дренажа. Проект отработки был пересмотрен. Дальнейшая эксплуатация производилась при фактических водопритоках в пределах $600\text{—}800 \text{ м}^3/\text{ч}$, что полностью соответствовало уточненному прогнозу.

ЭКСПЕРТИЗА ОБОСНОВАНИЯ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Обоснование природоохранных мероприятий производится по результатам прогноза последствий эксплуатационного водоотлива,

гидродинамического и гидрохимического влияния его на подземные и поверхностные воды окружающей территории. Влияние эксплуатационного водоотлива оценивается при вероятности ущерба конкретным объектам:

- 1) существующим или проектируемым водозаборам подземных вод;
- 2) действующим или проектируемым полигонам подземного захоронения промстоков;
- 3) используемым в хозяйственных целях поверхностным водотокам и водоемам.

Экспертизой в данном случае рассматривается перечень объектов вероятного ущерба.

Основные задачи, связанные с природоохранными мерами, состоят в прогнозе изменений уровня подземных вод и утилизации дренажных вод.

При вероятности ущерба указанным или другим подобным объектам прогнозирование изменений уровня подземных вод осуществляется гидродинамическим методом в аналитическом или машинном варианте. Прогнозные расчеты проводятся в этом случае для дополнительного понижения уровня на объектах вероятного ущерба. Требования к гидрогеологической изученности для обеспечения прогнозирования влияния водоотлива на подземные воды окружающей территории в общем те же, что и при прогнозе водопритока, поэтому содержание экспертизы аналогично описанному в первом разделе данной главы. Однако ОФР и ОФН в таком случае производятся на больших площадях, чем это требуется для прогноза водопритока, включая и площади с вероятными объектами ущерба. Следовательно, экспертная оценка должна содержать заключение об обоснованности площади постановки таких работ, соответствия ее объектам возможного ущерба.

Вопрос утилизации дренажных вод, откачиваемых при осушении разрабатываемых месторождений твердых полезных ископаемых, может решаться следующими способами:

- 1) дренажные воды, получаемые при попутном осушении, используются для технического водоснабжения;
- 2) подземные воды дренажных систем предварительного осушения используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения;

Распространены и другие методы утилизации дренажных вод:

- 1) отвод в природные водотоки;
- 2) удаление и организованный сбор в искусственных и природных хранилищах;
- 3) подача к действующим очистным сооружениям.

В результате выполненных гидрогеологических работ должны быть получены исходные данные для решения вопроса об утилизации дренажных вод по указанным вариантам.

В том случае, когда намечается применение дренажных вод для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, необходимо

оценить эксплуатационные запасы подземных вод. Эта оценка производится с учетом требований действующих инструкций [13] и требований. Запасы дренажных вод, намечаемых к использованию для водоснабжения, подлежат утверждению ГКЗ СССР в порядке, действующем для месторождений подземных вод.

Отвод дренажных вод в природные водотоки и водоемы допускается с разрешения органов по регулированию и охране вод. Отчетные материалы в этом случае должны содержать документы согласования.

При невозможности утилизации дренажных вод и противопоказаниях на их отвод в речную сеть должны быть даны рекомендации по организованному хранению этих вод в поверхностных природных или искусственных емкостях и указаны варианты строительства последних.

Таким образом, в отношении природоохранных мер гидрогеологические материалы должны включать оценку последствий длительного водоотлива и документы согласования. Экспертизой оцениваются правильность решения содержательных задач, наличие и форма документов утверждения и согласования.

ЭКСПЕРТИЗА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРНОРУДНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Поиски, разведка и подсчет эксплуатационных запасов подземных вод для водоснабжения горнорудных предприятий производятся специализированными гидрогеологическими организациями по заданиям водопотребляющих и проектных организаций промышленных министерств. Исключение составляют случаи утилизации дренажных вод, эксплуатационные запасы которых подсчитывают, как правило, геологоразведочные организации, ведущие разведку месторождений твердых полезных ископаемых.

Условия водоснабжения горнорудных предприятий освещаются в отчете по результатам разведки твердого полезного ископаемого лишь в общем виде. Для освоенных районов приводится описание водохозяйственной обстановки с обоснованием возможности использования действующей системы водоснабжения, указываются действующие, подготовленные, проектируемые, разведываемые и вероятные источники водоснабжения. Для неосвоенных районов даются рекомендации по направлениям поисковых гидрогеологических работ. Основанием для таких рекомендаций служат геологические карты района.

Экспертиза этой части отчетных гидрогеологических материалов носит в основном констатационный характер.

Остановимся на некоторых примерах решения природоохранных и водоснабженческих задач и их экспертной оценке.

На одном из редкометальных месторождений Северного Казахстана прогнозный водоприток был оценен в $200 \text{ м}^3/\text{ч}$ при общей

минерализации дренажных вод до 10 г/л. В районе уже действовало горнодобывающее предприятие, водоснабжение которого осуществлялось за счет разведанного ранее месторождения подземных вод. В отчетных материалах, представленных в ГКЗ СССР было предложено накапливать высокоминерализованные дренажные воды и хранить их в природной впадине, требующей инженерного дооборудования, а водоснабжение осуществлять за счет действующего водозабора путем увеличения отбора в пределах ранее утвержденных в ГКЗ СССР запасов подземных вод. Для заключения о возможности расширения водозабора авторами были рассмотрены материалы прежнего, 20-летней давности утверждения эксплуатационных запасов подземных вод и проанализирован опыт эксплуатации действующего водозабора. Рекомендуемые решения были положительно оценены экспертизой.

Другое редкометальное месторождение располагалось вблизи действующего горнорудного предприятия и крупного города. Прогнозный водоприток оценивался в 200—300 м³/ч, дренажные воды были загрязнены. В сфере влияния будущего эксплуатационного водоотлива имелся действующий водозабор подземных вод.

В отчетных материалах, представленных в ГКЗ СССР, было показано пренебрежимо малое влияние эксплуатационного водоотлива на действующий водозабор и предложена подача дренажных вод на очистные сооружения действующего предприятия с последующим отводом их в речную сеть. Водоснабжение объекта рекомендовалось осуществлять за счет городской системы водоснабжения с учетом ее реконструкции. Предложенные пути решения согласованы с Исполкомом областного Совета и местным отделением «Водоканалпроекта».

Полнота проработки вопросов здесь также позволила экспертизе согласиться с выводами авторов и рекомендовать запасы месторождения к утверждению.

ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ПРОГНОЗ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Инженерно-геологические условия изучаются при разведке рудных месторождений с целью получения необходимых сведений об основных инженерно-геологических особенностях массивов пород на месторождении и их анизотропии (тектонической нарушенности, трещиноватости, слоистости, текстуре, физико-химической проработке и т. д.), а также о физико-механических, прочностных, деформационных свойствах основных петрографических разновидностей рудовмещающих пород и руд, развитых на площади месторождения современных геологических процессах и явлениях, которые могут осложнить его разработку. На основании собранных материалов при необходимости должно быть выполнено инженерно-

геологическое районирование месторождения, т. е. разделение его на блоки и участки, характеризующиеся различными инженерно-геологическими условиями, приведены соображения о возможности проявления при работах различных неблагоприятных инженерно-геологических процессов и необходимости применения защитных мероприятий. При планировании добычи полезного ископаемого открытым способом основное внимание должно быть уделено характеристике прочностных свойств пород в бортах будущего карьера, особенно в условиях, когда борт совпадает с тектонически ослабленной зоной.

В отчетных материалах необходимо указать виды, объемы, сроки проведения и стоимость выполненных инженерно-геологических исследований, привести данные об участии в изучении месторождения сторонних организаций, видах и объемах выполненных ими работ, сведения о лабораториях, в которых определялись физико-механические, в том числе прочностные, свойства пород и другие инженерно-геологические характеристики, а также отразить методику проведения, представительность и полноту испытаний.

Согласно типизации месторождений по сложности инженерно-геологических условий (табл. 3), основными являются следующие инженерно-геологические характеристики (особенности) месторождений: а) прочностные, деформационные и физико-механические свойства пород, их тектоническая нарушенность; б) мощность и углы падения ослабленных зон, прочностные свойства пород в ослабленных зонах, их обводненность; в) углы падения рудных залежей и вмещающих пород; г) величина гидростатического напора; д) положение полезного ископаемого относительно местных базисов эрозии.

Важнейшей характеристикой инженерно-геологических условий отработки месторождений являются прочностные и водно-физические свойства слагающих их горных пород. Они определяют (наряду со структурно-тектоническими воздействиями) устойчивость стенок и кровли подземных горных выработок, а также бортов карьеров.

По мнению С. В. Николаева [22], цели изучения физико-механических свойств горных пород при разведке месторождений таковы: а) выяснение особенностей пространственного расположения вмещающих пород и залежей полезных ископаемых, различающихся по физико-механическим свойствам; б) получение возможно более полной оценки водно-физических, прочностных, деформационных и технических свойств пород и руд, необходимых для выбора расчетных показателей, соответствующей технологии ведения горно-проходческих и буровзрывных работ — как при проектировании горнодобывающих предприятий, так и при разведке месторождений; в) осуществление прогнозной оценки вероятных изменений физико-механических и термических свойств пород и руд при нарушении условий их естественного залегания.

Для скальных и полускальных пород в процессе разведки

Т а б л и ц а 3

Типизация месторождений твердых полезных ископаемых по инженерно-геологическим условиям их разработки по М. А. Хордицайнену

Инженерно-геологические условия	Месторождения, расположенные вне зоны многолетнемерзлых пород, залегающие преимущественно		Месторождения, расположенные в зоне многолетней мерзлоты
	в несцементированных песчано-глинистых породах	в полускальных породах	
Особенности разработки месторождений или их участков	Месторождения, расположенные вне зоны многолетнемерзлых пород, залегающие преимущественно		
Разработка подземными выработками или карьерами не приводит к развитию горно-геологических явлений в размерах, осложняющих разработку; проведение горных работ не требует осуществления предварительных защитных мероприятий	Тип 1а — на небольших глубинах выше местного базиса эрозии	Тип 2а — среди слаботрепчатых недисцированных слабобуденных пород, однородных по составу и не содержащих прослой непрочных пород	Тип 3а — среди монолитных неветрелых пород, не содержащих ослабленные поверхности, осложняющие разработку
При разработке подземными выработками или карьерами могут возникнуть горно-геологические явления, осложняющие разработку; для проведения горных работ осуществляются мероприятия, направленные на повышение устойчивости пород	Тип 1б — ниже уровня подземных вод; в разрезе присутствует песчаная толща или толща переслаивающихся песчано-глинистых пород с величинной гидростатических напоров < 100 м; динамические запасы вод ограничены; коэффициент фильтрации > 1 м/сут	Тип 2б — среди обводненных пород, имеющих ослабленные поверхности, снижающие устойчивость пород в бортах карьеров и подземных горных выработках; подземные воды способствуют деформациям пород	Тип 3б — среди пород с наклонным залеганием и наличием зон дробления, крупных дизъюнктивных нарушений, выветрелых и закарстованных пород, содержащих крупные карстовые полости, заполненные вторичными рыхлыми образованиями
Сложные			Среды низкотемпературных мерзлых пород, лишенных таликов и минерализованных межмерзлотных вод
			Среды песчано-глинистых пород, у которых температура близка к нулю; при оттаивании в породах возникают неблагоприятные для горных работ геологические явления; имеются талики, при вскрытии которых выработками происходят прорывы подземных вод и плыву-

<p>При разработке требуется предварительное проведение крупных защитных мероприятий по отводу поверхностных вод или осушению; выполнение этих мероприятий может быть затруднено неблагоприятными свойствами горных пород, а также гидрогеологическими условиями</p>	<p>Тип 1в — среди сильно обводненных пород большей мощности с большими гидродинамическими напорами и благоприятными условиями питания подземных вод; породы обладают особо неблагоприятными инженерно-геологическими свойствами или условиями залегания; осуществление осушительных мероприятий затруднено низкой водоотдачей пород</p>	<p>Типы 2в и 3в то же, что 2б и 3б, но при эксплуатации на глубинах более 200 м</p>	<p>Ниже зоны многолетнемерзлых пород, характеризующиеся условиями типов 1в, 2в и 3в</p>
---	---	---	---

выявляются следующие характеристики: объемная масса, плотность, влажность, водопоглощение и водонасыщение, временно сопротивление одноосному сжатию и разрыву, коэффициент крепости по М. М. Протодяконову, пористость, модуль Юнга, коэффициент Пуассона. Кроме того, при необходимости определяют такие специальные свойства, как абразивность, удельная теплоемкость и теплопроводность, сопротивление срезу, прочностные свойства в водонасыщенном состоянии, сцепление в образце, угол внутреннего трения, контактная прочность, акустические характеристики (скорость распространения продольных и поперечных волн, акустическая жесткость), коэффициент размягчения (размокаемости) — главным образом, для полускальных пород. Должны быть представлены данные об анизотропии свойств горных пород. Необходимость каждого вида анализ диктуется конкретными условиями разведки и разработки месторождения.

Для рыхлых связных грунтов в процессе разведки должны быть определены следующие показатели: минеральный и гранулометрический состав, естественная влажность, объемная масса, плотность, предел пластичности, показатель консистенции, сопротивление сдвигу (или трехосному сжатию), пористость и коэффициент пористости, полная и максимальная молекулярная влагоемкость, влажность.

Глубина и полнота освещения этих вопросов в отчете с учетом запасов составляют основу экспертизы инженерно-геологических материалов.

Глава 4

ОЦЕНКА МЕТОДИКИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗВЕДКИ

Правильность методики и эффективность разведки оцениваются экспертизой с позиций полноты и достаточности полученной информации для выполнения соответствующего этапа технико-экономических расчетов (ТЭДа, ТЭО кондиций, проекта предприятия), также с учетом эффективности примененных систем, технических средств и произведенных затрат в целом.

Геологоразведочные работы проводятся последовательно на стадиях. Действующей стадийностью предусматривалось вовлечение месторождений в детальную разведку только после завершения стадии предварительной разведки, положительного заключения ТЭДа и определения сроков освоения. Однако планирование качества основного показателя деятельности геологоразведочных организаций прироста запасов высоких категорий по «валу» и «достигнутого» нередко стимулировало нарушение этого положения и вовлечение в детальную разведку объектов с достаточно удачными возможными сроками освоения. Примерами такого рода мо

являться месторождения Удоканское, Капаевское, Нерюндинское, Холоднинское, Актогайское, Холзунское, Белорецкое, Одинокое, Акбастау, Кусмурун, Гуляйпольское, Таежное, Десовское, Кительское и др.

Детальная разведка месторождения может производиться только при возможности его освоения в ближайшие 10—15 лет и при наличии протокола-заказа, заключенного между Министерством геологии СССР и соответствующим министерством-потребителем. Одновременно должен быть установлен пообъектный порядок планирования прироста запасов и дана возможность утверждения ГКЗ СССР запасов не только детально, но и предварительно разведанных месторождений.

Следует отметить, что для месторождений, содержащих остродефицитные виды сырья или выявленных вблизи действующих предприятий с недостаточной сырьевой базой, в целях ускорения разведки и освоения целесообразным считается (при несомненном промышленном значении таких объектов) частичное совмещение (перекрытие) во времени предварительной и детальной разведки, с форсированным и непрерывным переходом от первой ко второй. Подобные решения при соответствующем согласовании заинтересованных ведомств являются прогрессивными и заслуживают положительной оценки экспертизы.

В целях ускоренного ввода в эксплуатацию новых месторождений практикуется также совмещение детальной разведки с подготовкой объекта к отработке. Такое совмещение часто является единственно целесообразным решением при разведке месторождений 3-й и 4-й групп, для изучения которых требуется применение горных работ.

Удачно были совмещены разведка и подготовка к эксплуатации, например, на Николаевском месторождении, сложные скарновородные тела которого расположены на глубинах 700—1000 м и более от поверхности. Разведка месторождения была осуществлена из пройденных спаренных капитальных стволов системой горных выработок и скважин подземного бурения, причем основные вскрывающие выработки проходились с учетом использования их при эксплуатации.

Оценка правильности принятой методики разведочных работ проводится по ряду позиций, основными из которых являются следующие:

- 1) соответствие формы разведочной сети анизотропии строения рудных залежей;
- 2) правильность ориентировки разведочных профилей;
- 3) правильность ориентировки разведочных пересечений;
- 4) равномерность размещения пересечений;
- 5) полнота вскрытия рудных тел выработками;
- 6) оптимальность принятой плотности разведочной сети для запасов разных категорий.

Форма разведочной сети определяется соотношением сторон ее ячеек. Она должна выбираться с учетом анизотропии строения рудных залежей в плоскости падения. Анизотропию строения многие исследователи предлагают оценивать отношением показателей изменчивости геологоразведочных параметров по двум взаимно перпендикулярным направлениям — простиранию и падению рудных залежей [26]. При этом в качестве показателей анизотропии используются отношения коэффициентов вариации [6, 9], дисперсий [10], пределов автокорреляционной функции [39]. Иногда оптимальная форма разведочной сети выбирается с позиций минимизации погрешностей определения средних параметров запасов. Однако в практике разведки месторождений форму разведочной сети всегда выбирают с учетом лишь размеров рудных залежей по простиранию и падению. Как показано В. А. Викентьевым и М. В. Шумилиным [40], при постоянной плотности разведочной сети ошибка геометризации запасов в недрах минимальна при равенстве соотношений размеров ячейки разведочной сети и размеров рудных залежей, что подтверждает правильность традиционного подхода определения оптимальной формы разведочной сети по анизотропии формы рудных залежей.

Анализ материалов по экспертизе подсчета запасов в целом показывает, что грубые ошибки в выборе формы разведочных ячеек встречаются достаточно редко, хотя полного соответствия анизотропии формы сети и формы разведываемых залежей почти никогда не устанавливается.

Наиболее грубые ошибки обычно бывают связаны с тем, что на детальной стадии традиционно сохраняется ориентировка сети, применявшейся на стадии предварительной разведки, в то время как объект при этом меняется. Так, при предварительной разведке Центрального месторождения бокситов Чадобецкой группы профили буровых скважин располагались вкрест общей вытянутости бокситоносной зоны. В детальную стадию производилось сгущение сети при той же ее ориентировке. Однако особенности палеорельефа фундамента, контролировавшие положение самих залежей бокситовых руд, определили их дискордантное положение внутри бокситоносной зоны, вследствие чего детализационные профили во многих случаях оказались пробуренными по удлинению бокситовых тел.

Сомнения в правильности ориентировки профилей могут возникать также на месторождениях с весьма изменчивым залеганием обусловленным, например, складчатостью. Так, на Степном полиметаллическом месторождении рудная залежь, приуроченная к антиклинальной складке эффузивно-осадочных пород, была разведана системой вертикальных скважин, пробуренных по единой системе параллельных профилей. Однако рудовмещающая складка в плане была изогнута, и разведочные линии на западном фланге месторождения оказались расположенными почти по простиранию залежи. На разрезах по этим линиям залежь увязывалась как весьма по-

Рис. 10. Изменение ошибок геометризации Δ и коэффициента K в зависимости от угла α пересечения разведочной выработкой средней линии простирания рудной залежи и расстояний между разведочными пересечениями l

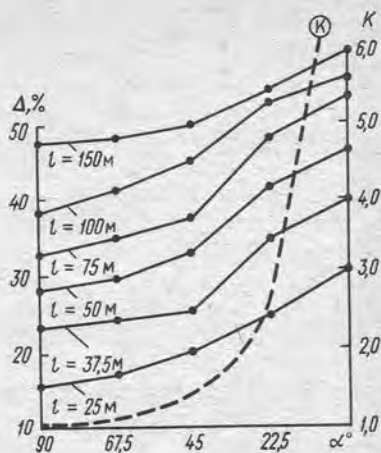
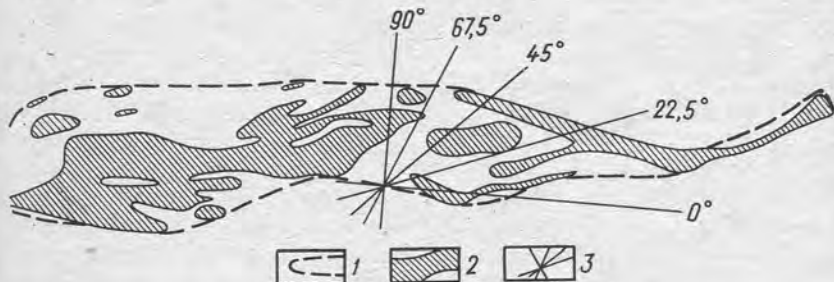


Рис. 11. Ориентировка разведочных пересечений по отношению к средней линии простирания сложной рудной залежи (см. рис. 10): 1 — внешний контур залежи; 2 — рудные тела и скопления; 3 — линии разведочных пересечений



логая, в то время как по документации керн скважин отмечались только острые углы подсечения рудных контактов. Последнее обстоятельство ставило под сомнение вообще всю увязку оруденения, и лишь построение вспомогательных разрезов, ориентированных перпендикулярно к существующим разведочным профилям, показало, что ошибки в расшифровке общей структуры месторождения нет.

Ориентировка разведочных пересечений, как установлено практикой геологоразведочных работ, должна быть такой, чтобы углы встречи рудных залежей как можно более приближались к 90° . Этим исключается появление систематических искажений в определении средних мощностей и содержаний и минимизируется их дисперсия. Как отмечал И. Д. Коган [17], при острых углах встречи возникают также затруднения в установлении морфологии рудных залежей и оценке достоверности разведочных работ в целом. Кроме того, для разведочных пересечений, в которых параметры рудных залежей определяются с помощью каротажа, угол встречи оказывает некоторое влияние на достоверность получаемых при интерпретации результатов. Наконец, острые углы встреч часто служат причиной

самопроизвольного искривления скважин. Скважины в этом случае становятся неуправляемыми и «скользят» вдоль залежей по падению, не пересекая их на полную мощность. Как показывают исследования, наиболее интенсивное самопроизвольное искривление скважин наблюдается при углах встречи менее $30-45^\circ$.

Ориентировка разведочных пересечений влияет также на степень разведанности запасов в целом.

В процессе экспериментов на моделях месторождений типа сложных жильно-прожилковых зон установлено, что при уменьшении угла встречи α происходит увеличение ошибки геометризации для всего диапазона расстояний между разведочными пересечениями (рис. 10, 11). Весьма характерен непрямолинейный вид графиков. На них достаточно четко выделяется область с относительно низкими значениями ошибок геометризации при α от 90 до 45° . При α менее 45° градиент возрастания ошибок геометризации резко возрастает.

Общее увеличение ошибок геометризации связано с тем, что при уменьшении α происходит увеличение фактического расстояния между пересечениями l по сравнению с расстояниями между пересечениями по нормали a . Величины l и a связаны между собой следующим простым соотношением: $l = K a$, где K — поправочный коэффициент ($K = 1/\sin\alpha$).

Изменение коэффициента K в зависимости от угла встречи показано на рис. 10. Графики K имеют вид гипербол с перегибом в области $\alpha = 45^\circ$. Данные графики характеризуются значительным увеличением величины K при значении α менее 45° . Этим и объясняется резкое возрастание ошибки геометризации при углах встречи менее 45° .

Таким образом, при фиксированном расстоянии между разведочными пересечениями ориентировка последних относительно рудных залежей существенно влияет на достоверность оконтуривания, а следовательно, и степень разведанности запасов при углах встречи менее 45° . При углах встречи более 45° увеличение ошибки геометризации незначительно, сопоставимо с точностью ее определения и практически не сказывается на изученности форм, размеров и условий залегания рудных залежей. Такие условия могут возникнуть только на крутопадающих месторождениях при недостаточном внимании к самопроизвольному искривлению скважин, неверном заложении, низком технологическом уровне бурения и слабом маркшейдерском контроле.

Сильные искривления скважин по слоистости вмещающих пород отмечались, например, на Мютенбайском месторождении, где многие скважины фактически оказались пробуренными перпендикулярно к разведочным линиям. На Хандизинском месторождении неуправляемое искривление скважин привело не только к уменьшению углов встреч с рудными залежами, но и к нерегулярности разведочной сети в целом.

На Холоднинском месторождении из-за неправильно выбранного направления разведочных профилей, усугубившегося самопроизвольным искривлением скважин, многие разведочные линии оказались ориентированными под углами $40-60^\circ$ к простиранию рудных тел, а скважины в линиях — под углами $10-40^\circ$ к их падению. Вследствие этого не всегда удавалось добиться обоснованной увязки залежей, ошибки в определении площадей рудных тел достигали 25%, а разница в оценке глубины залегания составила первые десятки метров. В связи с острыми углами подсечения рудных тел скважинами снизился выход керна, развилось избирательное истирание, что обусловило систематическое завышение содержаний полезных компонентов.

Неудачная ориентировка разведочных пересечений возникает иногда и по объективным причинам. Так, на одном золото-серебряном месторождении в процессе разведки менялась его геолого-промышленная оценка. На ранних этапах считалось, что промышленное значение на месторождении имеют только окисленные, обогащенные руды. Поэтому плашеобразная кора выветривания разведывалась вертикальными скважинами, частично вскрывшими и неокисленные руды. В дальнейшем зона окисления стала рассматриваться как часть месторождения, представленного крутопадающей зоной первичных руд. В результате верхняя часть неокисленных руд оказалась разведанной вертикальными скважинами, пробуренными фактически по падению рудных залежей.

Равномерность размещения выработок — одно из важнейших методических положений разведки месторождений полезных ископаемых. Важность создания при разведке правильной, регулярной сети подчеркивалась в работах Д. А. Зенкова, А. Б. Каждана, И. Д. Когана, В. М. Крейтера, А. П. Прокофьева. Все упомянутые исследователи отмечали, что использование правильной разведочной сети, в особенности на стадии детальной разведки, дает возможность создать систему геологических сечений, позволяющую равнозначно оценить особенности изучаемого объекта во всем его объеме.

Однако в процессе проведения геологоразведочных работ часто не удается выдержать запроектированную регулярную сеть. Это может быть связано с самопроизвольным искривлением разведочных скважин, невозможностью проходки выработок в заданном месте из-за неблагоприятных гидрогеологических, горнотехнических условий или неудовлетворительной технологии разведочных работ, а также с другими объективными и субъективными причинами. При этом отклонения фактического положения выработок от проектного могут измеряться десятками и даже сотнями метров.

Следует отметить, что вопросу влияния неравномерности разведочной сети на оценку качества разведки месторождений в литературе уделяется недостаточно внимания. При этом в опубликованных работах исследование этого вопроса освещено лишь с

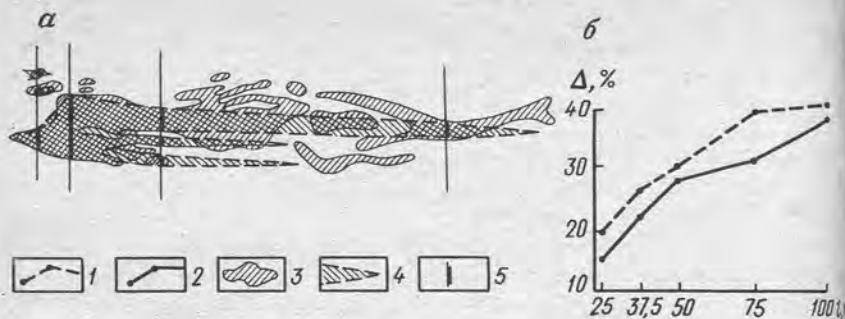


Рис. 12. Влияние равномерности расположения выработок при разведке рудной залежи (а) на величины ошибок геометризации Δ (б):

1—2—графики ошибок геометризации: 1—при неравномерной, 2—при равномерной разведочной сети; 3—контуры рудной залежи; 4—участки несовпадения разведочного и истинного контуров залежи; 5—разведочные пересечения (l —расстояния между ними)

позиций оценки точности основных геологоразведочных параметров [30]. Как показал В. А. Петров [30], погрешности оценок таких параметров, как средние мощности, содержания, метропроцент, при одном и том же количестве пересечений практически не зависят от регулярности их размещения в пространстве.

Однако разведанность запасов определяется не только и даже не столько погрешностями средних, сколько достоверностью выявления положения рудных тел в пространстве (ошибкой геометризации).

Исследование влияния неравномерности разведочной сети на ошибки геометризации выполнено на модели штокверкоподобного месторождения. Графики ошибок геометризации, рассчитанные в этих экспериментах по равномерным и неравномерным разведочным сетям, субпараллельны при малых расстояниях между выработками (рис. 12) и сходятся на редких сетях при ошибках геометризации, близких к 50%. При этом ошибки геометризации по неравномерной сети всегда выше, чем по равномерной. Для достижения одинакового значения ошибки геометризации при неравномерных разведочных сетях требуется увеличение числа разведочных пересечений примерно в 1,5 раза по сравнению с равномерной сетью.

Таким образом, использование регулярных разведочных сетей приводит к повышению степени разведанности запасов и может служить резервом на пути совершенствования и оптимизации методики разведки.

Анализ выполненных авторами экспертиз показывает, что в реальных условиях разведки месторождений неравномерность разведочной сети — очень широко распространенный недостаток, устранения которого часто не прилагается никаких усилий. Если неравномерность сети глубоких поверхностных скважин может быть обусловлена их самопроизвольным неуправляемым искривлением (месторождения Мютенбайское, Хандизинское, Никитовское),

неравномерность расположения кваршлагов на горизонтах горных работ или неравномерность проходки канав на поверхности в большинстве случаев не находит никаких объяснений. Ярким отрицательным примером в этом отношении является горная разведка Высоковольтного месторождения, на котором расстояния между кваршлагами изменялись от 10 до 100 м, причем многие кваршлагги оказались пройденными вообще вне разведочных разрезов. Аналогичная проходка канав отмечалась при разведке месторождений Дукат и Первоначальное.

Полнота вскрытия рудных тел выработками также относится к «азбучным» требованиям теории разведочного дела. Выработки, не пересекающие рудного тела полностью, обычно должны оцениваться как брак. Вследствие аварий проходка некоторых выработок иногда останавливается в руде. Такие выработки должны быть продублированы, а общий перечень продублированных аварийных и не вошедших в подсчет запасов выработок приведен в материалах подсчета запасов. Количество бракованных выработок (в %) — одна из характеристик качества работ. В исключительных случаях количество неполных пересечений оказывается очень большим. Так, на Высоковольтном месторождении непродуманная система разведки, при которой отдельными выработками не подсекался то один, то другой контакт залежей, привела к тому, что около 60% кваршлагов и скважин не вскрыли рудные тела на полную мощность.

Неполнота пересечений также может быть следствием проходки выработок на ранних стадиях изучения месторождения, границы которого по мощности впоследствии расширились. Такие выработки, по возможности, должны восстанавливаться и дополняться или также дублироваться. Этим нередко пренебрегают, хотя, например, восстановление канав на поверхности обычно не сопряжено с особыми трудностями. Так, на Первоначальном, Дукатском, Комсомольском и многих других месторождениях по некоторым канавам пересечения оказались неполными.

Неполнота пересечений и включение под различными предложениями непродублированных неполных пересечений в подсчет запасов должны оцениваться экспертизой как брак в работе.

Плотность разведочной сети непосредственно определяет достоверность оценки запасов в недрах и условий их отработки, обеспечивая квалификацию разведанных запасов по соответствующим категориям.

В инструкциях по применению классификации запасов к месторождениям различных полезных ископаемых приводятся таблицы обобщенных данных по применяемым разведочным сетям. Разведочные сети, фактически применявшиеся на основных типах месторождений железных руд, руд цветных и редких металлов, отнесенных к одной и той же группе по сложности строения, отличаются довольно значительно (табл. 4). Например, для 1-й группы от 200×200 м (категория А) и 800×800 м (категория С₁) на месторожде-

Таблица 4

Обобщенные данные по плотности разведочных сетей, фактически применявшихся при разведке месторождений железных руд, руд цветных и редких металлов

Группа месторождений	Тип руд	Вид выработок	Плотность разведочной сети (в м) для запасов категорий			Примеры месторождений	
			A	B	C ₁		
1-я	Железные	Скважины	200×200	400×400	800×800	Керченский бассейн	
	Медные	»	75×75	150×150	300×300	Джезказганское	
	Медно-никелевые	»	100×100	200×200	400×(400—600)	Талнахское (вкрапленные руды)	
	Свинцово-цинковые	»	(50—100)×(50—100) (40—50)×(40—50)	200×200	(400—500)×(400—500)	Норильское	
	Вольфрамовые	Скважины	Горные	—	(80—100)×(80—100)	(160—200)×(160—200)	Верхне-Кайрактинское
					50—60×60—80	(100—120)×(100—120)	
2-я	Железные: для пластообразных месторождений	»	—	(100—300)×(100—200)	(400—600)×(200—400)	Стойло-Левдинское, Михайловское, Оленегорское и др.	
				(75—150)×(50—100)	(150—300)×(100—200)	Соколовское, Сарбайское и др.	
				(50—75)×100	100×(150—200)	Гайское, Удоканское, Весеин-Аларинское, Чарынское	
				(100—150)×(50—75)	(100—150)×(100—150)	Ждановское,	

Медно-никелевые	—	(50—75) × (50—75)	(100—150) × (100—150)	Ждановское, Запольное, Котсельваара
Свинцово-цинковые	Горные Скважины	— —	Непрерывно — 30 × × (50—60) (40—50) × (30—40)	Риддер-Сокольное, Озерное, Жайремское, Горевское и др.
Вольфрамовые:	Горные Скважины	—	(50—60) × (60—80) (50—60) × (50—60)	Тырнаузское, Богутинское, Карабинское и др.
для жильных месторождений	Горные Скважины	—	(20—30) × (60—80) (60—80) × (40—50)	Холтосонское, Акчаусское и др.
Молибденовые:	Горные Скважины	—	(50—60) × (60—80) (50—60) × (50—60)	Каджаранское, Жиренское и др.
для штоковых месторождений	Горные Скважины	—	(10—20) × (60—80) (40—60) × (40—50)	Восточно-Коунрадское
для жильных месторождений	Горные Скважины	—	(30—40) × (60—80) (40—60) × (40—60)	Пыркайское, Фестивальное и др.
Оловянные:	Горные Скважины	—	(20—30) × (60—80)	Хрустальное
для штоковых месторождений	Горные Скважины	—	—	»

78 Продолжение табл. 4

Группа месторождений	Тип руд	Вид выработок	Плотность разведочной сети (в м) для запасов категорий			Примеры месторождений
			A	B	C ₁	
3-я	Железные	Скважины	—	—	(50—100) × (50—100)	Орско-Халиловское, Казинское, Ирбинское и др.
	Медные	»	—	—	50 × (50—75)	Космурун, Абастуй и др.
	Свинцово-цинковые: для штоков-веркопдобных ме- сторожде- ний	Горные Скважины	—	—	(20—30) × (40—60) (50—60) × (30—40)	Грехов-ское П, Са- донское и др.
	для жиль- ных место- рождений для трубо- образных месторож- дений	Горные	—	—	Непрерывно 40—60	Замбарак- ское, Кани- мансурское Канмансур- ское и др.
	Вольфрам- вые	Скважины	—	—	(50—60) × (30—40)	
4-я	Горные	Горные Скважины	—	—	(10—20) × (40—60) (60—80) × (40—50)	Бом-Горхон- ское, Чорух- Дайронское и др.
	Молибдено- вые	Горные Скважины	—	—	(30—60) × (30—50) (30—60) × (30—50)	Шахтмин- ское, и др.
	Оловянные	Горные Скважины	—	—	(10—20) × (60—80) (60—80) × (40—50)	Учкочкон- ское, и др.
	Ртутные	Горные Скважины	—	—	(15—30) × (40—60) (40—60) × (40—60)	Нижитовское, Затално-Па- мурское, и др.

ниях железных руд до $(40-50) \times (40-50)$ м (категория А) и 160×160 м (категория C_1) на месторождениях полиметаллов и вольфрама; для 2-й группы от $(100-300) \times 100 \times 200$ м (категория В) и $(400-600) \times (200-400)$ м на месторождениях железных руд до $(20-30) \times (60-80)$ м (категория В) и $(80-120) \times (60-80)$ м (категория C_1) на месторождениях олова, вольфрама и молибдена. Для 3-й группы размах колебаний применявшихся сетей на месторождениях различных полезных ископаемых для категории C_1 составляет от $(50-100) \times (50-100)$ до $(10-20) \times (60-80)$ м.

Приведенные данные указывают на определенную условность как отнесения конкретных месторождений к той или иной группе, так и выбора разведочных сетей. Так, Верхне-Кайрактинское месторождение оказалось единственным представителем редкометальных месторождений в 1-й группе. Оно характеризуется достаточно неравномерным и прерывистым распределением ценных компонентов в недрах и относительно высоким (70—150%) коэффициентом вариации содержаний основных полезных компонентов. При этом применение горно-буровой системы разведки и максимальная для 1-й группы плотность сети ставят его ближе к объектам 2-й группы.

Обращает на себя внимание также то обстоятельство, что ряд объектов 1-й и 2-й групп, на которых применялись относительно более редкие сети, разведывались в достаточно отдаленные времена (Миргалимсайское, Дзезказганское). Для подавляющего большинства месторождений 2-й и 3-й групп плотность буровой сети для основных запасов категории C_1 составляет соответственно около 100 и 50 м. Горные выработки, играющие контрольно-заверочную роль, могут проходить с максимальной степенью детальности — до непрерывного прослеживания.

Таким образом, выбор плотности сети с использованием метода аналогии в целом является весьма приближенным и обязательно требует заверки соответствующими экспериментами и расчетами.

Следует учитывать, что одними расчетами, опирающимися на результаты, полученные по основной сети, т. е. той, плотность которой необходимо обосновать, решить эту задачу невозможно. Для обоснования плотности сети всегда необходимо выборочно сгущать ее на некоторых эталонных участках. В качестве таковых могут выступать блоки запасов высоких категорий (А или В), однако указывать предел сгущения сети на подобных экспериментальных участках, очевидно, нецелесообразно, так как он должен быть найден в процессе самого опытного сгущения и в конечном итоге быть предельно детальным, обеспечивающим выяснение всех морфологических особенностей залежей, необходимых для выбора технологии добычи. Получаемый на участках детализации материал может служить для расчетных обоснований принятой плотности основной сети.

Расчетные обоснования плотности разведочной сети обычно базируются на вычислении погрешностей средних параметров и

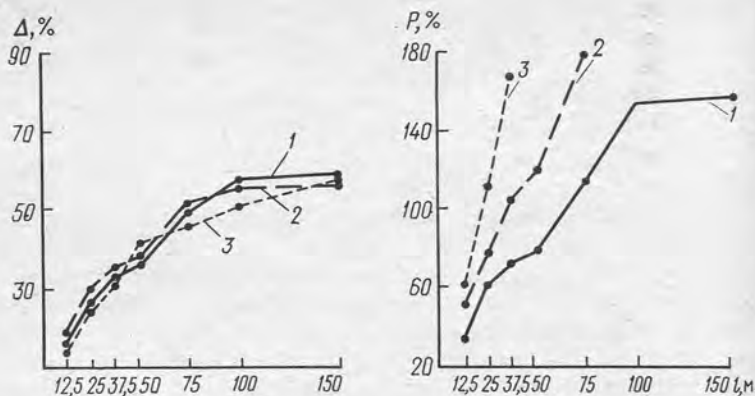


Рис. 13. Изменение ошибок геометризации Δ и погрешностей определения средних содержаний P в зависимости от величины анализируемого участка:

1—3 — графики, полученные при анализе: 1 — по всей рудной залежи, 2 — по ее половине, 3 — по четной части; l — расстояние между разведочными пересечениями

значений запасов с помощью различных математических формул методом разрежения по наиболее разведанным участкам месторождений.

Однако точность выявления средних параметров и запасов может определить ни разведанности запасов, ни оптимальную для данной разведанности плотность сети.

Несостоятельность метода разрежения для обоснования приемлемой точности оценок продемонстрирована П. П. Ясковским, Д. М. Фивейским [41], в работе которых показано, что в зависимости от размера участка детализации одной и той же рудной залежи могут быть получены совершенно различные выводы об оптимальности или неоптимальности конкретной сети (рис. 13).

В основе аналитических методов лежит известная формула теории вероятности

$$P = tv/\sqrt{n},$$

где P — погрешность определения среднего; t — коэффициент надежности оценки параметра; v — коэффициент вариации изучаемого параметра; n — число наблюдений.

Пользуясь этой формулой, можно определить только число разведочных пересечений, а не расстояние между ними, что принципиально различно. В слабо разведанных блоках категории С₁, крупных по размерам, погрешности определения средних параметров могут быть ниже, чем в хорошо разведанных, но небольших по размерам блоках категории В и даже А. Однако применять формулу (1) для расчета, необходимого для заданной точности числа пересечений тоже, по существу, невозможно, так как входящие в нее величины P и t , строго говоря, не известны и могут приниматься для

по аналогии с другими объектами. Результат аналитических вычислений оказывается при этом полностью зависящим от допустимости такой аналогии.

Предлагались и другие пути количественного решения проблемы оптимизации сети (в частности, основанные на геостатистическом подходе) с помощью вычисления так называемого предела автокорреляции. Многолетний опыт исследований убеждает, однако, что в практическом отношении такой путь весьма труден и неудобен. Связано это с большой чувствительностью автокорреляционных функций к эргодичности пространственных переменных. Приведем простой пример.

Автокорреляционная функция мощности выдержанного пласта (или другого малоизменчивого признака), осложненного мелкой случайной шероховатостью, будет иметь предельно малый радиус автокорреляции, а следовательно, для его разведки требуется, исходя из посылки, предельно густая сеть. Если тот же пласт обладает очень слабой тенденцией к расширению (или сужению), то его автокорреляционная функция будет характеризоваться беспредельно большим радиусом корреляции и, следовательно, в таком случае для разведки необходима будет бесконечно редкая разведочная сеть. Фактически в обоих случаях оптимальная плотность разведочной сети должна быть одинаковой.

При реализации данного пути остается полностью неясным подход к установлению границ между категориями разведанности, так как абсолютная величина коэффициентов корреляции будет иметь разный смысл в зависимости от принятого уровня значимости.

Более перспективными для количественного анализа плотности разведочной сети представляются методы, основанные на использовании ошибок геометризации в качестве критерия степени разведанности [40]. В отличие от выше рассмотренных показателей, ошибка геометризации зависит от изученности геологического строения месторождений, так как чем правильнее понята структура месторождения и закономерности локализации оруденения, тем правильнее выполнено оконтуривание рудных залежей, а значит, разведочные контуры ближе к истинным и соответственно меньше значения ошибок геометризации. Ошибка геометризации функционально связана с расстояниями между разведочными выработками и при неизменности этих расстояний не зависит от числа разведочных пересечений.

Опыт оценки разведанности запасов урановых месторождений, обобщенный в работе М. В. Шумилина и В. А. Викентьева [40], основанный на вычислении ошибок геометризации, убеждает в возможности и целесообразности подобных исследований на всех других месторождениях полезных ископаемых.

Выборочная детализация для заверки разведочной сети осуществляется путем проходки горных выработок в сочетании с детальным разбуриванием. При этом не всегда обязательно создавать

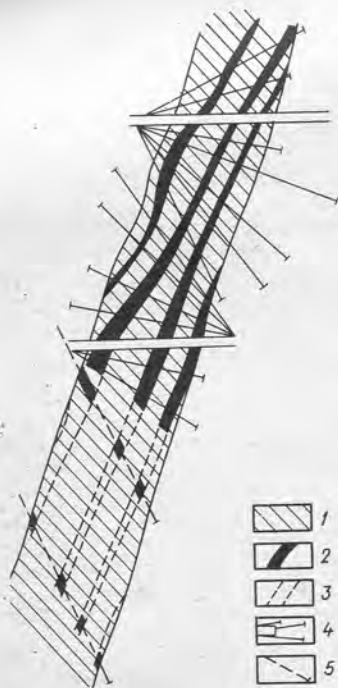


Рис. 14. Схема заверки основной разведочной сети в опытных блоках выборочной детализации:

1 — рудоносная зона; 2—3 — жилородоподобные рудные тела: 2 — установленные, 3 — предполагаемые; 4 — заверочные горные выработки и скважины; 5 — скважины основной сети

геологических условий и др.

В качестве участков выборочной детализации могут рассматриваться блоки запасов высших категорий (А или В), разведанные более густой сетью, при этом такие блоки должны быть представительными для основных запасов месторождений. На месторождениях 3-й и 4-й групп, на которых запасы высших категорий не выявлены, в большинстве случаев необходимо создание специальных опытных полигонов, разбуриваемых сетью повышенной плотности. Так, при разведке одного редкометального месторождения, представленного серией сближенных в разрезе сложных стратиформированных залежей, был создан опытный полигон, в пределах которого плотность сети скважин доведена до 6×12 м, что позволило установить практически все особенности морфологии и залегания руд и сделать допустимым подсчет запасов в контурах продуктивной зоны с использованием коэффициента рудоносности по основной сети (25—50)

участки детализации в объеме. Часто достаточно сгустить сеть в отдельных сечениях по падению и простиранию рудных залежей. В идеальном случае на участках детализации разведочная сеть должна быть всегда такой густой, чтобы по полученным данным определение могло быть окончено в сплошных (с позиций намечаемой новой технологии) тел. Основными задачами, решаемыми на таких участках являются следующие:

1) изучение действительной морфологии рудных тел и их внутреннего строения с детальностью, необходимой для проведения эксплуатационных работ;

2) оценка сплошности и фактических размеров рудных тел при известном их строении и подсчете запасов с введением коэффициента рудоносности.

Если участками выборочной детализации являются горизонты горных работ, то параллельно с перечисленными решаются и другие весьма важные задачи, связанные с заверкой и дового опробования, отбором крупных лабораторных и полупромышленных проб, изучением распределения природных разновидностей и технологических типов руд, изучением гор-

×100 м. При разведке другого редкометального месторождения, в пределах которого развита система сближенных, сложносочленяющихся жилоподобных залежей прожилково-вкрапленных руд, заверка основной разведочной сети (скважины по сети 200×100 м) осуществлялась в двух опытных блоках. В первом из них разведочная сеть была сгущена до 50×25 м и был пройден горизонт горных выработок со вскрытием залежей штреками, а во втором горными работами и подземным бурением была создана сеть 12,5×12,5 м (рис. 14).

При разведке жильных рудных тел с целью детального изучения морфологии обычно проходят прослеживающие горные выработки: рудные штреки и восстающие, при документации которых и густом опробовании забоев или кровли можно создать полную картину строения рудной залежи, оценить действительные размеры, формы и условия залегания сплошных рудных тел и степень прерывистости залежи в целом.

При возможности геофизического опробования шпуров роль прослеживающих выработок могут играть и полевые штреки — в том случае, если рудная залежь вскрывается на полную мощность густой сетью пройденных из них шпуров. Однако и в этом случае надежная оценка прерывистости с использованием штреков возможна только для относительно маломощных рудных залежей.

На мощных штокверкоподобных месторождениях проходка рудных штреков и восстающих не решает задачи оценки сплошности оруденения, поскольку ими не обеспечивается вскрытие рудных залежей на всю мощность. Внутренняя структура таких залежей изучается достаточно плотной сетью квершлагов в сочетании со скважинами [3].

Рассмотрим пример разведки редкометального месторождения штокверкового типа (рис. 15). Оруденение, представленное тонкой вкрапленностью, локализуется в зоне мелкой трещиноватости древних метаморфизованных вулканитов и образует мощную слабоудлиненную рудную залежь прерывистого строения. Распределение оруденения в пространстве неравномерное. Наряду с рядовыми и богатыми рудами в пределах рудной залежи устанавливаются участки бедных и некондиционных руд, а также безрудные породы. Для заверки месторождения применена горно-буровая система. На горизонте горных работ пройдена регулярная сеть квершлагов и ортов, пространство между которыми изучено горизонтальными скважинами.

Для разведки сплошности оруденения и оценки степени прерывистости пройдена серия штреков. Опробование штреков дало резко различные результаты (см. рис. 15): штреки 2, 3 и 5 — в контуре залежи полностью рудные, штрек 4 — рудный наполовину, а 6 и 7 — лишь на треть. Значения коэффициента рудоносности, определенные по штрекам, оказались, таким образом, более изменчивыми, чем по квершлагным пересечениям, хотя его среднее значение в це-

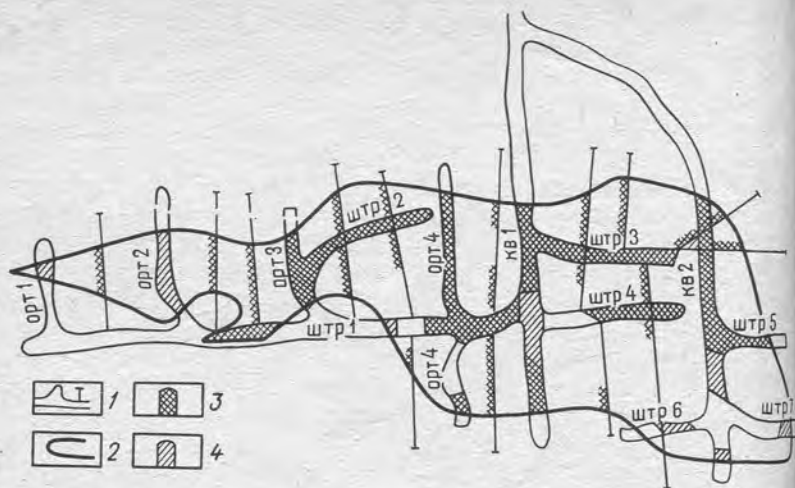


Рис. 15. Пример неэффективного использования рудных штоков при разведке рывистой штокверкоподобной залежи:

1 — горные выработки (штр — штоки, кв — квершлаг) и скважины; 2 — общий контур залежи; 3 — руды, вскрытые в выработках; 4 — рядовые.

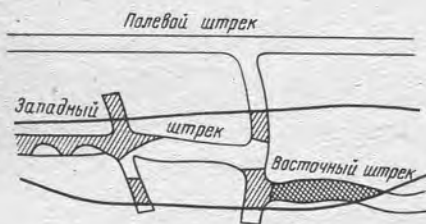


Рис. 16. Пример неэффективного пользования рудных штоков при разведке мощной технологически сложной рудной залежи (условные обозначения см. на рис. 15).

лом примерно то же (0,75 и 0,71 соответственно). Шток 1 так непредставителен с точки зрения оценки прерывистости орудуем так как он пройден по извилистому краю залежи, сложенной сплошными рудами. Следовательно, все штоки на данном горизонте, исключением подходного штока 1, не решают разведочных задач. Оценка прерывистости по штокам менее объективна и надежна, чем по квершлагным пересечениям.

Нецелесообразной оказалась проходка прослеживающих выработок и на мощных рудных залежах, когда по кондициям они становятся сплошными с горно-технологической точки зрения. На рис. 16 показан пример разведки золоторудного месторождения. Тонковкрапленное оруденение приурочено к мощной зоне дробления и окварцевания и образует крупную залежь мощностью 15—20 м. Распределение золотой минерализации в пределах рудной залежи неравномерное. Устанавливаются маломощные и непродуктивные жилородные скопления богатых руд, а также безрудные

промежутки мощностью в несколько метров. Однако по условиям кондиций в контур рудной залежи допускалось включение пустых интервалов мощностью до 4 м. В результате в отработку будет вовлечена вся зона дробления и окварцевания.

Рудная залежь разведана горизонтами горных работ через 40—50 м, на которых расщелки проходили через 20—40 м. Для прослеживания рудного тела по простиранию на месторождении дополнительно проходились «рудные» штреки и восстающие, что практически не дало результатов: часть штреков вскрыла богатые руды (восточный штрек), часть — рядовые, а отдельные — пустые породы, так как ширина штрека около 2,5 м, а мощность включенных в контур безрудных пород достигала 4 м.

Таким образом, при разведке мощных штокверкоподобных рудных залежей специальная проходка прослеживающих горных выработок (штреков и восстающих) с целью заверки сплошности оруденения нецелесообразна. Наиболее эффективное изучение морфологии таких залежей и получение оценок прерывистости их строения достигается по результатам опробования кварцлажных пересечений, пройденных на полную мощность.

Эффективность разведки широкого круга рудных месторождений определяется прежде всего эффективностью использования горных работ для заверки сплошности оруденения или уточнения размеров и морфологии сплошных (для проектируемой технологии выемки) рудных скоплений. Между тем в практике работ еще нередки случаи, когда плотность сети разведочных пересечений на горизонтах горных работ незначительно отличается от плотности основной (буровой) разведочной сети во всем объеме месторождения. Так, на месторождениях Фестивальное и Октябрьское расщелки на горизонтах горных работ были пройдены в основном через 40 м при фактической плотности сети скважин ниже горизонтов $(50-80) \times (70-100)$ м. Сбоек между расщелками проходило мало, а на месторождении Октябрьское такие сбойки к тому же не опробовались, и следовательно, целям заверки сплошности служить не могли. Следует напомнить также, что на месторождении Фестивальное недостаточная изученность распределения рудной минерализации в окварцованных зонах явилась одной из причин неподтверждения запасов.

При невозможности достоверного суждения о сплошности и истинном характере распределения оруденения в недрах по результатам горных работ использование последних должно рассматриваться экспертизой как неэффективное.

При разведке жильных месторождений главную полезную информацию получают при изучении выработок, проходимых непосредственно по руде. Поэтому соотношение объемов проходки по руде и по вмещающим породам является объективной характеристикой эффективности использования объемов горных работ и соответствующих ассигнований. При рассмотрении подсчетов запасов в ГКЗ СССР

этому уделяется специальное внимание и данная характеристика специально указывается в протоколах. Однако технология проходки выработок по руде обычно осложнена часто наблюдаемой меньшей устойчивостью руд, опасностью выработок по газу или пыли, непродуктивностью опробования, а в штреках — также частой корректировкой направления. Эти обстоятельства в условиях планирования геологоразведочными организациями таких показателей, как скорость проходки, определяют незаинтересованность их в оптимизации соотношения «рудных» и «пустых» выработок. На практике не редки случаи явного завышения объемов проходки различного рода подходов, вспомогательных, технических и тому подобных выработок, подчас в ущерб проходке собственно разведочных вскрывающих рудные тела. Низкая эффективность использования объемов горных работ отмечалась ГКЗ СССР для многих месторождений.

Эффективность геологоразведочных работ определяется темпостью использования пробуренных скважин и взятых проб, а также подсчета запасов. Большое количество выработок и проб, не участвующих в подсчете запасов, указывает на неэффективное использование средств.

Особо следует остановиться на эффективности применения числительной техники, которая в последнее время нередко применяется к выполнению подсчетов запасов. Однако собственно подсчетные операции при этом достаточно элементарны, а необходимость использования материалов в дальнейшем определяет представление не только конечных результатов, но и всей последовательности документов — от журналов опробования до итоговых таблиц. Кроме того, подсчет запасов в целом является одноактной операцией, автоматизация которой в принципе не может дать ощутимого эффекта в экономии времени и средств, так как основную их долю все равно занимают разработка программного обеспечения, подготовка и ввод данных в ЭВМ.

Наиболее эффективным следует признать такое использование ЭВМ, при котором производятся специальные расчеты с многовариантным перебором кондиций, применением различного рода нелинейных аппроксимаций наблюдаемых значений параметров, сглаживания данных, их корреляционного анализа и т. д.

Так, Казахской опытно-методической экспедицией был разработан подсчет так называемым «методом числовой модели», основанной на алгоритме которого заключалась в аппроксимации значения каждого параметра (содержания, мощности и т. д.) некоторой топологической функцией координат пространства и перемножении матрицы снимаемых с этих функций по регуляризованной сети в соответствии с общей формулой подсчета запасов. Применяемая аппроксимация обеспечивала уменьшение влияния экстремальных (ураганных) значений на конечный результат и способствовала повышению точности подсчета. Кроме того, подобные расчеты позволяли по-

читать ценную дополнительную информацию. Так, на примере Джаньтасского месторождения фосфоритов расчетами было показано несоответствие выбранных кондиционных лимитов особенностям месторождения; для Чилисайского фосфоритового месторождения рассчитан план изолиний ожидаемой прибыли от эксплуатации; на Богутинском выявлена неправомерность выделения в пределах штокверка обособленных рудных тел, произведенного при обычном варианте подсчета. Однако в повседневной практике подсчетов запасов подобные расчеты остаются редким исключением.

Нередко, привлекая вычислительную технику, авторы подсчетов применяют ее для вычислений, не связанных непосредственно с оценкой запасов, или неоправданно усложняют вычисления. Так, для одного из алмазоносных кимберлитовых тел с помощью ЭВМ выполнялся расчет объемов блоков. С этой целью использовалась зависимость между площадью сечения и глубиной, аппроксимируемая полиномом 14-й (!) степени. Результаты, однако, полностью соответствовали полученным по обычной формуле призмы.

В отчетах нередко значительное место уделяется статистической обработке данных о содержании, мощности и других параметрах с проверкой соответствия изучаемых совокупностей различным теоретическим распределениям: Лапласа, логнормальному, Пирсона, Вейбулла и др. Однако никаких статистических задач с использованием таких аппроксимаций при этом не ставится и не решается. Подобные вычисления являются совершенно напрасной тратой сил и машинного времени.

Глава 5

ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ОПРОБОВАНИЯ

Опробование является важнейшей и ответственной операцией при разведке месторождений, определяющей достоверность оценки запасов и промышленной ценности месторождения. Затраты на отбор проб обычно весьма невелики по сравнению с затратами на проходку горных выработок или бурение скважин, которые осуществляются прежде всего в целях опробования. Попытки снизить затраты на опробование не могут принести существенного экономического эффекта, но в случае даже частичной потери информации за счет вводимых упрощений наносят значительный вред, обуславливая снижение эффективности затрат в горных и буровых работах. Вместе с тем отбор проб достаточно трудоемкая операция, требующая большого объема ручного труда, что в современных условиях нередко побуждает к различным усовершенствованиям применяемых методов опробования. Эти усовершенствования оцениваются экспертизой

прежде всего с позиций качества и полноты получаемой информации. Потеря информации в данном случае не может оправдываться экономией.

Отбор проб и их обработка неизбежно выполняются с некоторыми погрешностями: случайными, отмечающимися всегда, и систематическими, возникающими из-за несовершенства используемых методов или их несоответствия особенностям строения месторождения. Поэтому при проведении опробования необходимо соблюдение некоторых основных принципов, нарушение которых ведет к появлению дополнительных погрешностей.

Опробование должно отвечать принципу полноты исследования и охватывать все необходимые разности пород и руд. Нельзя отбирать пробы только в пределах выемочной мощности, а при отсутствии видимых границ руд должны обязательно отбираться крайние «забортовые пробы». Также недопустимо объединение краевых проб с лежащего и всячего бока в одну пробу. На месторождениях представленных сериями жил и прожилков, обязательному опробованию подлежат околожилльные породы, причем не на заданную мощность, а до полного отсутствия оруденения.

При опробовании необходимо руководствоваться также принципом равномерности, в соответствии с которым пробы должны отбираться по определенной системе (по регулярной сети) при одинаковом расстоянии между ними. Нельзя сгущать сеть проб в обогащенных участках. При опробовании штрековых выработок недопустим произвольный отбор проб то по кровле, то по забоям. Ориентировочный разброс проб должен быть единообразной: или по истинной мощности, или по горизонтальному (вертикальному) направлению.

Эти элементарные требования нередко нарушаются, на что указывал еще И. Д. Коган [17].

Длина проб должна определяться геологическими особенностями — мощностью рудных тел, наличием видимых разностей и сорта руд — и особенностями предполагаемых систем отработки. В однородных рудах большой мощности и ориентировке на массовые системы добычи длина проб может составлять 5—10 м; при небольшой мощности или ориентировке на селективные системы она может уменьшаться, приближаясь к минимальной выемочной мощности. Однако маломощные жилы, имеющие безрудные зальбанды, должны опробоваться на фактическую мощность.

Следует иметь в виду, что длина проб влияет на значение среднего содержания и степень сплошности (прерывистости) руд [15]. Чем большей выбирается длина, тем более сплошным представляется оруденение и больше разубоживается среднее содержание. Однако при возможности и целесообразности применения селективной добычи длина проб не должна быть более 1—2 м, так как осреднение более высокого порядка при необходимости может быть выполнено расчетным путем.

Соответствие длин проб геологическим особенностям месторождения

дений и намечаемым условиям эксплуатации всегда оценивается экспертизой.

При опробовании керна дополнительными факторами, влияющими на выбор длин проб, служат его выход и длина рейса бурения. Интервалы бурения с резко различным выходом керна не рекомендуются объединять в одну пробу [17].

Масса проб варьирует в зависимости от характера распределения ценного компонента. Чем крупнее выделение рудного минерала и неравномернее его распределение, тем, в общем случае, большей должна быть масса проб. С увеличением массы снижается дисперсия содержаний. Однако разница дисперсий становится ощутимой при изменении массы примерно на порядок и более. Фактическая масса отбираемых проб должна отвечать теоретической их массе, принимаемой исходя из объема проб и плотности руд. Из-за несовершенства способов отбора фактические массы всегда расходятся с теоретическими. Эти расхождения могут служить мерой качества опробования, и резкие колебания масс для одного и того же стандартного объема указывают на недостаточную тщательность проведения опробовательских работ. Вместе с тем колебания масс стандартных проб в пределах 25—30% и даже более не оказывают заметного влияния на результаты опробования, если это не сопряжено с избирательной потерей или обогащением проб рудным веществом.

Длительной практикой выработаны стандартные сечения бороздовых проб: от 10×2 до 10×5 см, что в подавляющем большинстве случаев приемлемо. Также допустимым обычно является опробование «половинкой» керна. Однако для месторождений с крайне неравномерным распределением компонента, представленного относительно крупными минеральными обособлениями (киноварь, вольфрамит, касситерит и др.), особенно при бурении скважин малых диаметров (56—42 мм и менее), может оказаться целесообразным направление в пробу всего керна. Весь керн всегда отбирается в пробу на месторождениях алмазов.

Скважины канатно-ударного бурения опробуются по шламу. Количество шлама обычно достаточно велико и в пробу отбирается его сокращенная тем или иным способом часть. При этом используются различного рода делители или варианты точечного (горстьевое) опробования шламовых выходов; так как опробуется раздробленный и достаточно перемешанный материал, масса проб может быть небольшой (3—5 кг), однако конкретная ее величина и методика отбора должны быть обоснованы специально.

При рассмотрении материалов опробования и испытания проб задача экспертизы сводится к анализу вероятных погрешностей этих процедур и составлению заключения о возможности использования получаемых данных для подсчета запасов. С этой целью необходимо оценить соответствие методов опробования особенностям месторождения, достаточность выполненных контрольных операций, правильность обработки данных контроля и полученных выводов.

АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОТБОРА ПРОБ

При отборе проб и последующем их испытании собственно случайная погрешность (воспроизводимость) способа опробования не может быть оценена, так как контрольные пробы представляют собой новые порции отбираемого из недр вещества и расхождение результатов испытаний двух сколь угодно сближенных проб всегда обусловлено прежде всего природной неравномерностью распределения исследуемого компонента в опробуемом массиве.

Однако чем больше объем проб, тем в большей степени сглаживается первичная неравномерность распределения компонента и меньшей становится дисперсия содержания по пробам. Эта зависимость имеет сложный, нелинейный характер, и реальное уменьшение дисперсии обычно отмечается при значительной разнице в объеме проб (на порядок и более). Поэтому контроль бороздového опробования путем отбора проб бороздой того же или близкого сечения, что иногда еще встречается на практике, является бессмысленным и не вскрывает ни случайных, ни (при той же технологии отбора) систематических погрешностей опробования.

При использовании для контроля проб достаточно большого объема (обычно — валовых) эффект снижения дисперсии по ним играет положительную роль, так как обеспечивает повышение чувствительности контроля к уровню выявляемых систематических погрешностей.

Парадоксальная ситуация в этом отношении сложилась в последние десятилетия на урановых месторождениях в связи с переходом на алмазное бурение скважин малых диаметров. Сопоставление в этом случае результатов исследований керновых проб диаметрами 56, 42, 36 мм и менее с данными гамма-каротажа, при котором зона влияния каждого замера является цилиндром радиусом 300 мм, становится абсурдом, поскольку различие в массах характеризуемых проб при этих двух видах опробования составляет около пяти порядков.

Главная причина возникновения систематических погрешностей при опробовании заключается в различной устойчивости к механическому воздействию при отборе проб различных слагающих рудных минералов, вследствие чего может происходить избирательное обогащение пробы рудным или безрудным веществом. Степень такого избирательного обогащения зависит от сравнительной твердости (хрупкости) рудных и безрудных минералов, текстуры и структуры руд, размеров минеральных обособлений, а также способа отбора проб. При бороздovém опробовании горных выработок пробы обогащаются хрупкими и мягкими минералами. При колонковом бурении, напротив, керн такими минералами обедняется.

Как правило, избирательное обогащение бороздových проб и обеднение керновых происходит при опробовании молибденитовых, вольфрамитовых, киноварных руд, особенно кварцевых их разновидностей.

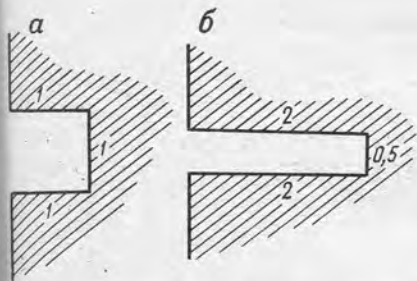


Рис. 17. Сопоставление площадей, обнаженных в бороздах квадратной (а) и удлиненной (б) форм при одинаковой площади сечения борозд (цифрами обозначены размеры борозд, усл. ед.).

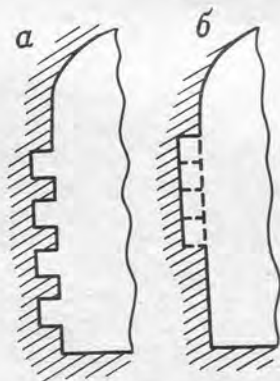


Рис. 18. Правильный (а) и неправильный (б) способы отбора нескольких рядов бороздовых проб при заверке бороздowego опробования

Обычно такое явление наблюдается и при опробовании полиметаллических руд, особенно галенитовых. Степень избирательного выкрашивания (истирания) этих минералов увеличивается для крупновкрапленных руд и снижается для тонковкрапленных.

При опробовании керна руд, представленных прожилками золотоносного кварца в сланцах или других слабых породах, может отмечаться избирательная потеря из керна пустых пород и обогащение проб золотом.

ЗАВЕРКА БОРОЗДОВОГО ОПРОБОВАНИЯ

При бороздovém опробовании влияние избирательного выкрашивания пропорционально площади обнажаемой поверхности. Поэтому широкие, но неглубокие борозды дают более достоверные результаты, чем узкие и глубокие. В приведенном на рис. 17 примере сечение борозд одинаковое, но во втором случае площадь обнаженных при отборе проб плоскостей будет в 1,5 раза больше, чем в первом случае.

Влияние избирательного выкрашивания сильнее сказывается при отбойке борозд пневмомолотками и вручную, но уменьшается при выпиливании или хотя бы предварительной подсечке алмазными пилами.

Надежная заверка бороздového опробования может быть выполнена только валовым методом. Если руды могут быть опробованы геофизическими методами на месте залегания, то и эти методы также могут служить для контроля бороздového опробования. Однако применяемые для большинства руд рентгено-радиометрические методы обладают небольшой глубиной, из-за чего измеряемая масса

для них весьма невелика и, следовательно, значительна дисперсия результатов.

Следовательно, на рудах, заведомо подверженных сильному избирательному выкрашиванию и опробуемых отбойкой борозд с ударным воздействием, заверку бороздового опробования валовым следует считать обязательной.

Валовые пробы отбираются, как правило, для решения одновременно нескольких задач разведочных работ: для составления полупромышленных технологических проб, оценки возможности использования рудосортировок, определения объемной массы руд путем выемки целиков и т. д. Подобные работы осуществляются при проходке рудных штреков, сбоек между квершлагами, рассечки или в специально выбираемых местах.

Чтобы по возможности исключить случайные ошибки, обусловленные естественными флюктуациями содержаний в бороздовых пробах, снизить дисперсию средних содержаний, рассчитанных по данным бороздового опробования, и уменьшить число отбираемых валовых проб, в местах их отбора целесообразно максимально увеличивать число заверяемых бороздовых проб. Этого можно добиться за счет отбора нескольких рядов борозд по каждой из обнажающихся в процессе отпалки стенок или забоев выработок. Необходимо только иметь в виду, что такие ряды борозд должны отстоять друг от друга на некоторое расстояние, т. е. быть взаимонезависимыми. Это связано с тем, что избирательное выкрашивание уменьшается с уменьшением числа обнаженных стенок борозд, а отбор сопряженных, примыкающих друг к другу борозд приводит именно к этому явлению. Фактически отбор нескольких рядов примыкающих друг к другу борозд адекватен отбору одной борозды увеличенного сечения (рис. 18а).

При отборе рядовых бороздовых проб так, как показано на рис. 18а, увеличивается число заверяемых проб, таким образом повышается точность оценки среднего содержания по данным бороздового опробования и при этом не искажается величина избирательного выкрашивания. Отбор сопряженных бороздовых проб (см. рис. 18б) также приводит к повышению точности оценки среднего содержания по данным бороздового опробования, но и к уменьшению величины избирательного выкрашивания.

ВЫХОД КЕРНА И ЗАВЕРКА КЕРНОВОГО ОПРОБОВАНИЯ

Керновое опробование является наиболее «слабым звеном» при разведке и геолого-промышленной оценке большинства рудных месторождений. Можно привести не один пример, когда оценка месторождений, полученная по данным одного бурения, в дальнейшем, при вскрытии горными выработками, менялась принципиально. На буровую разведку многих месторождений вводятся специальные поправочные коэффициенты, при разведке других бурение использу-

ется в минимальных объемах, а если и используется, то его данные в подсчете запасов не участвуют.

Исключением из этого общего правила служат месторождения радиоактивного сырья, а также других полезных ископаемых, для которых разработаны надежные ядерно-физические методы опробования в скважинном варианте.

Таким образом, все основные перспективы по совершенствованию технических средств разведки заключается, прежде всего, в совершенствовании и разработке новых ядерно-физических методов опробования скважин. Без этого ни повышение производительности, ни создание новых методов бурения не будет давать ожидаемого эффекта.

В настоящее же время оценка надежности кернового опробования является необходимой и очень важной задачей разведочных работ.

В общем случае, чем меньше выход керна, тем больше вероятность избирательного истирания и даже полного пропуска рудных тел при разведке месторождений. Однако для сильно истираемых руд (молибденитовых, киноварных, окисленных руд различных месторождений) даже 100%-ный выход керна не гарантирует от существенных потерь рудного вещества. Например, на Сорском молибденовом месторождении даже при 100%-ном выходе керна при его опробовании в некоторых случаях отмечалось занижение содержания молибдена в 2—3 раза. На Шалкиинском месторождении уже при выходе керна 90—95% содержание основных компонентов было занижено на 10—12%, а при выходе 80—85% — на 25—30%.

Традиционное отношение к железистым кварцитам как к рудам, не подверженным избирательному истиранию, в настоящее время должно быть пересмотрено. На основании многочисленных заверок и сопоставлений на месторождениях Тарыннахское, Десовское, Лебединское и других установлено, что при выходе керна менее 80—85% абсолютное содержание железа завышается на 0,3—1%, что существенно влияет на показатели обогащения руд, и в первую очередь на выход концентрата. Аналогичное явление отмечено для руд некоторых магнетитовых месторождений — Северогороблагодатского, Лебяжинского.

Для руд месторождений медно-порфировой формации установлено, что при выходе керна 80—90% содержание меди занижается на 8—12%, молибдена — на 15—25%, а для окисленных руд тех же месторождений эти значения вдвое больше.

На некоторых полиметаллических месторождениях выявлено избирательное истирание безрудных прослоев, как правило, представленных графитсодержащими алевролитами, аргиллитами, сланцами. Это приводит к завышению содержаний полезных компонентов на 5—15% при выходе керна 70—80%.

Действующими инструкциями по применению классификации запасов предусматривается, что при выходе керна менее 70% бурение должно браковаться. Эта величина установлена, однако, не столько

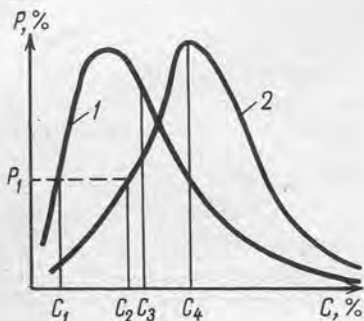


Рис. 19. Распределение содержаний C в пробах при наличии (1) и отсутствии (2) избирательных потерь: C_1 и C_2 — бортовые содержания (C_2 — завышенное) и соответствующая им вероятность P_1 по искаженному и истинному распределению; C_3 и C_4 — средние содержания по искаженному (1) и истинному (2) распределениям

в целях обеспечения качества опробования, сколько с расчетом исключения серьезных ошибок в геологических построениях.

На тех месторождениях, где руды подвержены избирательному истиранию, должны быть выполнены специальные исследования по выявлению зависимости величины потерь от выхода керна и приниматься все меры, обеспечивающие повышение надежности результатов опробования. Соблюдение указанного в инструкциях 70%-ного лимита не может рассматриваться как гарантия отсутствия таких потерь и достоверности опробования.

Величина избирательных потерь, как правило, зависит от исходного содержания полезных компонентов в руде. Для низких и близбортовых классов содержаний относительная величина потерь обычно очень велика и может составлять 80—100% от исходного содержания. Иначе говоря, в пробах руд с содержанием несколько выше бортового может систематически определяться содержание ниже борта или устанавливаться полное отсутствие ценного компонента.

В более высоких классах содержаний величина относительных потерь обычно уменьшается до первых процентов. В самых богатых классах величины потерь снова может увеличиваться.

В целом избирательные потери приводят как бы к смещению статистического распределения содержаний в пробах — влево от истинного положения (рис. 19). При этом возрастают частоты низких бортовых классов, снижаются частоты высоких, смещается в сторону низких классов мода и снижается значение среднего. Использование искаженных данных в подсчете запасов ведет не только к снижению среднего содержания, но и как бы к «ужесточению» бортового лимита, что может обуславливать существенное занижение объема промышленных руд.

На Сорском молибденовом месторождении специальными исследованиями, подтвержденными длительным опытом эксплуатации, было доказано, что избирательное истирание керна предопределяет относительное занижение не только среднего содержания примерно на 30%, но и объема промышленных руд в целом на 40%, т. е. занижение запасов молибдена почти в 2 раза.

Погрешности опробования, возникающие за счет избирательного истирания керна, имеют, как правило, большие абсолютные значения и встречаются чаще, чем противоположные по знаку погрешности, связанные с избирательным выкрашиванием при отбойке бороздовых проб в горных выработках. Кроме того, технические мероприятия по повышению качества керна и снижению избирательного истирания труднее осуществимы.

Как показывает опыт многолетних научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проводившихся на Сорском месторождении, в принципе могут быть созданы устройства, обеспечивающие практически свободное от избирательных потерь опробование шлама бескерновых скважин. Однако переход на бескерновое бурение в условиях разведки для широкого круга месторождений неприемлем. Обеспечить же качественное опробование керновых скважин, даже при условии комплексного опробования керна и шлама, в настоящее время не удастся. Поэтому остается обязательной контрольная заверка данных кернового опробования другими способами с обоснованием при необходимости поправочных коэффициентов.

В качестве контрольных способов для колонковых скважин наиболее надежными являются валовое опробование по горным выработкам или шламовое канатно-ударных или шарошечных скважин большого диаметра.

Эти прямые методы заверки безусловно надежны, однако требуют большого объема работ, так как для устранения влияния природной изменчивости содержаний по керновым, а также заверочным пробам число последних должно быть достаточно велико. При этом необходимо иметь в виду, что проведение специальных работ по заверке с проходкой большого объема тяжелых горных выработок, естественно, снижает общую эффективность разведки. Поэтому на практике прямая заверка бурения горными выработками осуществляется чаще всего в небольших объемах и фактически оказывается малоубедительной.

Привлечение дополнительных, косвенных данных по близко расположенным выработкам и скважинам может несколько увеличить число сопоставимых пар, но на результатах сопоставления здесь также будет сказываться природная неоднородность оруденения.

При разведке некоторых месторождений для оценки влияния избирательного истирания наряду с опробованием керна дополнительно используется опробование шлама, улавливаемого при бурении скважин специальными устройствами. Обогащение или обеднение шлама полезным компонентом по сравнению с керном служит доказательством наличия избирательного истирания. Этот метод также обладает некоторыми недостатками, так как при различном режиме промывки скважин шлам может выноситься либо практически полностью, либо избирательно в зависимости от размеров частиц и их объемной массы.

Наиболее простым, но ориентировочным и приближенным способом оценки возможного избирательного истирания является построение графиков зависимости содержания металла в керновых пробах от выхода керна по опробованным интервалам. Если с уменьшением или увеличением выхода керна не устанавливаются изменения содержаний, то, вероятнее всего, на месторождении при бурении не происходит избирательного истирания керна. Напротив, при выявлении четкой зависимости между выходом керна и содержанием полезного компонента избирательное истирание весьма вероятно, хотя в отдельных случаях могут наблюдаться и отклонения от этой закономерности. Например, уменьшение выхода керна может быть обусловлено развитием процессов окисления, охватывающих всю верхнюю часть месторождения или проникающих вглубь по отдельным тектонически ослабленным зонам. Однако процессы окисления могут приводить как к обогащению, так и к обеднению оруденения полезными компонентами. Поэтому снижение выхода керна по более мягким породам и снижение или увеличение в них содержания полезных компонентов не обязательно будет связано с избирательным истиранием.

Эти зависимости могут также искажаться при закономерной смене с глубиной или на флангах минеральных ассоциаций руд обусловленной стадийностью минералообразования и т. д.

Взаимосвязь истирания руд при бурении и содержаний компонентов положена в основу оценки избирательного истирания керна с помощью его искусственного истирания. Установление зависимостей в изменении содержаний по мере искусственного истирания рудного вещества является веским доказательством наличия избирательного истирания, и наоборот. Однако данный метод непостоянно имитирует процесс истирания рудного вещества при бурении скважин, так как наибольшее истирание керна при бурении происходит не в процессе вращения обломков керна в колонковой трубе, а при отрыве его от материнской породы по ослабленным тектоническим зонам, рудным прожилкам и слоям.

Статистически наиболее надежные данные по заверке бурения получаются при сопоставлении результатов подсчета запасов выполненных раздельно по данным горных и буровых работ в целом по месторождению или отдельным его частям. Единую методику рекомендовать здесь трудно, поскольку на результаты сопоставления могут влиять различные факторы: неравномерное размещение горных и буровых выработок по площади месторождения, и особенно с глубиной, вертикальная или горизонтальная зональность оруденения и др. Например, при разведке Воздвижковского полиметаллического месторождения на горизонтах горных работ достаточно широко использовалось горизонтальное бурение. При сопоставлении результатов кернового и бороздowego опробования выяснилось, что среднее содержание свинца по керновым пробам на 5% ниже, чем по бороздовым, а цинка, наоборот, выше.

37%. На основе этого авторы подсчета запасов предложили ввести поправочные коэффициенты для данных опробования подземных скважин, равные соответственно 1,05 и 0,66. Однако на месторождении не было установлено, что в трубообразных рудных телах наблюдается отчетливая горизонтальная зональность: центральные части обогащены свинцом, а зальбанды — цинком. Следует отметить также, что в горных выработках бороздами опробовались прежде всего центральные части рудных тел, а краевые повсеместно оказались неопробованными. В то же время скважины пересекали рудные тела на полную мощность. В результате бороздовое опробование неизбежно приводило к завышению содержаний свинца по сравнению с данными, полученными по керновым пробам, отобраным на полную мощность.

Таким образом, при выполнении работ по заверке кернового опробования необходимо учитывать все обстоятельства, влияющие на результаты сопоставления.

ЗАВЕРКА ОПРОБОВАНИЯ ШЛАМА

Избирательное обогащение или обеднение шламовых проб может происходить вследствие неоднородного строения оруденения и различных физических свойств руд и пород, вскрываемых при канатно-ударном или шарошечном бурении. Поэтому неизменным условием применения при разведке этих двух видов бурения должна быть кавернометрия, фиксирующая наличие вывалов в стенках скважин. Если такие вывалы отсутствуют и массы шламовых проб соответствуют теоретическим, систематических погрешностей при таком виде опробования обычно не возникает. Однако и наличие вывалов и каверн в стенках скважин также еще не дает оснований для того, чтобы считать, что при бескерновом бурении происходит искажение параметров рудных тел.

Заверка бескерновых скважин, которые бурят, как правило, при небольших глубинах залегания рудных тел, обычно производится с помощью проходки шурфов по осям скважин и валового опробования этих горных выработок.

С целью сокращения объемов проходки таких шурфов и максимального исключения влияния неравномерности оруденения, вдоль стенок или по углам предполагаемых шурфов могут быть пробурены дополнительные скважины, что позволяет увеличить число шламовых проб, участвующих в сопоставлении. При больших глубинах залегания рудных тел или неблагоприятных инженерно-геологических условиях (например, при разведке погребенных россылей) для контроля шламового опробования могут использоваться скважины ударно-механического бурения большого диаметра (~500 мм), массы проб по которым заведомо больше масс рядовых проб.

Результаты сопоставления основного и контрольного опробования обрабатываются статистическими методами.

Необходимо указать на одну не всегда учитываемую особенность применения этих методов. Как известно, всякий статистический критерий строится по определенной гипотезе, которой противостоится некоторая альтернатива. Отклонение гипотезы, являющейся в действительности верной, называется ошибкой первого рода, принятие же гипотезы, когда верна ее альтернатива, — ошибкой второго рода. Чем больше выбирается закладываемая статистические расчеты доверительная вероятность, тем меньше оказывается вероятность ошибки первого рода. Обычно при доверительной вероятности 0,95 и более ошибка первого рода полагается практически невозможной. Но с увеличением доверительной вероятности растет вероятность ошибки второго рода.

Практический смысл задачи статистического сравнения данных основного и контрольного опробования заключается, очевидно, в выявлении систематического расхождения, если оно имеется. Следовательно, проверяемая гипотеза, строго говоря, должна формулироваться как «наблюдаемое расхождение систематично» по альтернативе его случайности. Однако все известные статистические критерии построены по гипотезе «наблюдаемое расхождение случайно» при альтернативе его систематичности. Поэтому чем выше выбирается доверительная вероятность статистического решения, тем большей, а не меньшей оказывается вероятность признания систематической в действительности ошибки за случайной (вероятность ошибки второго рода).

Из сказанного следует, что, во-первых, любая статистическая обработка не свидетельствует однозначно об отсутствии систематической ошибки, показывая лишь возможность квалификации наблюдаемого расхождения как случайного, а во-вторых, при доверительной вероятности, определяющей отнесение расхождения к случайному или систематическому, исходя из смысла задачи, должен, по-видимому, выбираться близким к единице.

Рассматривая результаты статистической обработки с учетом вероятной величины систематической ошибки и возможных последствий использования искаженных данных в подсчете запасов, необходимо определить приемлемость выбранной авторами величины доверительной вероятности и по разности расчетного значения статистического критерия и его табличного значения для соответствующего уровня сделать заключение об отсутствии систематической ошибки.

Следует иметь в виду, что «чувствительность» статистических методов к выявлению систематических ошибок тем выше, чем ниже уровень дисперсий средних величин в основном и контрольных рядах. Поскольку значение дисперсий обратно пропорционально числу наблюдений, в спорных случаях необходимо прежде всего увеличивать объем сопоставлений или изыскивать дополнительные

геологическую информацию, подтверждающую или опровергающую возможность систематической погрешности.

Контрольное опробование в принципе может быть осуществлено по двум схемам: с предельным сближением (совмещением) в пространстве основных и контрольных проб (бороздовое и валовое опробование выработки, проходка выработки по стволу скважины, бурение скважины большего диаметра по меньшей) или путем разведки достаточно крупного блока самостоятельными сетями с независимым отбором основных и контрольных проб (по горным выработкам и скважинам, колонковым и ударно-канатным скважинам).

Важно подчеркнуть, что сопоставление данных и их обработка должны в этих случаях проводиться по совершенно различным методикам.

Если пункты отбора проб не совпадают, но опробуемый массив достаточно равномерно охарактеризован обоими способами опробования, необходимо сравнить две оценки среднего содержания в массиве. Так как оценка содержания в массиве всегда производится со взвешиванием по мощности опробованных пересечений, то следует оценить значимость расхождения двух средневзвешенных оценок по критерию

$$t = \frac{c_1 - c_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}} > t_{\text{табл}}, \quad (2)$$

где t — расчетное значение критерия; c_1 и c_2 — средневзвешенные по мощности значения содержания по каждому из сравниваемых способов опробования; S_1^2 и S_2^2 — дисперсии этих средневзвешенных оценок; N_1 и N_2 — число опробованных пересечений в каждом из сравниваемых способов; $t_{\text{табл}}$ — табличное значение критерия Стьюдента для заданной доверительной вероятности (табл. 5).

Дисперсии S_1^2 и S_2^2 находят по общей формуле

$$S^2 = \frac{S_{mc}^2 + c_{вз}^2 S_m^2 - 2c_{вз} r S_{mc} S_m}{m^2 n}, \quad (3)$$

где S^2 — дисперсия взвешенной на мощность оценки содержания; S_{mc}^2 — дисперсия метропроцентов; $C_{вз}$ — средневзвешенное на мощность содержание; S_m^2 — дисперсия мощности; r — коэффициент корреляции мощностей и содержаний по пересечениям рудного тела; m — средняя мощность рудного тела; n — число разведочных пересечений.

На практике необходимостью сравнения взвешенных оценок нередко пренебрегают и, используя выражение (2), подставляют в него среднеарифметические значения средних и соответствующие дисперсии. В этом случае эксперту необходимо проверить корректными расчетами правильность заключения о значимости или незначимости наблюдаемого расхождения.

При значительной природной изменчивости содержаний для верки основного опробования указанным способом требуется достаточно большое число основных и контрольных проб в блоке, иначе результат может оказаться неопределенным. В то же время обеспечение этого условия, особенно для горных работ, сопряжено с большими затратами и не всегда осуществимо.

Рассмотрим следующий пример. На одном из ртутных месторождений заверка kernового опробования была осуществлена путем разведки двух обособленных блоков скважинами и ортами одновременно. Среднее содержание в первом блоке по 18 ортам составило 0,44%, а по 11 скважинам — 0,37%. Превышение содержания ортам над таковым по скважинам предположительно связывалось избирательным истиранием керна. Расчетное значение критерия по формуле (2) оказалось равным 1,75 при табличном для уровня значимости 0,05—2,05. Это позволило отнести указанное расхождение к случайному. Однако количество данных, участвовавших в сопоставлении, было небольшим, а расчетное значение критерия t и незначимо, но довольно велико, что обуславливало некоторую определенность решения. Во втором блоке была пробурена 31 скважина и пройдено 27 ортов, средние содержания по которым составили соответственно 0,31 и 0,26%, т. е. знак расхождения был обратным. Статистическая обработка показала, что в данном случае $t = 1,06$ при табличном для этой выборки уже для уровня значимости 0,1—1,64. Полученные данные позволили уверенно отнести наблюдаемые расхождения к случайным.

Особенность рассматриваемого месторождения заключалась в распределении оруденения: киноварь в виде тонкой и относительно равномерной вкрапленности пропитывала плотные джеспилиты. В таких условиях избирательное истирание керна и выкрашивание бороздовых пробах действительно было маловероятным.

Во второй схеме контрольного опробования заверка проводилась путем отбора основных и контрольных проб в пределах одной из тех же разведочных пересечений. При этом сопоставляются в действительности сближенные в пространстве пары частных проб, характеризующие один и тот же интервал пересечения рудного тела. Для основных и контрольных проб в паре должны совпадать. На практике при заверке kernового опробования валовым по проходке соосно горной выработке точного совпадения интервалов и для валовых и kernовых проб добиться трудно, но необходимо. Случайные отклонения в пределах 10—20% могут быть, по-видимому, признаны допустимыми.

Результаты анализа каждой пары совмещенных проб могут рассматриваться как единичный замер возможной систематической погрешности. Соответственно, общее расхождение по всем пробам должно оцениваться разностью среднеарифметических содержаний по основному и контрольному опробованию. Значимость систематичности этой разности может быть оценена по выражению

Таблица 5

Допустимые значения критерия Стьюдента t при данном числе наблюдений n и уровне значимости α

n	α				n	α			
	0,3	0,2	0,1	0,05		0,3	0,2	0,1	0,05
5	1,16	1,48	2,02	2,57	18	1,07	1,33	1,73	2,10
6	1,13	1,44	1,94	2,45	19	1,06	1,33	1,73	2,09
7	1,12	1,42	1,90	2,37	20	1,06	1,33	1,73	2,09
8	1,11	1,40	1,86	2,31	21	1,06	1,32	1,72	2,08
9	1,10	1,38	1,88	2,26	22	1,06	1,32	1,71	2,07
10	1,09	1,37	1,81	2,23	23	1,06	1,32	1,71	2,07
11	1,09	1,36	1,80	2,20	24	1,06	1,32	1,71	2,06
12	1,08	1,36	1,78	2,18	25	1,06	1,32	1,71	2,06
13	1,08	1,35	1,77	2,16	26	1,06	1,32	1,71	2,06
14	1,08	1,35	1,76	2,15	27	1,06	1,31	1,70	2,05
15	1,07	1,34	1,75	2,13	28	1,06	1,31	1,70	2,05
16	1,07	1,34	1,75	2,12	29	1,06	1,31	1,70	2,05
17	1,07	1,33	1,74	2,11	30	1,06	1,31	1,70	2,05

Может быть использован также критерий, основанный на предположении, что при отсутствии систематической погрешности математическое ожидание разности двух замеров равно нулю. Критерий t строится следующим образом:

$$t = \frac{|\bar{\Delta}|}{\sqrt{S_{\Delta}^2}} < t_{\text{табл}},$$

где $\bar{\Delta}$ — среднее значение разности содержаний по сопоставляемым парам проб; S_{Δ}^2 — дисперсия этой разности; $t_{\text{табл}}$ — табличное значение критерия Стьюдента для выбранной доверительной вероятности и числа сопоставляемых пар.

Однако обе эти процедуры оценивают систематичность расхождения в **среднем** и для данного ряда сопоставлений.

В реальных условиях величина систематической погрешности, как уже указывалось, зависит от содержания, а следовательно, общее расхождение по сопоставляемым рядам зависит от того, какие содержания преобладают в вошедших в ряды пробах. При этом влияние выявляемой систематической погрешности на результат подсчета запасов может быть правильно оценено только в том случае, когда частоты проб разных классов содержания в ряду контролируемых проб и в подсчете запасов в целом совпадают.

Рассмотрим такой пример. На золоторудном месторождении, представляющем собой сложный штокверк кварц-сульфидных прожилков в углеродистых сланцах, заверка kernового опробования была выполнена валовым опробованием соосных восстающих, которые проходились по стволам скважин. В парном сопоставлении участвовало 90 пар kernовых и валовых проб.

Таблица 6

Результаты сопоставления кернового и валового опробования

Показатель	Классы содержаний по керновому опробованию, г/т						Среднее
	<1	1-2	2-3	3-5	5-10	>10	
Среднее содержание, г/т, по пробам:							
керновым	0,5	1,6	2,5	3,7	6,1	13,3	3,0
валовым	2,4	2,6	3,2	3,1	2,9	3,8	2,7
Разность, г/т	+1,9	+1,0	+0,7	-0,6	-3,2	-9,5	0,3
Частота керновых проб, %	20	15	19	24	17	2	

Как видно из табл. 6, в целом по сопоставлению наблюдается относительное завышение содержания в керновых пробах примерно на 10%, что предположительно могло быть связано с избирательными потерями из керна вещества более мягких и хрупких вмещающих сланцев. Однако знак расхождения для разных классов непостоянен и закономерно меняется от плюса для классов с содержанием менее 3 г/т до минуса при более высоких содержаниях. Распределение проконтролированных керновых проб характеризуется преобладанием средних классов (модальный класс 3—5 г/т) и не соответствует распределению проб, участвующих в подсчете запасов, где преобладают пробы более низких классов.

Учитывая это несоответствие, эксперт путем взвешивания частотам оценил средние значения по керновому и валовому опробованию и их расхождение для совокупности керновых проб, определенной согласно с участвующими в подсчете запасов. Оказалось, что содержание по керновым пробам будет не только завышено, а занижено относительно валовых и, следовательно, проведенное контрольное опробование не подтверждает предположение об избирательном истирании керна.

Приняв менее дисперсионные данные валового опробования в качестве аргумента, эксперт нашел средние содержания и размахи колебаний содержаний по керновым пробам, сопряженным с валовыми данными того класса (табл. 7).

Таблица 7

Результаты сопоставления валового и кернового опробования при взвешивании по частотам содержаний

Показатель	Классы содержаний по валовым пробам, г/т			
	1-2	2-3	3-5	5-10
Среднее содержание, г/т, по пробам:				
валовым	1,6	2,5	3,7	5,7
керновым	2,2	3,1	3,7	4,3
Размах содержаний в сопряженных керновых пробах, г/т	0,2—7,2	0,1—15,5	0,2—7,4	1,1—11,1
Число пар	19	42	20	7

Как следует из табл. 6, при таком сопоставлении зависимость величины расхождения от класса содержания приобретает обратный характер: при низких содержаниях данные кернового опробования оказываются завышенными относительно таковых валового. В то же время размах содержаний по керновым пробам в каждом из классов очень высок и для единичной пары валовой и керновой проб последняя практически может иметь любое содержание. Соответственно определенное заключение о величине расхождения возможно только для достаточно большого числа сопоставляемых пар, и данные класса 5—10 г/т нельзя считать представительными. Одновременно оказалось, что путем исключения в низших классах лишь двух наиболее высоких керновых проб можно практически устранить расхождение средних по керновым и валовым пробам, причем аппроксимирующая прямая на графике регрессии пройдет через начало координат (рис. 20). Приведенные данные дополнительно подтвердили отсутствие систематического завышения результатов по опробованию керна.

В том случае, когда заведомо известно, что величина расхождения для разных классов значений непостоянна, статистически корректное заключение о наличии или отсутствии систематического расхождения между двумя рядами может быть сделано методами регрессивного анализа.

В строгой, аналитической форме гипотеза об отсутствии статической связи между результатами опробования регрессионным методом проверяется по критериям t_A и t_B :

$$t_A = \frac{|A - 1| \cdot S_k}{S_o} \sqrt{\frac{N - 2}{1 - r^2}} < t_{\text{табл}};$$

$$t_B = \frac{B \cdot S_k}{S_o} \sqrt{\frac{N - 2}{C_o(1 - r^2)}} < t_{\text{табл}},$$

где A и B — коэффициенты линейной регрессии, выводимые из выражений $A = \bar{C}_k - B\bar{C}_o$, $B = \frac{\sum(C_{io} - \bar{C}_o)(\bar{C}_{ik} - \bar{C}_k)}{\sum(C_{io} - \bar{C}_o)^2}$; S_k и S_o — стандар-

ты отклонения результатов соответственно контрольного и основного опробования; N — число пар сопоставлений; r — коэффициент корреляции результатов основного и контрольного опробования; C_{io} и C_{ik} — частное содержание по основному и контрольному опробова-

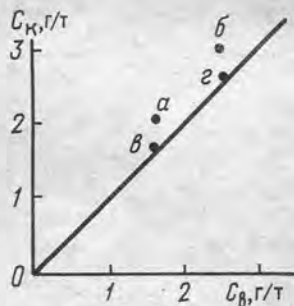


Рис. 20. График регрессии данных кернового C_k и валового C_b опробования:

$a, б$ — точки средних содержаний по классам без исключения ураганных керновых проб; $в, г$ — исправленные точки

нию; \bar{C}_0 и \bar{C}_k — среднее содержание по основному и контрольному опробованию; $t_{\text{табл}}$ — табличное значение критерия Стьюдента.

Контрольное опробование валовым методом для заверки данных бурения — сложная и дорогостоящая операция. Поэтому к технике этого процесса должны предъявляться самые жесткие требования. Должен быть организован тщательный учет отбитой горной массы и исключены потери руды, обеспечен тщательный контроль за обработкой и сокращением материала валовых проб, а также контроль аналитических определений. Неудовлетворительное качество работ по контрольному опробованию явилось причиной того, что представлявшиеся в ГКЗ материалы по Сорскому молибденовому месторождению, месторождениям Тырнауз и ряду других неоднократно возвращались для доработки.

Глава 6

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АНАЛИТИЧЕСКИХ РАБОТ

Качество аналитических работ оценивается путем проведения контрольных анализов и сопоставления полученных результатов с данными рядовых анализов.

Контроль анализов включает в себя три вида контроля: внутренний, внешний и арбитражный.

Внутренний геологический контроль осуществляется путем анализа зашифрованных проб тем же методом, что и основной анализ, и в той же лаборатории. Он предназначен для выявления случайных погрешностей рядовых анализов. Предельно допустимые значения случайных погрешностей по каждому классу содержаний определенных элементов установлены Научным Советом Аналитическим методам (НСАМ) и приведены в Инструкции ГКЗ СССР по применению классификации запасов к месторождениям различных видов минерального сырья.

Внутренний контроль должен проводиться регулярно в течение всего периода разведки месторождений в объеме, достаточном для статистической обработки по каждому из выделенных классов содержаний и по каждому периоду разведки. На выполнение этих требований экспертиза обращает особое внимание.

При большом количестве анализов на контроль направляется 5% проб, при общем числе проб менее 2000 за год — не менее 30 проб по каждой обрабатываемой выборке. Результаты сопоставления основных и контрольных анализов обрабатываются год, за полугодие или квартал.

Пробы делятся на классы содержаний по результатам основных анализов. Абсолютная величина случайной погрешности σ оценивается по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(C_{i0} - C_{ik})^2}{2N}}, \quad (4)$$

где C_{i0} и C_{ik} — содержания компонента по рядовому и контрольному анализам; N — число сопоставляемых пар анализов.

Относительная величина случайной погрешности δ (в%) вычисляется следующим образом:

$$\delta = 100\sigma/\bar{C}, \quad (5)$$

где \bar{C} — среднее содержание компонента, вычисленное по всем рядовым и контрольным определениям.

Если полученные с помощью таких расчетов значения относительной случайной погрешности превышают указанные в инструкции, результаты анализов в данном классе содержаний считаются браком, и анализы должны выполняться заново.

Оценка достоверности аналитических работ в материалах подсчетов запасов показывает, что в большинстве случаев объем контрольных анализов в целом достаточен. Однако для отдельных классов содержаний (обычно наиболее высоких) и отдельных периодов (как правило, самых ранних) наблюдается дефицит контрольных анализов. В основном это связано с недостатком в начале разведочных работ сведений о фактическом распределении оруденения на месторождении, а также с упущениями в организации работ. В этом случае авторам подсчетов запасов приходится проводить обработку результатов анализов за более крупные периоды времени, с тем чтобы набрать достаточный статистический материал.

При рассмотрении ГКЗ СССР материалов подсчетов запасов еще отмечают случаи неудовлетворительной воспроизводимости анализов. Так, при анализе материалов по Кимперсайской группе месторождений установлено, что в классе содержаний никеля $>0,10\%$ случайные погрешности, превышающие норму, выявлены для лабораторий Восточно-Уральской ГРЭ, Центральной лаборатории ПГО «Запказгеология», лаборатории Кимперсайского рудоуправления. По Центральной лаборатории Управления геологии АзССР установлены недопустимые случайные погрешности в определениях меди, свинца и цинка за длительные периоды работы. При первом рассмотрении подсчета запасов по Нежданенскому месторождению было указано на наличие высоких случайных погрешностей за многие периоды по основному классу содержаний. При повторном утверждении запасов авторы изменили границы классов, что позволило завуалировать имевшиеся в прошлые годы недопустимые случайные погрешности. Однако экспертиза легко установила эти недостатки работы аналитической лаборатории.

Внешний геологический контроль выполняется путем анализа дубликатов рядовых проб, которые уже прошли внутренний контроль. Для каждой лаборатории, проводящей рядовые анализы, контролирующая лаборатория утверждает Мингео СССР. При

этом по каждому виду аналитических исследований выделяется от двух до девяти контролирующих лабораторий с учетом их специализации и объема выполняемой работы. Внешний контроль контролирующих лабораторий производится по замкнутому кругу, каждая лаборатория является контролирующей для предыдущей и контролируется последующей.

Внешнему контролю подлежат все виды количественных определений минерального сырья. Пробы с выдающимися содержаниями, различающимися по данным рядового и контрольного (внутреннего) определений более чем на 3δ, внешнему контролю не подвергаются.

Объем, периодичность и распределение по классам содержаний внешних контрольных анализов такие же, как и при внутреннем контроле. Контролирующей лаборатории результаты рядовых проб не сообщаются, но указывается метод анализа. Контрольные анализы обычно выполняются принципиально другим, наиболее точным методом.

Данные внешнего контроля обрабатываются в течение минимального периода (квартал, полугодие) отдельно по лабораториям, производившим основные анализы. Пробы разделяются на классы по результатам основных анализов. Для каждого класса содержаний по результатам анализов не менее 30—40 проб вычисляются значения расхождений с учетом знака по формулам

$$d = \Sigma(C_{i0} - C_{ik})/N \text{ и } \bar{d} = 100d/\bar{C}_0,$$

где d — расхождение в абсолютных единицах; \bar{d} — относительное расхождение; C_{i0} и C_{ik} — содержания компонентов в i -й пробе, определенные соответственно в основной и контролирующей лабораториях (C_{ik} — среднее из двух определений — рядового и внутреннего контрольного); N — число сопоставляемых пар определений; \bar{C}_0 — средняя концентрация компонента в N пробах по определениям в основной лаборатории.

Оценка систематичности расхождения производится с помощью t -критерия Стьюдента по формуле

$$t = \frac{|d| \sqrt{N}}{S_d},$$

где S_d — выборочное среднеквадратичное отклонение, рассчитываемое по выражению

$$S_d = \sqrt{\frac{\Sigma(d_i - \bar{d})^2}{N - 1}}.$$

Если значение t , полученное экспериментальным путем, больше $t_{\text{табл}}$, то расхождение анализов следует считать значимым, а наличие систематической погрешности установленным. Если выявлены систематические расхождения оказывают влияние на результаты подсчета запасов, организуется арбитражный контроль.

Обычно значение t выбирается для 5%-ного уровня значимости. Однако здесь следует иметь в виду, что рассматриваемый критерий построен по гипотезе «расхождение случайно» при альтернативе систематичности, а следовательно, выбор высокого уровня значимости увеличивает вероятность ошибки второго рода (пропуск в действительности систематического расхождения). Поэтому в ответственных случаях пороговую величину t можно принимать и меньшей, соответствующей 10—30%-ному уровню значимости.

Внешний контроль может быть заменен внутрилабораторным контролем стандартных образцов состава (СОС), изготовленных из материала разведываемого месторождения или его аналога. Стандартные образцы поступают в основную лабораторию в зашифрованном виде. Результаты анализов СОС обрабатываются в соответствии с методическими материалами НСАМ.

Внешний контроль (так же, как и арбитражный) твердых негорючих полезных ископаемых должен проводиться раздельно по следующим компонентам:

1) силикатные и карбонатные породы, апатит, фосфориты, бокситы, флюорит, соли и другие породы, руды черных и цветных металлов;

2) редкие и рассеянные элементы;

3) золото, серебро, платиноиды.

Рассмотрение материалов подсчетов запасов показывает, что несоответствие объемов внешних контрольных анализов и методики их обработки инструкциям устанавливается редко. В то же время значимые систематические погрешности по основным классам содержаний и за длительные периоды выявляются достаточно часто. Так, только в 80-е годы для Центральной лаборатории ПГО «Запказгеология» и химической лаборатории Кимперсайского рудоправления по 9 проконтролированным периодам работы из 16 отмечались значимые систематические отклонения в сторону завышения на 6—10% содержаний никеля по 60% проб, участвующих в подсчете запасов.

В эти же годы ГКЗ СССР указала на низкое качество аналитических работ при рассмотрении запасов по Каральвеевскому, Высоковольтовскому, Холоднинскому, Майскому и некоторым другим месторождениям.

При экспертизе необходимо обращать внимание на соответствие использованной контрольной лаборатории утвержденному перечню. Следует иметь в виду, что произвольно выбранная, даже очень квалифицированная лаборатория может давать систематическую погрешность при анализе определенных руд.

Арбитражный геологический контроль выполняется только в том случае, когда по данным внешнего контроля выявлены значимые систематические расхождения. Для него используются дубликаты рядовых проб, для которых имеются результаты основных и контрольных анализов. На арбитражный контроль направляется такое

количество проб, которое достаточно для надежной статистической обработки (30—40 для каждого класса).

Арбитражный контроль производится в наиболее авторитетных лабораториях при научно-исследовательских организациях, которые утверждены в качестве арбитражных Министерством геологии СССР.

СОС (при наличии) обязательно включаются в число проб, контролируемых в арбитражной лаборатории.

Методика сопоставления результатов арбитражного контроля с данными рядового и внешнего контрольных анализов та же, что и для внешнего геологического контроля.

При выявлении систематических погрешностей результатов основных анализов для них вводятся соответствующие поправочные коэффициенты или они бракуются и основные анализы после устранения причин расхождений выполняются заново. Небольшие поправки — при относительных расхождениях, измеряемых первыми процентами, — обычно не вводятся. В целом же вопрос о введении поправок решается в каждом конкретном случае отдельно при рассмотрении подсчетов запасов ГКЗ СССР.

Оценивая качество аналитических работ по результатам рассмотрения подсчетов запасов ГКЗ СССР, следует указать, что в целом оно недостаточно высокое. Более чем для 60% рассмотренных в 1980—84 гг. объектов, разведанных Министерством геологии СССР, ГКЗ СССР сделала замечания о неудовлетворительной воспроизводимости анализов по отдельным периодам работы и классам содержаний. Около трети объектов характеризуются наличием систематических погрешностей по отдельным контрольным партиям проб. Отмечались случаи возврата материалов на доработку в связи с неудовлетворительным качеством анализов по большому числу проб (месторождения Корпангское, Джилау, Холоднинское). Для некоторых объектов к данным геологических анализов ГКЗ СССР была вынуждена применить поправочные коэффициенты.

Анализы попутных компонентов, а также некоторые нерядовые виды анализов, например фазовые, не обеспечиваются внутренним и внешним контролем, что влияет на оценку подготовленности запасов к промышленному освоению. Так, не были проведены контрольные анализы на попутные медь и свинец на Эжучекском месторождении, из-за чего запасы этих компонентов были утверждены лишь по категории S_2 . Не были проконтролированы фазовые анализы на Кацадагском, Карагайлинском и других месторождениях, что осложнило их промышленную оценку.

Необходимо также отметить, что методика выполнения фазовых анализов для полиметаллических руд в настоящее время разработана слабо. Требуется улучшение методика фазовых анализов медных месторождениях. На Учкулачском месторождении (участок Центральный) методика анализов не была согласована с НСАМ

несла в себе систематическую ошибку. На Холоднинском месторождении в разные этапы его разведки использовались разные методики фазовых анализов, дававшие резко различные результаты.

Обращает также на себя внимание, что в практику разведки слабо внедряются прогрессивные методы анализа руд.

Как следует из приведенных в табл. 8 данных, практически для всех элементов используются преимущественно химические анализы — дорогостоящие, трудно поддающиеся автоматизации, а для некоторых элементов и уступающие в точности современным ядерно-физическим методам.

Таблица 8

Соотношение (в %) различных видов анализов, использованных при подсчете запасов рудных месторождений, рассмотренных ГКЗ СССР в 1980—86 гг.

Компоненты	Анализы							
	хими- ческие	про- бирные	поля- рогра- фичес- кие	коло- фото- метри- ческие	спек- раль- ные	рент- ген-ра- диомет- ричес- кие	атомно- абсорб- цион- ные	фото- нейтрон- ные
<i>Основные:</i>								
Au, Ag	—	78	—	—	—	—	22	—
Cu, Pb, Zn	76	—	16	—	8	—	—	—
W, Mo, Sn, Bi	57	—	4	8	17	14	—	—
Ta, Nb	50	—	—	25	25	—	—	—
Ni, Co	100	—	—	—	—	—	—	—
Cr, Fe	100	—	—	—	—	—	—	—
<i>Попутные:</i>								
Cd, Bi	88	—	6	6	—	—	—	—
Be, Zr, Sn, Cs	20	—	—	—	80	—	—	—
Se, Fe, Re	83	—	5	—	12	—	—	—

Глава 7

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ

Геофизические методы обладают большими возможностями для решения различных задач, связанных с расшифровкой и уточнением геологического строения и структуры месторождения, поисками слепых рудных залежей, прослеживанием тел полезных ископаемых в пространстве между разведочными выработками и, наконец, получением количественных характеристик оруденения.

Применение геофизических методов при разведке месторождений постоянно расширяется. В последнее десятилетие свыше 60% подсчетов запасов, рассматривавшихся ГКЗ СССР, в той или иной мере опиралось на материалы геофизических исследований.

В процессе экспертизы геофизических материалов необходимо оценить, во-первых, качество выполненных геофизических работ, достоверность полученной информации и возможность ее использования в целях подсчета запасов, а во-вторых, эффективность применения этих методов в сравнении с обычными геологическими для решения поставленных задач: получения дополнительной информации, уточнения результатов или экономии затрат на производство горных или буровых работ, опробования и т. д.

Следует отметить, что действующие методические рекомендации по разведке месторождений не исключают параллелизма в решении одних и тех же задач геологическими и геофизическими методами, а в практике работ проявляется тенденция к широкому комплексированию различных геофизических методов, хотя нередко оказывается, что ценную для подсчета запасов информацию дают лишь немногие из них. При этом выполненные геофизические работы в значительной части оказываются излишними, что ведет лишь к напрасному удорожанию разведки в целом. Так, при разведке Стрежанского месторождения применялся комплекс каротаж, состоящий из КС, ПС, МСК, МЭП, ГК, ГК-П, однако практическое использование имели только данные МСК. При разведке Шилкинского месторождения использовались такие методы, как КС, ПС, МСК, ГК, ГК-П, ГК-С, РРК, а в отчете нашли отражение только результаты РРК.

Требования к геофизическим материалам, представляемым на рассмотрение ГКЗ СССР, изложены в соответствующей инструкции [11]. Однако самый общий характер этих требований позволяет авторам подсчетов запасов достаточно субъективно подходить как к содержанию, так и к форме включаемых в отчеты геофизических материалов. Вследствие этого полнота и содержание таких материалов иногда оказываются недостаточными для заключения о качестве и достоверности полученных результатов (Дарьинское месторождение и др.)

Возросшая роль геофизических методов на всех стадиях геологоразведочного процесса вызывает необходимость разработки специальных регламентирующих требований к геофизическим материалам, используемым в отчетах с подсчетом запасов. В целом эффективность геофизических исследований должна определяться степенью использования получаемых данных для целей подсчета запасов.

УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Возможность и эффективность применения геофизических методов для решения различных геологических задач зависит от геологических особенностей месторождений, условий залегания руд, их вещественного состава, контрастности физических свойств руд

и вмещающих пород, физико-географических условий местности и т. д. (табл. 9).

Таблица 9

Методы скважинной геофизики и условия их применения на сульфидных месторождениях

Метод	Решаемые задачи	Дальность исследования от ствола скважины, м
Заряда (МЗ)	Обнаружение хорошо проводящих сульфидных и магнетитовых руд, определение их пространственного положения и масштабов, увязка рудных пересечений	500
Многочастотной индукционной электроразведки (ДЭМПИС)	Обнаружение массивных и прожилковых сульфидных рудных тел, определение их пространственного положения и деталей строения	80
Радиоволнового просвечивания (РВП)	Обнаружение хорошо проводящих рудных тел, определение их пространственного положения, контуров и морфологии	50—400 (в зависимости от проводимости просвечиваемых пород)
Естественного электрического поля (ЕП)	Обнаружение массивных и прожилковых сульфидных руд, определение их местоположения и протяженности на глубину	100
Вызванной поляризации	Обнаружение сульфидных (в том числе вкрапленных и убоговкрапленных) руд, определение их местоположения, предварительная оценка масштабов рудопроявлений	До 500 (в варианте заряда ВП)
Контактный поляризационных кривых (КСПК)	Определение минерального состава сульфидных руд, приближенная оценка размеров массивных и прожилковых сульфидных рудных тел, масштабов рудопроявлений, увязка рудных пересечений	—
Акустического прозвучивания (МАП)	Выявление и прослеживание кварцевых и пегматитовых тел и зон окварцевания, определение их пространственного положения, увязка жильных пересечений	80
Пьезоэлектрический (ПЭМ)	Обнаружение кварцевых тел, отличающихся высокой пьезоактивностью, определение их пространственного положения, размеров и морфологии	50
Трехкомпонентной магниторазведки (ТСМ)	Обнаружение магнетитовых рудных тел, определение их пространственного положения, контуров и деталей строения	150
Переходных процессов (МПП)	Обнаружение и оконтуривание массивных и прожилковых сульфидных рудных тел, выделение участков массивных сульфидных руд в зонах непромышленной вкрапленности	200

С точки зрения использования при решении задач разведки все геофизические методы могут быть разделены на **сопровождающие** горные или буровые работы с целью получения дополнительной, часто очень ценной информации и в той или иной мере **заменяющие** эти работы. К первым относятся всевозможные виды геофизических исследований в скважинах (ГИС), геофизические методы опробования на месте залегания и др. С помощью сопровождающих методов могут решаться задачи, связанные с изучением как ближайшего к горной выработке (скважине) пространства (каротаж, опробование), так и пространства между выработками или скважинами (просвечивание, прозвучивание, электрические методы корреляции разрезов).

Целесообразность и эффективность применения сопровождающих методов определяется, прежде всего, ценностью дополнительной получаемой информации.

Если эта информация реально включается в подсчет запасов и способствует уточнению его результатов, проведение сопровождающих геофизических исследований следует считать, безусловно, целесообразным.

Заменяющие геофизические методы используются для прояснения тел полезного ископаемого или геологических структур под наносами или перекрывающими породами.

По возможной глубинности исследования геофизические методы могут быть разделены на глубинные, средней и малой глубинности.

К глубинным относятся магнито-, грави-, сейсмо- и электрическая разведка (зондирование), глубинность которых в принципе ограничена. Ко второй группе принадлежат прочие методы электрозащелки: сопротивлений, естественного электрического поля, вызванной поляризации, переходных процессов и др. Глубинность исследований указанными методами ограничена и в неблагоприятных условиях может измеряться первыми десятками метров. В третью группу включаются радиометрические методы, глубинность которых составляет первые метры — десятки сантиметров.

Информация, получаемая при применении заменяющих методов, как правило, уступает в полноте и достоверности информации, получаемой при проходке горных выработок или бурении скважин. Поэтому целесообразность и эффективность этих методов при разведке должны оцениваться, прежде всего, по реально достигаемой экономии затрат от более эффективного использования горных и буровых средств. Указанные методы особенно эффективны при оценке флангов и глубоких горизонтов месторождений, предварительном выделении перспективных структур на новых слабоизученных площадях и т. п. Например, с помощью различных методов каротажа решаются следующие геологические задачи:

Расчленение пород	Каротаж сопротивления (КС); гамма-каротаж (ГК); при различии пород по плотности — гамма-гамма-каротаж плотностной (ГГК-П); при различии пород по пористости — нейтронный гамма-каротаж (НГК); при различии пород по магнитной восприимчивости — каротаж магнитной восприимчивости (КМВ)
Выделение зон дробления	При пониженном электрическом сопротивлении зоны — каротаж сопротивления (КС); при коллекторских свойствах зоны — метод потенциала собственной поляризации (ПС); при пониженной плотности зоны — гамма-гамма-каротаж плотностной (ГГК-П)
Выделение зон окварцевания	Гамма-каротаж (ГК)
Выделение магнетитовых руд	Электромагнитный каротаж (ЭМК); каротаж магнитной восприимчивости (КМВ); гамма-гамма-каротаж селективный (ГГК-С)
Выделение массивных сульфидных руд	Метод электродных потенциалов (МЭП); метод скользящих контактов (МСК)
Выделение вкрапленных сульфидных руд	Метод электродных потенциалов (МЭП)
Разделение углистых образований и зон сульфидной минерализации	Гамма-гамма-каротаж плотностной (ГГК-П); гамма-гамма-каротаж селективный (ГГК-С)

В целом можно указать следующие главные области применения геофизических методов при разведке:

- 1) картирование и прослеживание тел полезных ископаемых под наносами или перекрывающими породами;
- 2) подтверждение правильности увязки рудных тел и геологических структур в пространстве между разведочными пересечениями;
- 3) получение достоверных данных о качестве руд, а также уточнение геологического разреза при низком выходе керна или его избирательном истирании.

При решении задач *геологического картирования* и прослеживании рудоносных зон и рудных тел эффективность различных геофизических методов определяется особенностями залегания рудных тел и контрастностью физических свойств руд и вмещающих пород.

По условиям залегания месторождения могут быть разделены на три следующие группы:

- 1) с субгоризонтальным залеганием рудных тел (бокситы платформенного типа, осадочные месторождения железа, россыпные титана, золота, олова и др.);
- 2) с пологопадающими рудными телами и зонами;
- 3) с крутым падением рудных тел и рудоносных зон.

Указанные особенности обуславливают не только комплекс поверхностных геофизических методов, но и методику работ, и

сеть наблюдений. При субгоризонтальном залегании рудных тел ведущую роль играют методы, обеспечивающие детальное изучение месторождения по вертикали с выделением опорных и маркирующих горизонтов,— ВЭЗ, сейсморазведка. Эти же методы используются для изучения месторождений и прослеживания рудных тел по простиранию. При наличии в рудах минералов со специфическими свойствами для детального оконтуривания рудных тел в горизонтальной плоскости могут привлекаться другие методы: ВЭЗ, ВП, высокоточные магнито- и гравиразведка, реже ЕП.

При крутом падении рудных тел на первом месте из названных методов стоят методы и их модификации, позволяющие проводить детальное изучение прежде всего в горизонтальной плоскости: магниторазведка, различные модификации электропрофилирования, амплитудно-фазовые методы электроразведки, гравиразведка, радиокип, вызванной поляризации (в варианте профилирования) и т. п. Комплекс методов для месторождений с пологопадающими рудными телами состоит, как правило, из методов магнито-, электро- и гравиразведки в различных сочетаниях и соотношениях.

По контрастности физических свойств руд и вмещающих пород среди месторождений могут быть выделены две основные группы.

К первым относятся месторождения, руды которых содержат сравнительно высокие концентрации магнитных или электропроводящих минералов (магнетит, пирротин, хромит, сульфиды). К ним относятся магнетитовые и титаномagnetитовые, хромитовые, колчеданные месторождения и др. Примерами эффективного использования геофизических методов на подобных месторождениях являются результаты разведки месторождений Жайремского, Шалкинского, Осеннего, Левиха XIII, Нерюндинского, Таежного и др.

Низкой контрастностью физических свойств руд и вмещающих пород характеризуются месторождения марганца, бокситов, молибдена, вольфрама, олова, золота и некоторые другие.

Получение достоверных данных об *увязке пересечений рудных тел* в пространстве, а также *качестве руд* при низком выходе и плохом качестве керна в значительной степени определяется правильным выбором комплекса геофизических исследований скважин (ГИС), включающего рационально сочетающиеся методы скважинной геофизики и каротажа. Из разработанных методов применяются следующие: скважинная магниторазведка, метод электрической корреляции, радиоволновое просвечивание, дипольное электромагнитное профилирование скважин. Комплекс каротажных работ весьма разнообразен. В последние годы в его состав, помимо традиционных методов, таких, как КС, ПС, МСК, МЭ, КМВ, ГК, все чаще входят ядерно-физические методы: ГГК-ГГК-С, РРК, НАК, позволяющие проводить экспрессные опре-

ления содержаний элементов в естественном залегании при разведке месторождений фторсодержащего сырья, олова, вольфрама, свинца, цинка, бария, марганца, железа, сурьмы, золота, серебра, молибдена, бериллия и других полезных ископаемых.

Комплексы ГИС успешно используются при разведке и подсчете запасов железных и сульфидных руд. На Ново-Шемурском месторождении комплекс ДЭМПС, МЭК, РВП применен для установления сплошности и уточнения морфологии рудных тел, обнаружения секущих даек. На месторождении Лиманское с помощью ДЭМПС определены размеры, формы, пространственное положение рудных тел, выявлены новые рудные тела на расстояниях до 50 м от исследуемых скважин. На месторождениях Башкирии (Учалинская группа и др.) комплексом МЭК, ДЭМПС обеспечивается оперативное управление разведочными работами, уточнение контуров рудных тел, подтверждается сплошность оруденения. Скважинная магниторазведка и ЭМК дали положительные результаты при разведке и подсчете запасов Десовского, Таежного и Тарынакского железорудных месторождений.

На месторождениях Карело-Кольского региона комплекс методов ГИС, включающий РРК, ЭМК, НАК, СНГК, с высокой геологической эффективностью применялся при оценке руд многих видов полезных ископаемых.

При решении сложных поисково-разведочных задач формирование комплекса геофизических методов стало ответственной операцией, определяющей конечный результат работ, их геологическую и экономическую эффективность. По ряду рудных провинций для создания такого комплекса разработаны специальные методические пособия. Для некоторых рудных районов подготовлены временные методические указания по комплексированию геолого-геофизических методов при поисках отдельных типов месторождений. Кроме того, в настоящее время разработаны, а отчасти и изданы методические рекомендации по комплексированию геолого-геофизических методов при поисках и разведке месторождений отдельных видов полезных ископаемых. Подготовлен также ряд инструктивных документов по ядерно-физическому опробованию и каротажу. Эти документы, которыми следует руководствоваться, при выборе и оценке комплекса, определяют место геофизических работ в общей схеме геологоразведочного процесса, указывают необходимый минимум обязательных геофизических исследований и их очередность для каждой стадии геологоразведочных работ.

Помимо рассмотренных поисково-оценочных и разведочных задач, при подготовке месторождений к промышленному освоению геофизические методы находят широкое применение для решения вопросов гидрогеологического и инженерно-геологического характера. При гидрогеологических исследованиях скважин комплексировуют различные виды каротажа: КС, ПС, токовый каротаж, нейтронный гамма-каротаж, резистивиметрию. Скорость фильтрации

подземных вод устанавливают по данным резистивиметрии и методом заряженного тела. При определении плотности руд в естественном залегании применяют комплекс методов, включающий гамма-гамма-метод с использованием скважинных и приставных площадок, геомагнитометрию, гравиметрию (наземную и подземную). Влажность пород выявляют нейтронными методами. Для уточнения упругих свойств привлекают акустический каротаж и микросейсмозапись.

Геофизические методы, в принципе, должны опережать исследование, так как только в этом случае геофизические данные могут быть эффективно использованы для решения соответствующих задач, входящих в комплекс подсчета запасов. Геофизические работы, проведенные после выполнения основных объемов геологической работы, вскрытию и изучению месторождения и не способствовавшие экономии затрат или получению дополнительной информации, следует рассматривать как неоправданно применявшиеся.

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ, ПРЕДСТАВЛЯЕМЫХ В ОТЧЕТАХ С ПОДСЧЕТОМ ЗАПАСОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Специальный том отчета, посвященный геофизическим работам, должен содержать следующие материалы: четкую формулировку задач, решаемых отдельными методами или их комплексом, геологическое обоснование их решения; этапность исследования и последовательность применения методов; сведения о физических свойствах пород и руд, характере их изменения под воздействием различных наложенных гидротермально-метасоматических и гинетических процессов; краткое (в случае применения стандартных методов и методик), но достаточно полное описание методики полевых работ для каждого метода в отдельности с характеристиками оптимальности использованных сетей, параметров установок, техники ведения работ и обоснование достигнутой точности измерений; в случае применения нестандартных методик или аппаратуры дается подробное их описание и обоснование преимуществ перед стандартными.

Особое внимание обращается на описание методики комплексной интерпретации геофизических данных применительно к решаемым задачам, а также на полноту изученности месторождения геофизическими методами.

Структура геофизического тома формируется исходя из решения геологических задач с разделением методов на полевые (наземные), каротажные, скважинные, шахтные и лабораторные. Все задачи рассматриваются по единой схеме, включающей следующие элементы:

1) физико-геологическое обоснование применимости методов методики и техники работ;

- 2) оценку качества и точности применяемых методов;
- 3) методику интерпретации с выделением характерных для решения данной задачи признаков физических полей и их сочетаний;
- 4) оценку достоверности геологических результатов, полученных по геофизическим данным, подтверждаемой сопоставлением геофизических и геологических данных по хорошо изученным опорным разрезам или скважинам с результатами заверки геофизических аномалий, типов полей и схем интерпретации горными выработками и скважинами;

а) анализ возможной применимости метода и его фактического использования и предложения по уточнению геологических данных.

Отчет должен также обязательно содержать следующие приложения:

- 1) таблицу объемов выполненных в пределах месторождения геофизических наблюдений и их соотношений с объемами разведочных работ, особенно геофизических исследований скважин и горных выработок;
- 2) акты комиссий по проверке качества первичной геофизической документации и технического состояния аппаратуры;
- 3) картограммы геофизической изученности района и месторождения, схемы расположения скважин и горных выработок с указанием проведенных по ним геофизических исследований;
- 4) карты изолиний и графиков наземных геофизических съемок, результаты которых имели практическое значение для изучения геологического строения, морфологии рудных тел и прогнозной оценки ресурсов;
- 5) сводные планы геофизических аномалий, геолого-структурные схемы, изолинии содержаний искомого элемента по данным ядерно-физических методов и другие результаты интерпретации наземных площадных геофизических съемок;
- 6) диаграммы и журналы, подтверждающие обоснованность и достоверность геологических построений по результатам каротажа и скважинной геофизики;
- 7) журналы эталонирования, градуирования и контрольных измерений по всем применявшимся геофизическим методам;
- 8) каротажные диаграммы для наиболее эффективных методов по скважинам, вскрывшим основное рудное тело, совмещенные с геологической колонкой, с указанием окончательного варианта местоположения в разрезах рудных интервалов, участвующих в подсчете запасов;
- 9) разрезы (планы) и схемы по результатам скважинной и шахтной геофизики, применявшейся для увязки рудных тел;
- 10) данные о техническом состоянии скважин, их пространственном положении;
- 11) планы и разрезы с результатами ЯФМ и опробования, использованные в подсчете запасов;
- 12) рабочие эталонировочные и градуировочные графики ЯФМ

для количественных определений и материалы по установлению значения пересчетного коэффициента со сведениями и расчетами погрешностей исходных данных;

13) расчеты случайных погрешностей ЯФМ по данным первичных и контрольных измерений;

14) расчеты систематических и случайных расхождений результатов ЯФМ и геологического опробования;

15) расчеты систематических и случайных погрешностей опробования керн по данным повторного бурения и опробования рудных интервалов, независимо от анализа проб по обеим половинкам керн, опробования керн и забоев горных выработок пройденных вдоль скважин или пересекающих их;

16) журналы количественной интерпретации результатов опробования с помощью ЯФМ горных выработок и результатов каротажа;

17) схему расположения скважин и выработок с указанием выполненных в них видов каротажа и опробования и выделения эталонных выработок и скважин, в которых были проведены контрольные измерения;

18) разрезы по основным пересечениям рудных тел с результатами количественной интерпретации и геологической завер-

При оценке геофизической изученности месторождений следует обязательно обращать внимание на увязку всех геофизических методов и комплексов аппаратуры между собой, наличие документации, подтверждающей систематичность контроля во времени за весь период изучения месторождения. Для каротажа на совмещенном этапе метрологического обеспечения обязательным является использование контрольно-градуировочных скважин (КГС).

На геологических разрезах, планах, проекциях по каждому подсчетному блоку наряду с принятыми значениями мощности тела, содержания полезного компонента и другими параметрами должны быть показаны легко читаемыми знаками контуры рудных тел, полученных по геофизическим данным.

Геофизические материалы должны рассматриваться как неотъемлемая часть подсчета запасов месторождения. Это значит, что результаты геофизических исследований должны быть привлечены совместно с геологическими материалами для решения соответствующих задач подсчета запасов. Так, результаты площадных съемок методами структурной геофизики должны быть использованы при построении геологических карт и разрезов; данные геофизических методов, применявшихся для выявления и прослеживания рудоносных структур и рудных тел по простиранию и на глубинах, отражены в разделах отчета по характеристике оруденения, увязанного в пространстве, а также в соответствующей графике; сведения о глубине залегания конкретных рудных пересечений, их мощности и содержаниях полезных компонентов, полученные по каротажу другим видам геофизического опробования должны непосредственно

учитываться в разделах, посвященных анализу соответствующих подсчетных параметров для определения запасов.

Изложение результатов по указанной схеме обеспечивает взаимную увязку геологических и геофизических данных, способствует более обоснованному и всестороннему решению геологических задач.

Геофизические методы, результаты которых намечается использовать для получения количественных параметров подсчета запасов, в обязательном порядке должны пройти апробацию в ГКЗ СССР. Перед такой апробацией материалы необходимо рассмотреть на научно-методических советах (НМС) соответствующих НИИ, утвержденных Министерством геологии СССР в качестве ведущих по данным методам (вопросам) (в частности, по ядерным методам — НМС ВНИИЯГ, по общим геофизическим методам — НМС НПО «Рудгеофизика»). Протоколы НМС и ГКЗ помещаются в качестве приложений в томе по методике геофизических исследований. Материалы, не апробированные экспертно-техническим советом ГКЗ СССР, не могут рассматриваться как количественная основа подсчета запасов и должны служить только для подтверждения геологических материалов.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНОМ КАРТИРОВАНИИ

Применимость комплекса площадных геофизических исследований, сопровождающих геологическое картирование при детальном поисковых, поисково-оценочных и разведочных работах, должна быть обоснована сведениями о физических свойствах горных пород и руд и результатами опытно-методических работ на наиболее характерных и хорошо геологически изученных участках.

Выделенные по геофизическим данным основные элементы геологического строения рудного поля и месторождения должны быть заверены горными выработками или скважинами.

Масштабы геофизических съемок должны соответствовать масштабам геологических карт, представляемых в отчете с подсчетом запасов. Сети наблюдений, применяемые модификации должны выбираться в соответствии с четко сформулированными для каждого метода основными задачами. При этом все наземные площадные съемки условно подразделяются на картировочные и поисковые (поисково-оценочные). Целью первых является выяснение структурных, тектонических и литолого-петрографических особенностей месторождения по площади и на глубину. Поисковые (поисково-оценочные) методы ориентированы на выделение и прослеживание в плане и разрезе рудоносных зон, установление элементов их залегания. Именно эти данные служат основными материалами, определяющими рациональность комплекса геофизических методов,

применявшихся с целью решения общих вопросов геологического строения месторождения и прилегающих площадей.

Рациональный комплекс площадных геофизических методов решения поисковых задач должен быть направлен прежде всего на выявление аномалий от рудных объектов, рудовмещающих пород (в том числе околорудных метасоматитов) и локальных рудовмещающих элементов геологического строения. В нем должны быть также предусмотрены методы, позволяющие уточнить геометрические и физические параметры, элементы залегания морфологии возмущающих объектов. Для этого широко используются методы, дающие прямую или косвенную информацию о физических параметрах возмущающих объектов, их типе и агрегатном состоянии вещества: методы переходных процессов, искривленного подмагничивания, нелинейных и временных характеристик вызванной поляризации и др. Например, при разведке Таганского железорудного месторождения рудные зоны были прослежены и откартированы с помощью детальной (масштаба 1:10 000) магниторазведки. Для точного же выделения тел с промышленными содержаниями железа и определения их мощности была проведена электроразведка методом незаземленной петли, решившая задачу с высокой точностью.

Результаты площадных геофизических исследований отражаются на единой схеме комплексной интерпретации геофизических данных, на которой показываются также все горные выработки — результаты геологической документации и особым знаком — данные заверочных горных и буровых работ. Сопоставление геофизических и геологических данных проводится по всем выработкам, и его результаты представляются в текстовых и графических приложениях. Схема комплексной интерпретации является приложением к геологической карте и используется при описании геологического строения в совокупности с другими материалами.

Применение методов, результаты которых не нашли отражения на схеме комплексной интерпретации или на геологической карте и разрезах, следует считать неэффективным, а затраты на их проведение — неоправданными.

Предполагаемая модель глубинного строения рудного поля месторождения должна подтверждаться результатами моделирования или количественной интерпретации по ряду опорных профилей. При этом необходимо учесть все известные геологические данные, а полученный итог должен не противоречить геологической информации и соответствовать всем наблюдаемым физическим полям.

В основе создания объемных моделей должны лежать не только данные площадных исследований, но и результаты геофизических исследований скважин (ГИС), проводимых с целью литологического расчленения и корреляции геологических разрезов (методом заряда, электрической корреляции, векторной магниторазведки).

просвечивания и т. п.), а также каротажа. Достоверность геологических результатов ГИС и каротажа при решении указанных задач обосновывается построением типичного геолого-каротажного разреза с выделением на нем опорных частей, литологических и петрофизических типов, а затем бурением заверочных скважин по проверке предсказанного разреза.

При решении задачи литологического расчленения разреза скважин необходимо учитывать, что масштаб записи глубин на каротажных диаграммах должен соответствовать сложности строения разреза, детальности изучения, а также масштабу, принятому для построения геологических колонок по скважинам; пантографирование каротажных диаграмм допускается только с уменьшением масштаба.

При достаточной достоверности результаты ГИС и каротажа должны использоваться для уточнения и подтверждения надежности построения геологических разрезов по данным бурения при различном выходе керна, а при бурении без керна или с пониженным его выходом — для составления геологических разрезов по вмещающим породам.

При наличии значительных расхождений в разрезах по данным каротажа и бурения скважин, причины их должны быть установлены и изложены в отчете. Если расхождения между этими разрезами обусловлены неудовлетворительным качеством бурения и документации скважин (низкий выход керна, ошибочное определение глубины залегания различных разностей пород при бурении, неточная диагностика пород и руд и т. д.), то построение геологических разрезов должно выполняться по данным каротажа. В случае же, когда данные каротажа не соответствуют геологическим на интервалах с высоким выходом керна при высоком качестве документации, проведенные геофизические работы следует считать неэффективными, а затраты на них (в случае значительных объемов) — неоправданными.

Качество инклинометрических измерений оценивается в соответствии с действующими инструктивными документами. Принятые отклонения должны иметь обоснование, подробно изложенное в отчете; допустимость таких отклонений оценивается экспертом.

Применяемый тип инклинометров должен выбираться с учетом магнитных свойств пород и руд разреза и удовлетворять требованиям инструкций и точности измерений. В материалах следует приводить сводную таблицу оценки точности по контрольным замерам и данные по сопоставлению результатов инклинометрии и маркшейдерских замеров стволов скважин, вскрытых подземными выработками (если таковые имеются).

Горизонтальные и вертикальные проекции скважин выносятся на геологические разрезы и планы горных выработок. В приложении в виде таблицы указываются координаты точек пересечений полезного ископаемого, опорных (маркирующих) горизонтов и забоев скважин.

ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ О ПАРАМЕТРАХ И СТРОЕНИИ РУДНЫХ ТЕЛ

Для определения мощности рудных тел, глубины их залегания строения могут привлекаться как поверхностные, так и (в основном) скважинные (включая каротаж) методы геофизики, опирающиеся на специфические особенности физических свойств руд или отдельных минералов, входящих в их состав. Применимость выбранных методов для количественного выявления данных параметров должна быть обоснована анализом изменчивости составов руд и используемых для их выделения признаков по месторождению и оценкой влияния этой изменчивости на достоверность геофизических параметров. При необходимости должно быть выполнено районирование по площади или разрезу.

Надежность решения указанных задач зависит от типа оборудования, контрастности физических свойств, морфологии и условий залегания изучаемых рудных тел (см. табл. 9, с. 113).

При разведке сульфидных месторождений основу комплекса методов решения указанных задач составляют наземные электроразведочные методы — вызванной поляризации, индуктивного профилирования, переходных процессов — в сочетании со скважинными вариантами методов заряда, вызванной поляризации, контактного способа поляризационных кривых (КСПК). На малосульфидных (существенно кварцевых) месторождениях комплекс обычно включает профилирование на постоянном и переменном токе, пьезоэлектрический метод в наземном и скважинном вариантах, радио-волновое и акустическое просвечивание.

При изучении слабоконтрастных месторождений сложной морфологии применение геофизических методов ограничивается решением частных задач, таких, например, как прослеживание рудных толщ, рудоконтролирующих контактов, гидротермально измененных пород, тектонических нарушений и т. п. Так, в случае подсечения скважиной массивных и прожилковых сульфидных руд в качестве основных методов с целью оценки объема рудной массы могут использоваться дипольное электромагнитное профилирование по стволу скважины, метод заряда и контактный способ поляризационных кривых. Для исследования вкрапленных и убоговкрапленных сульфидных руд возможно применение метода вызванной поляризации в вариантах трехэлектродной и азимутальной установок и заряда ВП. Магнетитовые руды могут изучаться при помощи трехкомпонентной скважинной магниторазведки, каротажа магнитной восприимчивости и метода заряда.

Успешное применение методов скважинной геофизики при разведке месторождений сложного геологического строения часто является решающим при утверждении запасов в ГКЗ СССР, так как без этих данных внутреннее строение рудных тел не может рассматриваться как достаточно достоверное (месторождения Май

каин-В, Октябрьское). В частности, при экспертизе материалов подсчета запасов в 1976 г. по Саурейскому месторождению было установлено, что в связи с необоснованностью применяемого комплекса каротажа и отсутствием результатов проведенных скважинных исследований (МЭК, РВП, ДЭПС) оказалось недостоверным оконтуривание рудных тел.

Границы (глубины залегания), мощности и строение рудных тел по данным ГИС и каротажа должны устанавливаться по графикам и диаграммам, выполненным не менее чем по двукратным измерениям.

В случае определения мощности рудных тел на уровне эрозивной поверхности по результатам наземных съемок соответствие результатов реальным геологическим данным должно быть подтверждено сопоставлением по участкам, изученным выработками, а также результатами специальных заверочных работ.

Каротажные диаграммы, используемые для установления границ и строения рудных тел, должны быть оформлены в соответствии с действующими инструкциями по данному методу и иметь метки глубин, кратные 5 или 10 м. Погрешность расстояний между метками глубин (с учетом масштаба записи) должна составлять не более 0,5 м на глубинах от 0 до 500 м и не более 1 м на глубинах 500—1000 м.

При определении мощности рудных тел по данным ядерно-физических методов каротажа (ЯФМК) необходимо учитывать изменение диаметров скважин по результатам кавернометрии. Применяемые при этом кавернометры должны иметь отклонение характеристики от линейной не более 5%, погрешность определения не более 3 мм при диаметре скважин до 80 мм и не более 5 мм при большем диаметре скважин. При необходимости в результаты ЯФМК должны быть внесены поправки за заполнение скважин раствором, плотность и влажность руды.

При определении мощности и строения рудного тела по данным ядерно-физических методов опробования горных выработок шаг опробования не должен превышать размера датчика (10—12 см). Профили опробования должны располагаться так же, как и при бороздовом опробовании, иметь маркшейдерскую привязку и выходить за пределы рудных тел.

ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ О СОДЕРЖАНИИ КОМПОНЕНТОВ

Результаты ГИС могут быть использованы для определения содержаний полезных компонентов и подсчета запасов, если соблюдаются следующие условия:

1) между содержанием полезного ископаемого и геофизическими параметрами установлены функциональные или тесные корреляционные зависимости;

2) методики выполнения работ и интерпретации результатов соответствуют инструктивным требованиям;

3) достоверность результатов геофизического опробования обоснована сопоставлением с результатами геологического опробования.

Заверка геофизического опробования обычными способами опробования (с отбором рудного вещества) должна быть выполнена на представительных выборках. При этом, если на месторождении выделяется несколько типов руд, для которых пересчетные функции или уравнения регрессии величин геофизических параметров и содержаний компонентов отличаются, должна быть произведена заверка для каждого типа, а также осуществлено картирование указанных типов в объеме месторождения.

Обычно считается, что среднеквадратичная погрешность геофизического опробования должна во всяком случае не превышать таковой геологического опробования.

Необходимо также учитывать, что масса вещества, для которого устанавливается содержание компонента, при геологическом геофизическом опробовании в большинстве случаев резко различна, что обуславливает различную степень осреднения природной неравномерности распределения полезного компонента и, как следствие, различие в дисперсии содержаний. Дисперсия всегда будет больше для метода, имеющего меньшую массу опробования, что определяет меньшую точность оценки среднего. Так, при определении содержаний урана по результатам гамма-каротажа измеряемая масса соответствует массе пород в цилиндре радиусом около 300 мм, что на несколько порядков превышает массу керновых проб, получаемых при обычных диаметрах скважин (59 и 45 мм). Отсюда вполне очевидно, что гамма-картаж является, в принципе, методом более точным, чем керновое опробование. Для рентгенорадиометрических и некоторых других геофизических методов измеряемая масса очень мала, и их точность может уступать точности кернового или бороздового опробования. Это, однако, не всегда может явиться основанием для отказа от их широкого применения, так как при сотнях и тысячах частных замеров, используемых в подсчетах запасов, точность вывода средних практически не зависит от точности методов.

Целесообразно отметить, что к настоящему времени высокая точность определения содержания в естественном залегании ядерно-физическими методами получена при разведке многих месторождений, например Шалкинского, Учкулачского, Учкашконского. Высокая точность геофизического опробования позволила использовать эти данные при подсчете запасов по интервалам с низким выходом керна и по отдельным блокам. На Таежном железорудном месторождении для этих же целей с успехом применялись данные электромагнитного каротажа, погрешность которого оказалась меньше погрешности геологического опробования в случае выхо-

да керна менее 80% (погрешность геологического опробования была выявлена по результатам анализа двух половинок керна).

Отсутствие систематической погрешности геофизического метода следует рассматривать как необходимое условие его применения. Вместе с тем следует иметь в виду, что при обнаружении систематического расхождения между геофизическим и рядовым геологическим (керновым, бороздовым) опробованием последнее отнюдь не всегда может считаться эталонным в силу возможного наличия избирательного истирания керна или избирательного выкрашивания при отбойке борозд. Поэтому в ответственных случаях, когда геофизическое опробование может явиться методом, дающим наиболее достоверные результаты, для его обоснования должны проводиться специальные работы, включая проходку специальных выработок с отбором контрольных валовых проб. Такие работы для обоснования данных рентгенорадиометрического каротажа (РРК) были, например, выполнены на одном из месторождений, где руды, представленные чрезвычайно неустойчивым к механическим воздействиям минералом, практически не могли быть достоверно опробованы по керну. Среднее содержание по данным РРК на этом месторождении более чем на 30% отличалось от такового по данным кернового опробования. Запасы месторождения, подсчитанные по данным РРК, были утверждены ГКЗ СССР.

Результаты каротажа, используемые для количественных определений, рекомендуется подтверждать данными по контрольно-градуировочным скважинам (КГС) или насыщенным градуировочным моделям. При этом не реже одного раза в месяц и после каждого ремонта все комплекты аппаратуры проверяются на КГС или моделях. Результаты этих измерений объединяются в сводную таблицу, которая включается в текстовые приложения к отчету. Там же помещается итоговая таблица, в которой приводятся увязочные уравнения с указанием, на какие скважины они распространяются.

При использовании для определения содержания двух и более количественных методов их достоверность должна быть оценена путем совместного анализа. Такой анализ выполняется по классам содержаний полезного ископаемого и по объединенному классу. Если проведено районирование по участкам, разрезу, типам полезных ископаемых, анализ осуществляется для каждого случая в отдельности и для всех совместно.

Для установления зависимостей должны выбираться интервалы опробования с высоким (90 и 95% — в зависимости от сложности месторождения) выходом керна; граничные интервалы опробования также должны иметь высокий (>70%) выход керна. Уже на этом этапе необходимо проанализировать связь между линейным и объемным выходом керна.

Геофизические способы оценки содержаний компонентов для некоторых руд, например урановых, отработаны и подтверждены

многолетней практикой, а теоретически они обладают не только не меньшей, но и большей точностью, чем геологическое опробование. Для урановых руд геофизические способы являются в настоящее время основными, а обычное опробование — контрольным и вспомогательным методом. Характерно, однако, что необходимость изучения вещественного состава, радиологических свойств и технологических особенностей руд, а также наличия и распределения в них попутных ценных и вредных компонентов даже на урановых месторождениях приводит к практически полному дублированию геофизических и геологических методов опробования.

Геофизические способы оценки содержания компонентов полиметаллических, молибденовых, оловянных, бериллиевых и других руд менее разработаны. Использование их в качестве основных на каждом месторождении требует проведения значительного объема специальных заверочных исследований. Широкое применение геофизического опробования оказывается целесообразным в первую очередь на тех месторождениях, где геологические способы заведомо неполноценны вследствие избирательного обогащения или обеднения проб рудным веществом.

При высоком выходе керна и отсутствии систематических погрешностей геологического опробования геофизическое опробование должно рассматриваться как опережающее, применяемое для приближенного выделения интервалов отбора проб.

В заключение отметим, что в последнее десятилетие использование геофизических методов позволило перевести запасы рудных месторождений из более низких категорий в более высокие. Во многих ПГО (например, «Приморскгеология», «Самаркандгеология» и др.) на 50—70% сократились объемы пробоотбора, в результате чего получена значительная ежегодная экономия трудозатрат, материалов, электроэнергии, транспорта при разведке. Геофизическое опробование в скважинах и выработках повысило качество подготовки запасов месторождений многих полезных ископаемых, в том числе олова, вольфрама, свинца, цинка, марганца, железа, ртути, сурьмы, золота, серебра, молибдена и др.

ГЛАВА 8

ОЦЕНКА МИНЕРАЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РУД

В большинстве случаев экономическая целесообразность использования рудного минерального сырья обеспечивается только при его обогащении, в результате которого от 60 до 95% горной массы направляется в отходы, а полученный концентрат минералов поступает на дальнейшую переработку.

Без обогащения используются руды с относительно высокими содержаниями полезных компонентов, например руды с содержа-

нием $\text{Cr}_2\text{O}_3 > 47\%$, железа $> 55-57\%$, сурьмы $> 20\%$, свинца или цинка $> 10\%$, меди $> 4-5\%$, никеля $> 1-1,5\%$ и некоторые другие. Доля таких руд в балансе запасов незначительна и быстро сокращается в связи с их обработкой. Metallургическая ценность руд зависит не только от содержания полезного компонента, но и от вредных примесей, состава пустой породы (шлакообразующих компонентов), а также гранулометрического состава руд. Руды, не удовлетворяющие требованиям к metallургическому производству, подвергаются обогащению.

Технологическая оценка свойств минерального сырья является необходимым компонентом, определяющим подготовленность месторождения для промышленного освоения. Руды большинства месторождений металлов представляют собой комплексное сырье. В настоящее время из 74 извлекаемых в цветной металлургии компонентов 62 получают попутно [1]. Доля попутных полезных компонентов в стоимости товарной продукции достигает в отдельных подотраслях 20—30%, а в прибыли — 40—45%. Вместе с тем извлечение многих попутных компонентов в товарную продукцию является невысоким и отстает от извлечения основных полезных компонентов (табл. 10).

Таблица 10

Соотношение ценностей основных (числитель) и попутных (знаменатель) компонентов из руд цветных металлов [1]

Руды	Ценность, %	
	потенциальная	извлекаемая
Молибденовые	83,6/16,4	99,2/0,8
Медные	54,8/45,2	69,1/30,9
Полиметаллические	28,3/71,7	36,2/63,8

Следовательно, вопросы технологической оценки рудных месторождений непосредственно связаны с вопросами комплексной изученности руд. Кроме того, в настоящее время важным условием достаточной технологической изученности руд является не только высокое извлечение основного и попутных полезных компонентов, но и безотходное производство минерального сырья в целом, т. е. полная утилизация как metallической (концентратов рудных минералов), так и нерудной его части, представляющей собой отходы технологического производства. Если для концентратов рудных минералов существуют государственные стандарты или отраслевые требования, то для отходов технологического производства какие-либо требования в настоящее время отсутствуют. Это обстоятельство существенно осложняет вопрос организации безотходного производства, так как исследователи, кроме проблем технологии, должны изучать потребительские свойства и конъюнктуру отходов.

Таким образом, изученность технологических свойств руд должна рассматриваться с трех позиций:

- 1) технологической изученности свойств основного компонента;
- 2) технологической изученности попутных полезных компонентов минерального сырья;
- 3) изученности потребительских свойств отходов технологического производства (нерудных компонентов).

Следует учитывать, что в связи с существенным повышением требований к охране окружающей среды, неперемной составляющей технологических исследований является оценка экологического влияния технологических процессов. В настоящее время ставится вопрос о разработке экологической безопасности технологических процессов, поэтому требования к ряду традиционных технологических и технических решений должны быть пересмотрены. Это касается вопросов применения цианидов, обезвреживания промстоков, размещения хвостохранилищ и др.

Изучение технологических свойств руд осуществляется поэтапно и одновременно с изучением особенностей геологического строения месторождения и морфологии рудных тел. Сложившаяся методология изучения технологических свойств руд включает определенный набор методов, предусматривает последовательность их выполнения и позволяет минимизировать затраты на технологические исследования при обеспечении представительных результатов. Эта же методология может быть рекомендована при экспертизе результатов исследования технологических свойств руд.

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ МИНЕРАЛОВ, ВЫДЕЛЕНИЕ ПРИРОДНЫХ РАЗНОВИДНОСТЕЙ РУД

Раздел, посвященный вещественному составу руд, в материалах подсчета запасов присутствует всегда, но характеристика минерального состава руд в нем нередко выполняется чисто описательно без соответствующего анализа возможных технологических свойств этих минералов.

Для придания этому разделу технологической направленности важно выделить основные рудные минералы, изучить их разновидности, фазовый состав, распределение в них основного и попутных компонентов (элементов-примесей). Обязательно должны быть исследованы гипергенные минералы, выявлены и охарактеризованы попутные полезные компоненты II группы (согласно «Требованиям к комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов»), т. е. образующие собственные минералы, которые могут быть выделены при обогащении. Необходимо изучить также вещественный состав нерудной части, определить вредные примеси, установить формы их нахождения в минералах. По результатам выполненного изучения намечаются минеральные типы руд.

В дальнейшем исследуются технологические свойства минералов, которые могут определять различия в технологических свойствах руды. Эта работа выполняется на основе изучения следующих характеристик:

1) фазового состава минералов, наличия, величины и распространенности разных генераций первичных и окисленных форм основных рудных минералов;

2) текстурно-структурных особенностей руд и их гранулометрического состава, позволяющих оценить раскрываемость зерен рудных минералов при различной степени дезинтеграции руды;

3) физических свойств минералов и руд (плотности, крепости, цвета, магнитных, электрических свойств, радиоактивности, естественной и искусственной люминесценции и др.).

Так как без многочисленных экспериментов нельзя дать теоретические рекомендации о рациональной комбинации методов обогащения и оптимальном построении технологической схемы для конкретной руды с учетом ее состава и генетических особенностей минеральных компонентов, выполняемые исследования должны сопровождаться натурными испытаниями технологических свойств на технологических пробах небольшого объема. Большинство исследователей считают, что для данной стадии достаточным является исследование обогатимости 5—10 технологических проб массой 200—500 кг каждая. Формируются такие технологические пробы по природным разновидностям руд.

На данном этапе изучения технологических свойств руд должны быть получены следующие результаты: 1) выявлены признаки минералов и руд, определяющие различную обогатимость; 2) установлены природные разновидности руд, характеризующихся различной обогатимостью, 3) составлен баланс распределения основного и попутных полезных компонентов в минералах по природным разновидностям руд; 4) предложена схема обогащения для проверки на лабораторных и укрупненных лабораторных технологических пробах; 5) определены принципы геолого-технологического картирования; 6) намечены требования к объему и представительности лабораторных и укрупненных лабораторных технологических проб, отбор и испытание которых должны производиться на следующем этапе изучения технологических свойств руд.

Итоговым исследовательским результатом изучения технологических свойств руд при детальной разведке месторождения является выделение природных разновидностей, характеризующихся различными технологическими свойствами. Согласно данным А. А. Абрамова [1] и других исследователей, природные разновидности руд должны выделяться по следующим главным признакам, определяющим технологию их переработки.

1. Содержанию основных и попутных полезных компонентов. По содержанию металлов различают богатые, рядовые, бедные

и забалансовые руды [1, 36], границы между которыми обусловлены особенностями распределения оруденения, состоянием техники и технологии обогащения, экономикой производства и конъюнктурой соответствующего вида сырья.

2. Форме нахождения основных и попутных полезных компонентов в первичных минералах разного состава и разных генераций и окисленных рудах. Если, например, основные полезные компоненты в рудах месторождений цветных металлов более чем на 80—90% представлены сульфидными минералами, то руды считаются сульфидными. Руды, в которых содержание сульфидных форм основных металлов меньше 50%, считаются окисленными; при промежуточных значениях они относятся к смешанным [1].

3. Размеру и форме выделения минеральных агрегатов, текстурно-структурным особенностям руд. Например, для сульфидных руд [1] по размерам вкрапленности выделяют крупновкрапленные (размер извлекаемых минералов $> 0,4$ мм), средневкрапленные (0,15—0,40 мм) и тонковкрапленные ($< 0,15$ мм). По форме выделений имеются следующие разновидности: вкрапленные, массивные, прожилковые, полосчатые, пятнистые, порошковые и др. По характеру вкрапленности [1] различают равномерно и неравномерно вкрапленные, руды с агрегатной вкрапленностью минералов.

4. Физическим свойствам руд — плотности, крепости, кусковатости, гранулометрическому составу, контрастности, магнитной восприимчивости, электропроводности и др. Руды считаются мягкими, если значение коэффициента их крепости по шкале М. М. Протодяконова не превышает 10, средними — при значении коэффициента 10—14, твердыми — при 14—18, весьма твердыми — при значении коэффициента более 18 [1].

ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РАЗНОВИДНОСТЕЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТИПОВ (СОРТОВ) РУД

Важнейшим этапом в изучении технологических свойств руд является геолого-технологическое картирование. В настоящее время его следует рассматривать как необходимую часть разведочного процесса, имеющую следующие цели: установить пространственное распределение природных разновидностей, промышленных типов и сортов руд, определить их условия залегания, запасы, технологические свойства и разработать рациональные схемы обогащения. Геолого-технологическое картирование осуществляется на основе данных первичной геологической документации разведочных выработок с учетом особенностей геологического строения месторождения, результатов рядового опробования и минералого-технологического изучения руд, выполненного в течение предыдущего этапа.

Минералого-технологические пробы, отбираемые в процессе геолого-технологического картирования, должны равномерно охватывать все природные разновидности руд. Масса этих проб зависит от состава руд, применяемой схемы обогащения, вида обогащательного оборудования и обычно не превышает первых десятков килограммов.

Представительность минералого-технологической пробы при геолого-технологическом картировании оценивается по правильности ее отбора из разведочных выработок: соответствию границ пробы границам природных разновидностей руд; полноте пересечения всего рудного тела; выдержанности принятого сечения пробы по всей длине опробуемого интервала. Совокупность минералого-технологических проб должна быть представительна для исследуемой природной разновидности руд по тем параметрам, которые характеризуют данную разновидность.

В задачу технологических испытаний минералого-технологических проб при геолого-технологическом картировании не входит разработка режимов обогащения и получения количественных показателей. Главная цель технологических испытаний на этой стадии работ — получение сравнительных результатов по обогатимости различных типов руд и геометризация последних.

Для решения этой задачи при обогащении минералого-технологических проб целесообразно соблюдать два условия: 1) проводить обогащение в сходном режиме; 2) стремиться к получению концентратов близкого качества. Соблюдение этих условий обеспечит возможность сопоставления результатов, т. е. позволит получить относительные технологические показатели. По данным испытаний минералого-технологических проб составляются геолого-технологические карты и разрезы для каждого рудного тела, а также сводные графические материалы.

Очень важно, чтобы на геолого-технологических картах были нанесены не столько сами показатели обогащения, тем более относительные, сколько наиболее важные в технологическом отношении геологические параметры: минералогические, литологические, петрографические, химические, физические и другие, определяющие изменение этих показателей. В таком случае исследователи на основе изучения этих геологических параметров на других участках месторождения могут прогнозировать технологические результаты. Эти же критерии могут и должны быть использованы для обоснования представительности больших лабораторных или полупромышленных технологических испытаний. Отбором и исследованием больших технологических проб завершается данный этап изучения технологических свойств руд месторождения.

Результаты геолого-технологического картирования используются не только для обоснования представительности больших технологических проб, но и для выделения технологических типов (сортов) руд, подсчета их запасов, планирования качества и тех-

нологических свойств добываемых руд (как перспективного, так и текущего).

Лабораторные технологические пробы должны характеризовать выделенные ранее природные разновидности или их совокупности, которые формируются с учетом пространственного положения и распределения этих разновидностей, а также близости технологических свойств. На основании испытаний лабораторных технологических проб уточняется целесообразность раздельной или совместной переработки природных разновидностей руд и формируются условия выделения технологических типов (сортов).

Укрупненные лабораторные технологические пробы составляются по совокупности технологических типов или сортов, т. е. обладают большей представительностью. По результатам их исследования отлаживается режим и устанавливаются показатели переработки руд.

Масса больших технологических проб зависит от состава руды, требований к минимальному количеству концентратов, которые необходимо получить при обогащении для последующих испытаний, вида и производительности обогатительного оборудования, способов рудоподготовки (самоизмельчение, грохочение, дробление и т. д.), опыта промышленной переработки исследуемой руды, а также необходимости изучения технологических отходов ее обогащения.

Масса лабораторных технологических проб составляет обычно сотни килограммов — первые тонны, укрупненных лабораторных технологических проб — первые тонны — десятки тонн.

Важными отличиями укрупненных лабораторных технологических проб от лабораторных технологических являются не только масса и масштаб представительности, но и режим технологических испытаний. Испытания их осуществляются в замкнутом цикле, т. е. с повторным водооборотом и возвратом из схемы части полупродуктов в голову процесса для более полного извлечения полезных компонентов и очистки концентратов от нежелательных примесей. Таким образом обеспечивается большее соответствие лабораторных технологических испытаний промышленным условиям переработки руд.

Отбор укрупненных лабораторных технологических проб проводится по согласованной с заказчиком программе. На основании исследований укрупненных лабораторных технологических проб должна быть разработана схема обогащения в непрерывных условиях, установлены качественно-количественные показатели, получена характеристика товарных и некондиционных продуктов, даны рекомендации по водообороту и утилизации технологических отходов обогащения, установлены основные режимные параметры и расходные коэффициенты.

Для решения вопроса об утилизации технологических отходов обогащения необходимо изучить их технологические свойства, оп

ределивать сферу использования (для производства строительных материалов, стекла, керамики, электротехнических изделий и т. д.), потребность в данном виде продукции и ее ценность.

Вместе с тем изучению потребительских свойств технологических отходов обогащения до последнего времени не уделялось должного внимания. Технологические испытания ограничивались получением рудных концентратов, отвечающих по качеству соответствующим стандартам и условиям. В настоящее время при экспертизе технологической части материалов подсчета запасов равное внимание должно уделяться вопросам изучения как потребительских свойств технологических отходов производства, так и рудных продуктов. Баланс руды по данным технологических исследований необходимо составлять с учетом распределения основных и попутных полезных компонентов, а также технологических отходов обогащения.

На новых месторождениях с рудами, обладающими простыми технологическими свойствами, а также на разрабатываемых месторождениях исследования технологических свойств руд нередко завершаются лабораторными технологическими испытаниями и результаты их признаются достаточными для утверждения запасов и положительного решения вопроса о подготовленности месторождения для промышленного освоения. За последние годы число месторождений, запасы которых утверждены ГКЗ СССР на основе лабораторных испытаний технологических проб, достигло 40% от общего их числа, причем в основном по месторождениям цветных металлов. Фактическая масса лабораторных и укрупненных лабораторных технологических проб варьировала от 20 кг до 45 т, но в основном составляла 500—1500 кг.

При изучении труднообогатимых руд (тонковкрапленных, окисленных, многокомпонентных и др.) необходимыми являются полупромышленные (в единичных случаях — промышленные) технологические испытания.

Полупромышленные технологические пробы должны характеризовать руду каждого отдельно перерабатываемого технологического типа, критерии выделения которого разработаны на основании предыдущих исследований. Основной особенностью полупромышленных технологических испытаний является выполнение их в условиях непрерывного процесса, в режиме, рекомендуемом для промышленной переработки. Это позволяет получить качественные и количественные показатели переработки по всему технологическому циклу — от отбойки руды до получения всех видов рудной продукции и отходов технологического процесса.

Важнейшим условием надежности результатов изучения технологических свойств руды является представительность технологических проб. Представительным считается материал, соответствующий по составу, физическим, химическим, минералогическим и другим параметрам той части недр, из которой он отобран.

Но применительно к технологическим пробам большого объема (лабораторным, укрупненным лабораторным, полупромышленным) этого условия недостаточно. Такие пробы по своей характеристике должны отвечать составу и состоянию товарной руды, которая будет направляться для переработки, т. е. пробы должны быть отобрана в условиях, максимально приближенных к условиям производственной деятельности рудника, с учетом проектируемого способа и системы отработки, нормативного разубоживания, также должна обладать гранулометрическим составом, крепостью, степенью контрастности, типичными для товарной руды.

Контрастность рудной массы зависит от ряда геологических и горнотехнических факторов: 1) прерывистости рудных тел (четкое выклинивание, изменение мощности, наличие забалансовых руд в контуре залежей и безрудных пород); 2) неравномерности распределения рудных минералов внутри рудных тел (прожилчатость, гнезда, вкрапленность); 3) размеров минеральных агрегатов и текстурно-структурных особенностей; 4) наличия гипергенных минералов; 5) крепости руд, степени их дробления (зоны брекчирования, трещиноватости, кливажа и т. д.); 6) способов вскрытия месторождения и систем отработки (массовые, селективные); 7) фактического разубоживания (внутриконтурного и законтурного); 8) способов отработки и получаемой при этом крупности кусков рудной массы.

Значение параметров, предопределяющих представительность технологических проб, возрастает при увеличении объема последних, т. е. по мере приближения к условиям работы реального горнодобывающего и горноперерабатывающего предприятия. Естественно, что эти условия должны быть оптимальными: обеспечить добычу и переработку руды с наилучшими экономическими показателями. Именно поэтому отбор укрупненных лабораторных и полупромышленных технологических проб следует осуществлять по программе, согласованной с обрабатывающей и проектной организацией.

Укрупненные лабораторные и полупромышленные пробы состоят из совокупности частных проб, представляющих отдельные природные разновидности и технологические сорта. Частные пробы должны характеризовать пересечение рудного тела или технологического сорта на всю мощность. Для производства технологических испытаний осуществляется подготовка (разделка) пробы, состоящая из операций перемешивания, взвешивания и квартования.

Некоторые специалисты считают, что технологические исследования должны проводиться на материале одной и той же пробы в различных организациях, что обеспечит получение более достоверных данных. Такой подход целесообразен, по-видимому, при исследовании труднообогатимых руд.

В практике работы ГКЗ СССР имеются примеры, когда техно-

логические испытания, выполненные на больших, но непредставительных пробах, явились причиной того, что впоследствии на действующих обогатительных фабриках полученные при разведке показатели не были достигнуты. Так, на Устарасайском месторождении технологические испытания были проведены на образце обогащенной пробе, характеризующейся повышенным содержанием основного полезного компонента, более благоприятным гранулометрическим составом, отсутствием окисленных руд. Вследствие этого фактическое извлечение полезного компонента в концентрат оказалось на 10% меньше, чем при технологических исследованиях, и возникла необходимость установки узла обесшламливания, что не было предусмотрено проектом.

Данные по отбору проб большой массы должны быть документально оформлены. Документация технологических проб (лабораторных, укрупненных лабораторных, полужаваловых) состоит из акта отбора, паспорта, графических и табличных приложений к ним. Содержание и форма акта и паспорта определены Временным методическим руководством Мингео СССР и Минцветмета СССР [36]. Согласно тому же руководству, состав и полнота графических материалов (детальные геологические планы, разрезы, зарисовки участков до и после отбора технологических проб, данные рядового опробования и др.) должны давать полное представление о пространственном положении на месторождении (в рудном теле) как частных проб, так и всей технологической пробы, а также о составе и строении участка и способе взятия пробы. Места отбора технологических проб показывают на первичной геологической документации, а также в соответствующих журналах.

По мнению технологов, масса технологических проб для полупромышленных испытаний должна составлять 500—1000 т. Фактически же на месторождениях черных и цветных металлов, запасы которых рассматривались ГКЗ СССР в 1976—1980 гг., масса технологических проб для полужаваловых испытаний изменялась соответственно от 1 до 47 000 т и от 0,5 до 3100 т. Удельный вес месторождений, на которых проведены полупромышленные технологические испытания, составил за этот же период 46%, в том числе месторождений черных металлов — 12%. Промышленные испытания были осуществлены на 11% месторождений, в том числе 31% на месторождениях черных металлов. Масса таких проб в этом случае варьировала от 10 до 20 000 т, но в большинстве случаев составляла 700—1500 т.

Таким образом, исследование технологических свойств минерального сырья осуществляется на основе изучения минерального состава и технологических свойств минералов, геолого-технологического картирования природных разновидностей руд, выделения технологических типов и сортов руд и определения показателей их обогащения.

В качестве итогового показателя совершенства разработанной технологической схемы технологами рассматривается коэффициент комплексного использования минерального сырья, представляющий собой произведение показателей извлечения полезных компонентов.

По мнению авторов, более полно отражает состояние технологической изученности минерального сырья стоимостной показатель, рассчитываемый как отношение извлекаемой и потенциальной ценности продукции. Так, на одном из рассмотренных ГКЗ СССР редкометальных месторождений, в рудах которого содержится тантал, олово, ниобий, а также нерудные (кварц, полевошпат и слюда) и другие компоненты, извлекаемая ценность составляет 40% от потенциальной. Но и этот показатель не является совершенным, так как его величина зависит не только от количества, но и от качества, и от вида реализуемой продукции. Например, при получении на вышеупомянутом месторождении высококачественных концентратов редких металлов, кварца для производства оптического сырья и микроклинового концентрата с высоким калиевым модулем, ценность продукции увеличивается в 1,5 раза. На уровне лабораторных исследований возможность производства такой продукции установлена. Но в практику соответствующие разработки не внедрены.

Из приведенного примера видно, что совершенство технологических схем должно оцениваться в настоящее время не только и не столько по объему продукции, сколько по ее качеству и номенклатуре. Эта проблема ставит перед технологами ряд задач по разработке принципиально новых технологических процессов, обеспечивающих существенное повышение качества продукции и возможность ее полной утилизации.

В технологическом плане оценка совершенства технологических схем может быть осуществлена на основе анализа баланса распределения в руде рудных и нерудных минералов, основных и попутных полезных компонентов и технологических отходов обогащения в продуктах переработки минерального сырья.

Наличие таких балансов и стоимостной оценки сырья должно быть непременным итогом технологических работ на месторождении.

Глава 9

ОЦЕНКА МЕТОДИКИ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

Подсчет запасов представляет собой операцию обобщения всей информации, полученной при проведении разведочных работ и предназначенной для выполнения соответствующих технико-экономических расчетов. Такие расчеты могут быть связаны с состав-

лением технико-экономических докладов (ТЭД), обоснованием постоянных кондиций или проектированием новых и реконструкцией действующих горнодобывающих предприятий. В процессе подсчета производится разделение запасов по качеству и горно-техническим условиям отработки в соответствии с установленными кондициями, осуществляется их геометризация в пространстве, даются количественная оценка заключенного в недрах сырья и его качественные характеристики.

Запасы рудных полезных ископаемых подсчитываются в недрах в сухом состоянии без учета потерь и разубоживания при добыче, отдельно по группам балансовых и забалансовых, по технологическим типам и сортам руд, условиям разработки (открытый, подземный, геотехнологический способы). Подсчет выполняется с учетом всех компонентов, которые могут быть извлечены из руд, а также возможности попутной утилизации добываемой горной массы.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОНДИЦИЙ ПРИ ОКОНТУРИВАНИИ И ПОДСЧЕТЕ ЗАПАСОВ

Правильно установленные и обоснованные параметры кондиций нередко используются с ошибками, приводящими к искажению реальных запасов и среднего качества руд.

Одной из наиболее распространенных ошибок при оконтуривании запасов по бортовому содержанию является применение так называемого «скользящего борта», когда бортовой предел произвольно изменяется в большую или меньшую сторону. Иначе говоря, оконтуривание в таком случае выполняется произвольно с включением или исключением руды одного и того же качества из контура подсчета запасов.

На ошибочность такого приема указывалось давно [17], однако в подсчетах запасов еще встречаются случаи его использования. Обычно это мотивируется тем, что авторы стремились избежать включения в промышленный контур убогих руд и максимально учесть запасы как балансовые. В действительности применение «скользящего борта» ведет к искажению среднего содержания в руде и реального количества балансовых запасов, так как отработка месторождения может осуществляться только по единому значению бортового лимита. Иногда это имеет очень серьезные последствия, обуславливая отнесение к промышленным месторождений, рентабельная эксплуатация которых практически невозможна.

Так, при первом утверждении запасов месторождений бокситов Чадобецкой группы в качестве основного оконтуривающего показателя рассматривался бортовой кремниевый модуль. Качество бокситов этих месторождений в целом низкое при выдержанном, хотя и невысоком содержании глинозема, но резко изменчивом содержании кремнезема. При использовании установленного в кон-

дциях значения бортового кремниевого модуля во многих оконтуриваемых залежах среднее качество руд оказывалось ниже минимально-промышленного и около трети запасов месторождения выводилось за баланс. Увеличение значения бортового модуля положения не улучшало, поскольку приводило к резкому уменьшению размеров рудных залежей за счет сокращения их площади, появления разрывов сплошности и снижения мощности. Однако применив «скользящее» значение бортового кремниевого модуля и произвольно исключая из промышленного контура кремнистые руды то в кровле, то в подошве рудных залежей, авторы подсчета сумели «натянуть» среднеблочные значения модуля до заданного промышленного минимума. Исправление этой ошибки вызвало резкое несоответствие подсчитанных запасов и заложенных в обосновании кондиций. В результате запасы в тот период не были утверждены.

«Скользящий борт» иногда используют не для месторождения в целом, а для отдельных, худших его блоков, что также недопустимо. Так, на Катериновском месторождении «скользящий борт» был применен для наиболее бедной части россыпи, что привело к включению в промышленный контур участков с действительным средним содержанием ниже промышленного минимума.

Применение «скользящего борта» не может быть обоснованным. Эксперт обязан во всех случаях отметить использование данного приема, но вместе с тем он должен оценить конкретные последствия этого и, если влияние допущенной ошибки на общие результаты подсчета несущественно, может рекомендовать в порядке исключения согласиться с авторским вариантом.

Так, применение «скользящего борта» отмечалось на Чиатурском марганцевом месторождении, однако среднее содержание в большинстве блоков здесь в любом случае было больше чем минимально-промышленное и использование неправильного приема практически не сказывалось на экономической оценке месторождения.

Другой распространенной ошибкой применения заданных кондиций является несоблюдение принципа компенсации при использовании бортового содержания и максимальной мощности безрудного прослоя. Как известно, при применении этих двух кондиционных показателей оконтуривание должно выполняться так, чтобы каждый включаемый в контур элементарный рудный участок в сумме с отделяющим его безрудным промежутком обеспечивал среднее содержание в добавляемом контуре не ниже бортового. На практике в целях улучшения сплошности руды, упрощения морфологии залежи и увеличения балансовых запасов этим принципом иногда пренебрегают, присоединяя к рудному контуру обособленные маломощные и не слишком богатые рудные участки, отделенные мощным прослоем безрудных пород.

Так, на Никитовском ртутном месторождении допускалось

включение в промышленный контур маломощных прослоев руды, отделенных безрудным промежутком мощностью до 10 м. Расчет среднего содержания на весь присоединяемый интервал показывал значение, много меньшее установленного борта. При добыче такие участки неизбежно разубоживаются до уровня практически пустой породы, а заключенные в них запасы списываются в потери.

На Мариупольском железорудном месторождении также по многим разведочным пересечениям допускалась прирезка интервалов, состоящих из маломощного рудного участка и безрудного прослоя мощностью до 6 м при среднем содержании на интервал ниже бортового. В результате оказались завышенными мощности многих пересечений (на 2—35 м), средняя мощность по месторождению (на 12 м), общие запасы руды (на 15%) при соответственном занижении содержания железа.

Аналогичный прием иногда используется, когда в кондициях, кроме бортового, устанавливается минимальное содержание на отдельное пересечение (рудный интервал). Стремясь к максимальному учету запасов как балансовых, авторы подсчетов запасов применяют «скользящий борт» по отношению лишь к отдельным рудным интервалам, для которых среднее содержание больше бортового, но меньше минимального на пересечение. Конечно, ошибки такого рода не могут резко сказаться на промышленной оценке месторождений, так как доля запасов в подобных рудных интервалах всегда невелика, однако при общем низком качестве руд они могут обусловить ошибки в проекте разрабатывающего предприятия. Анализ материалов подсчетов запасов показывает, что от «принципа компенсации» обычно отступают только «в одну сторону», когда в присоединяемом участке не обеспечивается бортовое содержание. В результате в подсчет запасов вносится некоторая систематическая ошибка, обуславливающая занижение средних содержаний, завышение средних мощностей и упрощение морфологии. Случаи исключения из подсчетов запасов рудных интервалов, удаленных от основных рудных залежей на расстояние, меньшее установленной максимальной мощности безрудных прослоев, редки.

Систематические ошибки в оценке среднего содержания могут возникнуть и при неверном учете безрудных прослоев. Так, при подсчете запасов Лебединского железорудного месторождения в кондициях было установлено, что максимальная мощность слаборудных прослоев пород и безрудных даек не должна превышать 10 м. Геологи Белгородской ГРЭ — авторы подсчета запасов — интерпретировали эту кондицию следующим образом: если мощность безрудной дайки в пересчете на истинную мощность была больше 10 м, то дайка учитывалась уменьшением площади в разрезе, если меньше, то — разубоживанием содержания. Естественно, при острых углах встреч даже значительные по стволу скважин безрудные интервалы мощностью до 20—30 м могли быть

включены в расчет средних содержаний и сильно снизить среднее содержание железа в руде по блоку.

При разведке месторождения относительно редкой сетью скважин колонкового бурения элементы залегания даек определить трудно, а подчас и невозможно, тем более что при отработке были выявлены как крутые, так и пологие дайки. Авторы подсчета субъективно подошли к этому вопросу, приняв в целом крутую увязку даек, и в большинстве случаев учли их разубоживанием.

Кондиционные рудные интервалы, разделенные безрудными промежутками мощностью больше максимальной установленной в кондициях, учитываются в подсчете запасов как самостоятельные, если каждый из них отвечает минимальному содержанию и минимальному метропроценту на пересечение (рудный интервал). Выделение двух самостоятельных рудных интервалов, между которыми находится безрудный промежуток мощностью менее установленной в кондициях, не допускается, так как при малой мощности безрудного участка невозможно вести раздельную отработку.

При большом числе чередующихся рудных и безрудных участков правильное выделение рудных интервалов представляет собой наиболее трудную задачу, так как, с одной стороны, должны быть соблюдены все вышеописанные принципы, а с другой, необходимо дополнительно производить просчет с целью проверки возможности обособления внутри рудоносной зоны интервалов некондиционных руд мощностью более предусмотренной в кондициях. Практические приемы оконтуривания в подобной ситуации описаны в литературе [40]. На последнюю ситуацию следует особенно обращать внимание при разработке программ для машинной обработки материалов опробования и выделения рудных интервалов по заданным кондициям, поскольку она трудно поддается формализации, требует большого объема машинного времени и доступна только машинам с большим объемом памяти.

Хотя вопросы применения оконтуривающих кондиционных лимитов в целом достаточно полно освещены в методической литературе [20, 40], еще нередко отмечаются случаи произвольного толкования этих параметров авторами подсчетов. Так, разрабатывая алгоритм механизированного подсчета запасов фосфоритового месторождения Джаньтас, авторы включили в контур подсчета запасов только одну пробу с содержанием выше бортового, но ниже минимального промышленного, мотивируя это необходимостью страховки от отнесения к промышленным запасам значительных масс убогих руд. В данном случае следовало рассмотреть соответствие выбранного бортового содержания геологическим особенностям месторождения и оценить возможность ужесточения этого показателя. Ограничение же числа бортовых проб, безусловно, было неоправданным.

СПОСОБЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

При подсчете запасов твердых полезных ископаемых используются два основных способа: геологических блоков и разрезов, а при утверждении запасов эксплуатируемых месторождений — способ эксплуатационных блоков. В последние годы, в связи с развитием автоматизации подсчетных операций, иногда применяются иные способы, более удобные для вычислений на ЭВМ, например, близкие к способу изолиний. Однако подобные случаи остаются еще исключением.

Исследования, проведенные еще в 50-е годы, показали, что точность подсчета запасов практически не зависит от принятого способа и наиболее целесообразным следует считать использование таких способов, которые прежде всего дают возможность учитывать и отражать геологические особенности строения месторождения, его структуру, распределение сортов и типов минерального сырья и в то же время позволяют сократить время на подсчетные операции.

Однако и позже в некоторых руководствах встречались указания на то, что из наиболее употребительных способов разрезов и блоков первый является предпочтительным, главным, а второй — второстепенным, использование которого допустимо лишь в тех случаях, когда геометрия разведочной сети исключает подсчет способом разрезов.

Все методы расчета базируются на преобразовании сложных по форме тел полезного ископаемого в систему равновеликих простых тел с оценкой на этой основе объемов недр, занятых полезным ископаемым, и распространением на эти объемы качественных характеристик, полученных тем или иным усреднением частных замеров в разведочных пересечениях (пробах).

Для сложных штокверковых линзо- или трубообразных залежей правильность отображения их формы при геометризации (а следовательно, и объема) определяется в первую очередь правильностью отображения их строения в поперечных сечениях. Способ разрезов в этом случае является менее искажающим и, главное, позволяет построить контуры сечения залежей в разрезах неформально, учитывая геологические данные.

Для простых, плитообразных залежей (моноклиналильные пласты, жилы) прост и контур сечения в разрезе, и правильность отображения их формы при геометризации обусловлена правильностью ее отображения в продольной проекции. Способ блоков, допускающий учет геологической информации при построении контура по простиранию и падению залежей в пространстве между разрезами, является для таких тел более предпочтительным [40].

Таким образом, способы разрезов и блоков имеют конкретные области применения, зависящие от особенностей месторождения, и не должны рассматриваться в качестве конкурирующих.

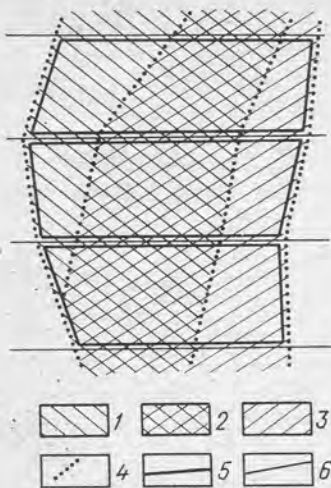


Рис. 21. Фрагмент проекции золоторудной залежи на горизонтальную плоскость:

1—3 сорта руд по качеству: 1 — бедные, 2 — богатые, 3 — рядовые, 4—5 — границы: 4 — сортов руд, 5 — подсчетных блоков, 6 — линии разрезов

Следует отметить, что сомнения в правильности учета геологических особенностей месторождения выбранным способом подсчета хотя и редко, но возникают при экспертизе. Так, запас одного из золоторудных месторождений, представленного мощным полого залегающим телом прожилково-вкрапленных руд, подсчитывались способом разрезов, что, на первый взгляд, соответствовало его геологическим особенностям. Однако в распределении содержаний в плане улавливалось закономерное чередование обогащенных и обедненных участков, ориентирован-

ных под углом к системе разрезов (рис. 21). Формальное выделение подсчетных блоков между разрезами при принятом способе не учитывало этой особенности месторождения. Участки руд разного качества требовали отдельной геометризации, что проще могло быть выполнено при использовании способа блоков.

Необходимо отметить, что способ разрезов обладает большими возможностями для учета стереометрических особенностей залежей при определении объемов, так как при расчетах могут использоваться различные формулы: призмы, пирамиды, обелиска, при ближайшего интегрирования и др. Однако даже при сложных пирамидальной форме тел различных геометрические формулы дают не слишком резко различающиеся оценки. Реальная же форма залежей обычно достаточно далека от любых правильных фигур, поэтому строгое следование каким-либо формальным критериям при выборе расчетных формул нельзя считать необходимым и в качестве наиболее универсального выражения может рассматриваться формула призмы [40].

При использовании способа разрезов средние характеристики рассчитываются обычно для каждого элементарного блока, заключенного между смежными разрезами. При этом пробы крайних разрезов участвуют в расчете один раз, а остальные — дважды для каждого из смежных блоков. Таким образом, в целом для залежи пробы крайних разрезов применяются с вдвое пониженным статистическим весом. В некоторых случаях такое занижение весов крайних проб может привести к искажению средних оценок. Этот недостаток легко исправляется, так как расчет средних мо-

жет выполняться осреднением всех проб залежи или методом укрупненного (геологического) блока. Следовательно, объемы могут быть рассчитаны по способу разрезов, а средние параметры — по способу блоков. Такой комбинированный способ может считаться оптимальным для сложных залежей с весьма и крайне неравномерным распределением компонентов.

ОЦЕНКА ПРАВИЛЬНОСТИ ОКОНТУРИВАНИЯ РУДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

Под оконтуриванием понимается совокупность операций по выделению рудных залежей, заключающих запасы минерального сырья, отвечающие заданным требованиям. Оконтуривание является одной из основных операций подсчета запасов. От его правильности зависит вся промышленная оценка месторождения. Основные ошибки в оценке запасов, как правило, бывают обусловлены неправильным оконтуриванием промышленно ценных рудных образований, когда допускается несоответствие контуров и форм рудных тел положению и условиям залегания геологических элементов, контролирующего размещение оруденения (контактов пород, тектонических нарушений, стратиграфических границ и др.).

При оценке правильности оконтуривания учитывается правильность выполнения следующих операций:

- 1) применения заданных кондиций при оконтуривании рудных интервалов в пределах разведочных выработок;
- 2) оконтуривания рудных залежей в разведочных сечениях — разрезах и горизонтах;
- 3) геометризации технологически сплошных рудных тел или использования коэффициента рудоносности;
- 4) построения внешнего контура подсчетных блоков.

Рудные интервалы в пределах разведочных выработок оконтуриваются по результатам опробования с использованием некоторых достаточно известных формальных правил, подробно описанных в литературе [40]. Однако ошибки в выполнении этой процедуры распространены достаточно широко. Чаще всего они бывают обусловлены несоответствием кондиций особенностям геологического строения месторождений и распределения оруденения, а также стремлением авторов подсчета запасов «улучшить» месторождение, которое при установленных кондициях представляет собой мелкие гнезда или, напротив, сильно разубоживается за счет бедных руд.

При определении контура промышленных руд по геологическим границам соответствующие геологические элементы должны уверенно картироваться и позволять однозначно выявлять контур в каждом пересечении. Использование различных геологических элементов для одного объекта безусловно, недопустимо.

Вместе с тем в процессе экспертизы следует иметь в виду, что некоторые отступления от утвержденных кондиций часто неизбежны; эксперты могут не требовать соответствующих пересчетов,

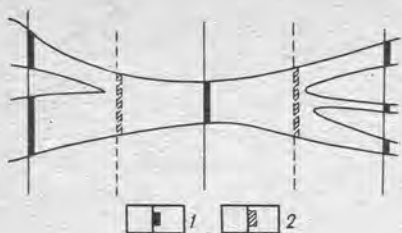


Рис. 22. Завышение площадей рудной залежи за счет искусственной рисовки мощных участков в межскважинном пространстве:

1—2 — рудные тела: 1 — установленные; 2 — предполагаемые в межскважинном пространстве

если случаи отступления единичны и не оказывают практически ощутимого влияния на результаты подсчета в целом.

Оконтуривание рудных залежей в сечениях (разрезах) производится путем интерполяции данных опробования разведочных выработок, производимой с учетом установленных геологических закономерностей.

Наиболее распространенной ошибкой, отмечавшейся В. И. Смирновым, А. П. Прокофьевым и другими специалистами еще в 50-е годы и нередко встречающейся и в современных подсчетах, является завышение площади сечения тел путем такой их рисовки между разведочными пересечениями, при которой мощность залежей в неохарактеризованном выработками пространстве оказывается больше фактически в них зафиксированной (рис. 22). Следует иметь в виду, что нелинейная интерполяция данных опробования вполне правомерна, если она основана на учете геологических особенностей. Однако такая интерполяция не должна приводить к появлению гипотетических раздувов в неизученной выработками области, так как даже при определенной геологической вероятности их наличия достоверность заключенных в таких раздувах запасов оказывается не зависящей от плотности разведочной сети и не соответствующей достигнутой разведанности блока.

Необходимость обоснованной геометризации залежей, сплошных с точки зрения намечаемой технологии отработки, или допустимость подсчета запасов с коэффициентом рудоносности должны оговариваться в кондициях. При подсчете запасов геометризованных залежей сплошных руд проверяется достоверность их увязки по принятой разведочной сети. Если подсчет запасов проводится в обобщенных контурах с коэффициентом рудоносности, то это означает, что исчерпаны все другие возможности геометризации технологически сплошных рудных скоплений и их оконтуривание переносится на стадию эксплуатационной разведки.

Необходимо иметь в виду, что применение коэффициента рудоносности является вынужденным приемом, используемым в исключительных случаях. Причем обязательно должна быть уверенность в том, что размеры реальных скоплений сплошных руд действительно позволяют вести селективную выемку. Если оруденение в целом имеет мелкогнездовый характер, селективная выемка гнезд может оказаться невозможной. Подсчет запасов с использованием

коэффициента рудоносности в этом случае недопустим и должен заменяться подсчетом с разубоживанием на массу.

Правомерность или неправомерность подсчета запасов с применением коэффициента рудоносности может быть определена только по результатам выборочного детального изучения морфологии оруденения на отдельных участках. В качестве таких участков часто могут выступать горизонты горных работ с пройденными рудными штреками.

Эксперту при рассмотрении подсчетов, выполненных с использованием коэффициента рудоносности, следует оценить результаты детализации и проверки сплошности рудных образований на горизонтах горных работ, составить мнение о реальных размерах рудных тел, соответствии их горной технологии, предусмотренной в ТЭО кондиций, и сделать вывод о правомерности принятой методики подсчета.

Подсчет запасов с использованием коэффициента рудоносности вызывает необходимость оконтуривания продуктивных объемов недр. Такие контуры не могут быть отстроены по кондициям, так как последние обуславливают только выделение технологически сплошных рудных скоплений. Наиболее правильным при таком способе подсчета запасов является выделение продуктивных зон в геологических границах, но это не всегда возможно. М. В. Шумилиным и В. А. Викентьевым [40] уже были описаны некоторые формальные приемы построения контуров продуктивных зон.

На практике, однако, в оконтуривании продуктивных зон нередко проявляется субъективизм, ведущий к искажению результатов подсчета. Так, по ряду золоторудных и золото-серебряных месторождений отмечалось проведение границ продуктивных залежей в одних случаях по балансовым рудным интервалам, в других — по забалансовому ореолу, в третьих — вообще без учета данных опробования. Отстроенные контуры в одних случаях согласовывались со структурными рудоконтролирующими элементами, в других занимали секущее положение по отношению к этим элементам. В целом же проявлялась определенная тенденция к занижению продуктивного объема недр ради повышения расчетной величины коэффициента рудоносности.

Обоснованность построения контуров продуктивных зон при подсчете запасов с использованием коэффициента рудоносности требует специального анализа при экспертизе.

Внешний контур подсчетных блоков как при сплошном, так и при прерывистом оруденении отстраивается с помощью одних и тех же приемов интер- и экстраполяции. Оконтуривание залежей между выработками, вскрывшими кондиционное оруденение, обычно выполняется методом линейной интерполяции. Между выработками, одна из которых вскрывает кондиционное, а другая — некондиционное оруденение или безрудные породы, оконтуривание производят либо с учетом геологических данных о характере вы-

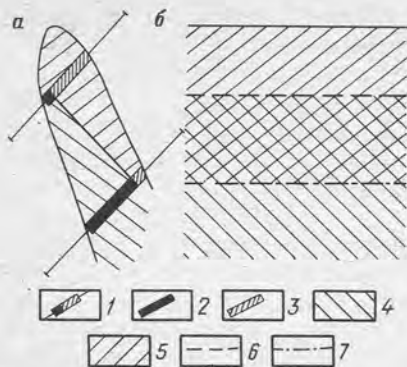


Рис. 23. Положение границ первичных смешанных руд на разрезе (а) и продольной проекции (б):

1 — буровые скважины с данными опробования; 2—3 — пробы по рудам: 2 — первичным, 3 — смешанным; 4—5 — площади руд в проекции: 4 — первичных, 5 — смешанных; 6—7 — границы выщелачивания: 6 — верхняя первичных руд, 7 — нижняя смешанных руд

клинивания, либо формально: «треугольником» или «прямоугольником» на половину расстояния между выработками.

Экстраполяция контура при отсутствии ограничивающей выработки также обычно осуществляется на половину шага принятой сети «треугольником» или «прямоугольником».

Специальные исследования показали [40], что выклинивание рудных залежей «треугольником» на половину расстояния между выработками снижает ошибку геометризации оконтуренных запасов за счет уменьшения доли последних в приконтурной полосе, но одновременно приводит к систематическому занижению запасов. Чем реже разведочная сеть, тем больше степень такого занижения. Выклинивание залежей «треугольником» на половину расстояния между выработками или «прямоугольником» на четверть шага сети вносит определенный элемент «подстраховки», но повышает общую степень разведанности выделяемых запасов. Именно повышением степени разведанности в пределах «внутреннего» контура продиктовано требование по выделению запасов высоких категорий (А, иногда В), для которых экстраполяция контуров не допускается. Этим определяется также применяемое иногда положение о квалификации запасов в приконтурной полосе по низшей категории.

Следует отметить, что при оконтуривании сложных по форме залежей (колчеданных, скарновых и т. п.) иногда проявляется тенденция к учету фактически вскрываемых рудных мощностей. При этом внешний контур проводится не по середине между выработкой с большой мощностью и безрудной, а на большем расстоянии от рудной, чем вроде бы учитываются геологические особенности оруденения (Николаевское месторождение и др.). В действительности же такие рудные тела имеют самое различное, в том числе и резкое, тупое выклинивание. Поэтому массовое применение подобного приема ведет к завышению запасов и не может считаться допустимым.

Контур между рудами разного сорта в пределах единой залежи

Полезного ископаемого обычно проводится на половине расстояния между выработками, вскрывшими разные сорта. Однако наличие в выработках отдельных интервалов различного сортового состава часто побуждает к более сложным построениям. При этом иногда допускаются ошибки. Так, на колчеданном месторождении Кизил-Дере контур смешанных и первичных руд в разрезе проводился построением «на клин» с опорой на единичные пробы одного из сортов среди преобладающих в сечении проб другого сорта. В продольной проекции (подсчет осуществляется способом блоков) при этом отстраивались две границы: выклинивания смешанных и выклинивания первичных руд, а площади блоков этих руд взаимно перекрывались (рис. 23). В результате, однако, завышались запасы как тех, так и других руд, поскольку на область «клина» при принятом способе распространялась средняя по блоку мощность.

ОЦЕНКА ПРАВИЛЬНОСТИ БЛОКИРОВКИ ЗАПАСОВ

Подсчет запасов должен составляться с максимальным учетом геологических особенностей месторождений, пространственных изменений качественных характеристик руд и горно-технологических факторов, определяющих горную технологию. Запасы геологически обособленных участков залежей, а также руд, отличающихся по составу и качеству или требующих применения различных систем переработки, подлежат раздельному учету. В соответствии с этими требованиями рудные залежи при подсчете запасов разделяются на отдельные блоки.

В процессе блокировки для каждого блока по возможности должна быть достигнута максимальная однородность в геологическом и горно-технологическом смысле, но при этом блоки должны иметь не слишком маленькие размеры, с тем чтобы количество разведанных пересечений в них было достаточным для достоверного вычисления средних параметров.

Можно указать несколько общих правил блокировки. В отдельные блоки выделяются следующие части залежей:

- 1) подлежащие открытой и подземной разработке с проведением границ между ними по проектному контуру карьера;
- 2) геологически обособленные с различным составом руд, требующие применения различных технологических схем переработки;
- 3) геологически обособленные и морфологически различные, для которых возможно применение различных систем разработки;
- 4) геологически обособленные с резко различным качеством руд;
- 5) с резко различной степенью разведанности.

Даже при полной однородности залежей по всем геологическим особенностям и горно-технологическим параметрам блокировка обычно остается необходимой операцией, так как условиями

почти всегда лимитируется максимальный размер подсчетных блоков. В этом случае за границу блоков обычно принимаются условные линии, проходящие по профилю (горизонтам или точкам) разведочных пересечений или на половине расстояний между ними.

Проведение границ подсчетных блоков через разведочные линии (точки) определяет участие данных по граничным разведочным пересечениям в расчете средних по обоим смежным блокам. При этом создается возможность такого субъективного проведения контуров, при котором пересечения с лучшими параметрами, оканчиваясь на границе блоков, участвуют в подсчете дважды и тем самым завышают общие параметры и запасы месторождения. Подобное явление достаточно широко распространено. Так, в медно-никелевом месторождении Восток блокировка пластообразной залежи сульфидных руд была выполнена так, что ряд скважин, вскрывших наибольшие (>5 м) мощности, были отнесены к граничным и участвовали в расчете среднеблочных мощностей дважды, а одна даже трех блоков. Таким образом максимальным мощностям придавался в подсчете повышенный статистический вес, что привело к завышению средней мощности залежи на 15% и послужило одной из причин неподтверждения запасов месторождения при обработке.

На одном месторождении серебряных руд вертикальные границы между блоками были проведены по восстающим, намеренно пройденным по обнаруженным ранее обогащенным столбам. При этом данные по опробованию восстающих учитывались дважды в смежных блоках. Исключение данных по восстающим из подсчета, выполненное по предложению экспертизы, вызвало заметное снижение средних параметров по месторождению.

По одному из блоков на месторождении Октябрьское средняя мощность рудного тела была установлена в 2,4 м. Однако ни в одной скважине внутри его контура такая мощность не была вскрыта, а расчетная величина среднего была получена только по величине высоких мощностей граничных скважин смежного блока. Проведение границ блоков между скважинами с соответствующим пересчетом средних понизило среднюю мощность (и запасы) блока более чем на 30%.

ОЦЕНКА ПРАВИЛЬНОСТИ РАСЧЕТА СРЕДНИХ ПАРАМЕТРОВ

Правильность расчета средних параметров определяется правильностью выбора процедуры взвешивания. Задачей экспертизы является прежде всего проверка соответствия статистических весов отдельных замеров или проб в принятой системе расчетов условным весам объемов недр, на которые они могут быть распространены согласно имеющейся геологической информации.

Средние мощности вычисляются с приведением их к единой системе: истинных, горизонтальных или вертикальных мощностей.

При равномерном расположении разведочных пересечений расчет средних мощностей может быть выполнен простым арифметическим осреднением приведенных значений. Возможные ошибки кроются в правильности приведения частных мощностей к единой системе и чаще всего бывают связаны с локальными осложнениями залегания рудных тел, которым не удается дать верную геологическую интерпретацию. В результате пересчетные поправки не компенсируют в должной мере завышенного значения мощностей.

Так, на медно-никелевом месторождении Заполярное в отдельных пересечениях были выявлены резко завышенные мощности. Залежь в целом интерпретировалась как простое плитообразное тело, секущее вмещающие филлиты. Однако в участке сгущения сети скважин до 10—30 м обнаружилось, что залежь сложноскладчатая, почти согласная со слоистостью. Это позволило считать, что эпизодически отмечавшиеся высокие значения мощностей свидетельствовали о бурении соответствующих скважин по падению локальных изгибов залежи и что величины истинной мощности, рассчитанные по средним углам падения, завышены. Вследствие невозможности точного пересчета завышенных значений, их влияние в подсчете на среднее, достигавшее по отдельным блокам 25%, рекомендовано было ограничить.

При неравномерной разведочной сети в блоках могут преобладать пересечения со значениями мощностей, пришедшимися на участки раздувов или, наоборот, пережимов залежи. В этом случае средние рассчитываются со взвешиванием по площадям влияния пересечений или с вычислением промежуточных средних для их обобщенных групп. Последний прием может считаться необходимым при резкой неравномерности сети, например, при объединении в блоке пересечений по горизонтам горных работ и скважинам. Конкретные варианты такого осреднения, естественно, разнообразны. Экспертизой должно быть оценено соответствие произведенной группировки геологическим особенностям месторождения и отсутствие тенденциозности, ведущей к направленному искажению результатов.

Средние содержания компонентов обычно рассчитываются со взвешиванием по мощностям (длинам) опробованных пересечений, а на месторождениях с высоким изменчивым содержанием в рудах тяжелых компонентов (магнетит, барит и др.) со взвешиванием по мощностям (длинам) проб и плотностям.

При взвешивании по мощности правильнее пользоваться их истинными значениями. Однако особенности системы разведки часто определяют удобство применения в расчетах ствольных мощностей, но в некоторых случаях такая замена может приводить к появлению систематических искажений. Так, на Степном полиметаллическом месторождении (рис. 24) оруденение замковой части рудовмещающей складки характеризовалось более высоким качеством. Месторождение разведывалось вертикальными скважи-

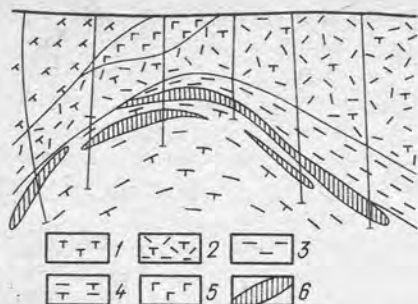


Рис. 24. Схематический геологический разрез Степного месторождения:

1 — кварцевые туфопесчаники и туфогравелиты; 2 — туфопесчаники с прослоями алевролитов; 3 — алевролиты; 4 — переслаивающиеся туфогенные и осадочные породы; 5 — диабазовые порфиры; 6 — рудные залежи

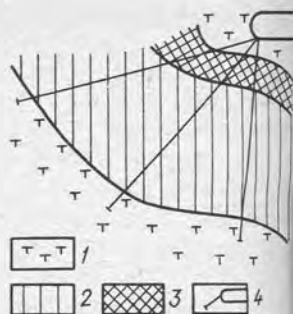


Рис. 25. Схематический геологический разрез Николаевского месторождения: 1 — скарны; 2—3 — руды; 2 — бедные, 3 — богатые; 4 — скважины, горные выработки

нами, а подсчет запасов производился со взвешиванием содержаний по стволовым мощностям. Скважины на крыльях складки пересекали руду под более острыми углами, и истинные мощности обедненных руд несколько завышались, что вызвало некоторое занижение средних содержаний при принятой методике взвешивания. Указанная погрешность легко выявлялась по зависимости среднего качества руд от углов встречи рудных тел скважинами (табл. 11).

Таблица 11

Зависимость средних содержаний от углов встречи скважин с рудным телом

Угол встречи, градусы	Содержание условного цинка (в %) в рудных телах		Угол встречи, градусы	Содержание условного цинка (в %) в рудных телах	
	№ 5	№ 6		№ 5	№ 6
<30	5,22	3,35	60—75	9,39	13,72
30—45	5,32	11,36	75—90	8,85	8,03
45—60	8,99	9,67			

При разведке залежей сложной формы веерными скважинами подземного бурения расчет средних содержаний осложняется резким различием зон влияния проб в приустевых и призбойных частях скважин. Среднее содержание, рассчитанное со взвешиванием по стволовым мощностям, может искажаться при наличии обогащенных или обедненных зон в вершине или, наоборот, в конце «веера». Для устранения погрешностей такого рода требуется либо взвешивание по площадям влияния проб, либо введение весовых коэффициентов, учитывающих положение отдельных скважин и интервалов опробования относительно залежей. Подобные иска-

жения отмечались в подсчете запасов по отдельным блокам Николаевского месторождения (рис. 25).

При подсчете запасов с применением коэффициента рудоности в обобщенных контурах продуктивных зон истинные элементы залегания сплошных рудных скоплений остаются неопределенными, а следовательно, не могут быть вычислены и истинные мощности. Таким образом, в качестве весовой функции при расчете среднего содержания приходится принимать стволую мощность. Случайная погрешность оценки среднего при этом возрастает. Однако при взвешивании по стволовым мощностям нельзя исключить и возможность систематических погрешностей. Последние могут появиться, если на месторождении имеются скопления богатых и бедных руд разной ориентировки, вскрываемые единой системой разведочных пересечений под закономерно разными углами.

На многих месторождениях с целью заверки сплошности оруденения проходятся восстающие выработки в основном на том этапе разведочных работ, когда закономерности пространственного распределения уже изучены. При этом восстающие часто закладываются с целью подтверждения наличия обогащенных столбов. Однако учет данных опробования таких выработок при выводе средних содержаний ведет к их завышению. Для месторождений со сложным, бонанцевым распределением компонентов (золоторудных, золото-серебряных) это явление достаточно типичное, и ГКЗ СССР вынуждена была принять за правило исключать данные опробования восстающих из расчетов средних параметров.

Систематическое искажение средних параметров может вызвать и включение в расчеты данных опробования выработок, пройденных по простиранию (штреки) и отличающихся повышенными параметрами. Например, на месторождении Мютенбай наряду с крутопадающими рудными залежами устанавливались пологозалегающие, субсогласные с вмещающими породами. На горизонтах горных работ, когда еще не были выявлены общие элементы залегания, выработки, пройденные по простиранию, опробовались не вертикальными, а горизонтальными бороздами. Результаты опробования сильно отличались от обычных для месторождения. Несмотря на это, при подсчете запасов такие данные были учтены, что привело к завышению средних мощностей, средних содержаний и коэффициентов рудоности.

Для определения средних параметров на глубоких горизонтах месторождений, обычно разведанных более редкой сетью выработок, часто привлекаются средние данные выше расположенных и лучше разведанных блоков. Этот прием методически оправдан и в общем случае не несет систематических погрешностей, если по имеющимся данным не устанавливается тенденция к закономерному ухудшению параметров с глубиной. Однако во многих случаях такое ухудшение типично и геологически объяснимо.

На одном из золото-серебряных месторождений верхнюю часть предполагалось обрабатывать открытым способом. Граница блоков, предназначенных для открытой и подземной добычи, проводилась по проектному контуру карьера. Параметры смежных блоков выше и ниже контура карьера рассчитывались как общие с целью увеличения статистического коллектива и соответственно точности средних в условиях сильной изменчивости содержаний. Однако обогащение приповерхностных частей серебром и золотом за счет вторичных процессов весьма обычное явление на подобных месторождениях; отчетливо проявлялось оно и в данном случае. В результате средние содержания компонентов и их запасы оказались в блоках открытой обработки заниженными, а в блоках подземной обработки — завышенными. Несмотря на естественное совпадение суммарных цифр, авторский подсчет в данном случае не мог быть признан правильным. На многих золото-серебряных и серебряных месторождениях закономерное уменьшение продуктивности оруденения с глубиной устанавливается достаточно определенно. Несмотря на это, средние параметры по глубоко расположенным и слабо разведанным блокам категорий C_2 принимались по данным выше расположенных блоков высоких категорий, вплоть до выходящих на поверхность. Запасы категории C_2 нижних горизонтов этих месторождений, естественно, оказались завышенными.

Некоторые закономерности в пространственном распределении компонентов свойственны практически всем месторождениям, и недоучет их при выводе средних — весьма распространенная ошибка, проявляющаяся на самых разных типах месторождений.

Так, на Кия-Шалтырьском месторождении, представляющем собой интрузию нефелинсодержащих пород, ввиду слабой изменчивости содержаний полезных и вредных компонентов средние значения были рассчитаны по всему месторождению и принимались одинаковыми независимо от пространственного положения и категории запасов блоков (случай сам по себе уникальный). Однако и на этом месторождении все же устанавливалось некоторое снижение содержания глинозема и суммы щелочей в северной части месторождения, что оказалось неотраженным в подсчете и привело к завышению качества руд ряда блоков.

Завышение запасов вызывает также произвольное изменение зон влияния разведочных пересечений. На Высоковольтном месторождении границы подсчетных блоков проводились, как правило, по разведочным линиям. Но один внутренний забалансовый блок был ограничен не по линиям, а между ними. В результате зоны влияния смежных кондиционных блоков оказались расширенными, а забалансового — зауженными.

Учет «ураганных» проб при вычислении средних параметров долгое время рассматривался как один из важнейших методических вопросов. Ему был посвящен ряд работ П. Л. Каллистова.

А. П. Прокофьева, В. А. Петрова и других исследователей. Большое внимание учету «ураганности» проб уделил и И. Д. Коган [17], книга которого до настоящего времени является одним из основных пособий как для авторов, так и для экспертов подсчетов запасов.

Как известно, под термином «ураганные» принято понимать резко выдающиеся частные значения параметров в осредняемой совокупности, влияние которых заметно завышает среднее. Геологически эти значения обычно связывают с локальными гнездами особо богатых руд, размеры которых значительно меньше зон влияния проб, попавших в такие скопления. Этим, на первый взгляд, подтверждается завышающая роль ураганных значений при оценке средних. Однако появление ураганных проб означает, что на месторождении имеются такие локальные скопления богатых руд, количество которых в действительности может быть гораздо больше количества ураганных проб, так как далеко не каждое скопление может вскрыться пробой. Следовательно, включение ураганных проб в расчет среднего будет вызывать завышение оценки лишь в том случае, когда совокупный объем всех богатых гнезд, вскрытых и не вскрытых разведочными выработками, будет существенно меньше объема влияния ураганного пересечения при данной плотности разведочной сети. Вероятность этого, в общем случае, тем меньше, чем больше плотность разведочной сети и общее количество осредняемых данных.

Статистически появление ураганных проб связывается с асимметрией распределения параметров, т. е. с различной вероятностью появления значений больше или меньше среднего. Большая вероятность малых значений свойственна распределениям содержаний на месторождениях с низкими и изменчивыми концентрациями компонентов (большинство цветных, редкие и благородные металлы), а также типична для распределений мощностей на жильных и пластовых месторождениях с сильной изменчивостью этого показателя. Подсечение выработкой богатых гнезд сравнительно малых размеров и распространение полученных данных на зону влияния этой выработки приводит к переоценке действительного содержания по данной зоне. Однако в то же время большинством выработок будут вскрыты сравнительно бедные руды, с содержанием ниже среднеблочного. Значение содержания в зонах их влияния будет недооцениваться, а среднее по сумме всех выработок вовсе не обязательно будет завышено, что было убедительно показано В. А. Петровым в расчетных экспериментах [30].

Таким образом, резкая неравномерность распределения параметра и появление в связи с этим ураганных значений в принципе не должны приводить к систематической переоценке средних значений, но обуславливают большую случайную погрешность в оценке средних по отдельным блокам, при общей тенденции к завышению, если в выборку вошли ураганные значения, и заниже-

нию, если такие значения в выборку не попали. При достаточно большом числе блоков и не слишком малом числе пересечений в каждом из них влияние ураганных значений на общий итог подсчета несущественно и их наличие ни к какому систематическому завышению не приводит. При небольшом количестве частных данных в каждом блоке погрешность оценки среднего в них, естественно, возрастает, причем для погрешностей завышения вероятность больших абсолютных значений больше, чем для погрешностей занижения. Малое число блоков при этом усугубляет последствия ошибок оценки параметра для одного из них. Поэтому для мелких объектов и при невысокой разведанности появления выдающихся, ураганных значений, в основном определяющих величину среднего, создает неуверенность в правильности его вывода и позволяет считать целесообразным введение страховочных поправок. Однако для такой страховки нельзя предложить никакой объективной математической процедуры.

К аналогичному выводу пришел и И. Д. Коган [17], предложивший просто ограничивать предел влияния единичных проб на средний результат по пересечению (20%) и частных пересечений на среднее по блоку (10%). Указанный способ широко применяется и в настоящее время. Следует заметить, что формальное его использование в целом ведет к занижению средних содержаний и запасов. Для крупных блоков, подсчет запасов которых опирается на тысячи проб и десятки пересечений, единичные проб или пересечений, в существенной степени влияющих на среднее, обычно не оказываются. Формальное следование указанным пределам с ограничением отдельных проб или пересечений, влияние которых составляет соответственно 25—30 или 12—15%, никак нельзя считать необходимым.

Специальные исследования по сопоставлению результатов детальной и эксплуатационной разведки, выполненные на одном из крупных редкометальных месторождений, показали, что относительная разница содержаний по достаточно большому числу блоков составила при ограничении ураганных проб по методике И. Д. Когана в среднем +15%, а при отказе от ограничения +5%, т. е. снизилась почти втрое, ясно указывая на ненужность применяющегося ограничения.

При анализе материалов сопоставления данных разведки и эксплуатации по большому числу различных месторождений установлено, что неподтверждение запасов рассматривается как следствие недоучета влияния ураганных проб в основном тогда, когда истинные причины неподтверждения, по существу, остаются невскрытыми.

Вместе с тем нельзя допускать слишком сильного влияния на общие результаты подсчета единичных пересечений, вскрывающих особо богатые руды или участки резко повышенной мощности, возможность учета которых в расчетах геологически не обосно-

вана. На подобные случаи обращается особое внимание при экспертизе. Страховка таких значений с явно завышающим влиянием может и должна производиться. При этом следует иметь в виду, что рекомендованная И. Д. Коганом и широко распространенная процедура такой страховки остается волевой, а введение в соответствии с этой методикой ограничений в частные секционные пробы обычно мало эффективно.

Исключение составляют те случаи, когда кондиционное значение среднего по пересечению значительной мощности практически определяется единичной богатой пробой. Подобные случаи нередки при разведке золоторудных и других месторождений с «самородковым» распределением ценного компонента. Иногда такие пересечения, особенно расположенные в краевых частях блоков, можно просто исключить из промышленного контура, не изобретая специальной методики эффективного ограничения.

Проведение ограничений в два этапа: вначале по пробам, а затем по пересечениям — чаще всего следует считать неоправданным усложнением этой процедуры. Поскольку конечной целью является страховка общего итога подсчета, вполне приемлемо проводить ее однократно, ограничивая влияние частных пересечений на среднечлочный показатель.

Хотя обычно принято считать «ураганными» содержания, практика знает немало примеров, когда завышение запасов металла определяется прежде всего завышением запасов руды и связывается с переоценкой мощностей. Так, на одном из медно-никелевых месторождений запасы руды при обработке не подтвердились почти на 40%, хотя при этом была отмечена практически полная сходимость содержаний, а значения мощности рудной залежи оказались завышенными. В подсчете запасов отдельных блоков учитывались выдающиеся значения мощности — 8—19 м — при средней около 2 м. Влияние этих значений на среднее составляло до 30—50% при числе скважин в блоке 7—16, но в процессе подсчета не ограничивалось. При эксплуатации в участках предполагавшихся раздувов обнаруживались локальные усложнения залегания, прилегающие короткие апофизы и сближенные параллельные тела, размер которых оказывался много меньше площади влияния скважин с высокими мощностями. Наличие «выдающихся» мощностей явилось одной из существенных причин неподтверждения запасов руды на данном месторождении.

Примером месторождения с «ураганным» значением метропроцента, появление которого обусловлено совпадением выдающихся значений как мощности, так и содержания, может служить объект, представленный золотоносной окисленной «шляпой» колчеданной залежи. Метропроцент одного из пересечений составлял здесь более 30% от суммы метропроцентов по всему месторождению и более чем в 6 раз превышал следующее ближайшее по величине значение. Столь высокое значение возникло в связи с попаданием

выработки в обогащенный «карман», однако площадь последнего могла оказаться существенно меньше ячейки сети, на которую фактически распространялось значение при подсчете. В процессе подсчета авторами ограничивалось влияние единичных проб (секций) на среднее по пересечению по пределу влияния 20%. Однако и после ограничения удельный вес «ураганного» пересечения в общих запасах превышал 24%, что представлялось недопустимым, и влияние этого пересечения на общие запасы предложено было дополнительно ограничить.

В целом практика экспертизы подсчетов запасов в ГКЗ СССР за последние годы показывает следующее.

Ограничение выдающихся параметров на месторождениях черных металлов не производится. На месторождениях цветных, благородных и редких металлов ограничение осуществляется на 25—30% месторождений. При этом ограничению подвергается в основном содержание основного или попутных полезных компонентов; мощность и площадь рудных тел ограничиваются в единичных случаях.

Волевые страховочные поправки иногда вводятся в расчетную величину параметра по блокам и вне связи с наличием ураганных значений. Так, в практике экспертизы общих результатов подсчета запасов обычно считается недопустимым, когда среднее содержание в блоках низкой категории разведанности (особенно, C_2) оказывается в целом больше, чем в блоках высоких категорий. Действительно, учитывая, что среднее содержание в предварительно оцененных запасах обычно оценивается по ограниченному числу данных и обладает поэтому значительной случайной погрешностью, резкое превышение его над содержанием достоверно разведанных блоков одного и того же месторождения может считаться следствием такой погрешности. Соответственно к расчетным параметрам блоков низкой категории может быть применен некоторый волевой страховочный коэффициент.

Авторы подсчетов нередко пренебрегают такой страховкой, не давая в то же время в материалах обоснование возможности более высокого качества запасов в блоках низких категорий в связи с их геологическим положением.

Разумеется, волевая страховка должна производиться экспертом в соответствии с личным опытом и с учетом всей совокупности данных о месторождении. Поэтому четкие рекомендации здесь невозможны. Однако в целом превышение содержания в запасах категории C_2 над содержанием в запасах более высоких категорий, в особенности если эти запасы предполагается учесть при проектировании, не должно остаться без внимания эксперта, и в большинстве случаев рекомендуется понизить эти содержания до уровня, соответствующего для запасов высоких категорий.

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЕРТНОГО РАССМОТРЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ СОПОСТАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАЗВЕДКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ

При вовлечении месторождения в освоение ожидается определенный экономический эффект, рассчитываемый в проекте на основании данных разведки. Погрешности разведки могут обуславливать снижение и даже полную потерю этого эффекта, что наносит ущерб народному хозяйству. Качество разведки и подготовки запасов к освоению должно исключать возможность такого ущерба. Однако все получаемые при разведке характеристики полезного ископаемого, а также условия его залегания в недрах оцениваются разведкой приближенно, с большей или меньшей неопределенностью. Окончательное суждение о качестве разведки может быть высказано только по сравнению ее результатов с данными эксплуатации. Возможность такого сравнения, естественно, появляется только на эксплуатируемых месторождениях и только после отработки достаточно представительной их части. Важность получаемого при этом материала для дальнейшего совершенствования всего процесса разведки, оценочных технико-экономических расчетов и эксплуатации месторождений в целях дальнейшего снижения экономического риска неопределима. Поэтому систематическое сопоставление результатов разведки и эксплуатации следует считать необходимым на всех обрабатываемых месторождениях.

Требованиями ГКЗ СССР [11] определено, что в материалы подсчета запасов эксплуатируемых месторождений при представлении их по каким-либо причинам на переутверждение должен обязательно включаться раздел по сопоставлению. Кроме того, нередко возникает потребность рассмотрения специальных работ по сопоставлению, проводившихся с целью обоснования поправочных коэффициентов к данным разведки, выяснения причин расхождений, разработки мероприятий по совершенствованию технологии добычи и т. п.

Согласно действующей инструкции ГКЗ СССР [11], данные разведки и разработки сопоставляются в контурах запасов, ранее утвержденных ГКЗ СССР или ТКЗ, а также с учетом отработки запасов за пределами этих контуров. Сравнению подлежат запасы руды и ценных компонентов, а также все подсчетные параметры. В сопоставлении должны быть приведены следующие данные:

- 1) анализ выявленных изменений в представлениях о геологическом строении месторождения;
- 2) баланс движения запасов по отдельным телам, блокам, категориям и месторождению в целом с даты последнего утверждения;

3) обоснование достоверности эксплуатационной разведки и опробования, геолого-маркшейдерского, фабричного учета, надежности оценки величин потерь и разубоживания;

4) контуры утвержденных ГКЗ СССР (ТКЗ) и погашенных запасов, данные о погашенных и числящихся на балансе запасах;

5) анализ подтверждаемости горно-технологических условий разработки и соответствия применяемых систем этим условиям;

6) предложения по уточнению методики разведки, вытекающие из результатов сопоставления.

Сопоставляются детально разведанные и утвержденные ГКЗ СССР или ТКЗ запасы месторождения или отдельных его участков и крупных тел по результатам отработки участков или группы блоков, соответствующих по меньшей мере годовой, а для уверенных выводов трех-пятилетней проектной мощности рудника, подсчитанные по единым кондициям в близких, хотя и не обязательно полностью совпадающих контурах.

Эталонными запасами, с которыми производится сравнение, должны быть, как правило, фактически погашенные запасы, а также непогашенные запасы в целиках.

Данные эксплуатации, используемые в сопоставлении, должны обосновываться надежным учетом добычи, разубоживания и потерь.

ОШИБКИ РАЗВЕДКИ

Ошибки, возникающие в процессе разведки месторождений, могут быть разделены на две основные группы: погрешности определения тех или иных количественных характеристик оруденения (средняя мощность, содержания, плотность) и ошибки выявления условий залегания, формы и строения рудных скоплений.

Погрешности определения количественных характеристик могут быть случайными или систематическими, а в последнем случае иметь разный знак, приводя к завышению или занижению запасов.

Случайные погрешности обусловлены малым количеством частных замеров параметра при выводе средней оценки. Однако при сопоставлении с результатами эксплуатации наблюдаемое расхождение характеризуется конкретной величиной и знаком. Возможность отнесения этого расхождения за счет случайной погрешности может быть определена сравнением его величины с величиной случайной погрешности, вычисляемой для разведочных данных по известным формулам вариационной статистики или геостатистики. Критерием неслучайности будет при этом следующее соотношение:

$$\Delta_{\phi} > t \Delta_p, \quad (8)$$

где Δ_{ϕ} — фактическое расхождение данных разведки и эксплуатации; t — коэффициент вероятности, величину которого, как всегда при выявлении систематических погрешностей, следует выбирать

по не слишком высокому уровню значимости, т. е. $0,8-1$; Δ_p — расчетная оценка погрешности среднего при данном количестве разведочных пересечений (проб).

Систематические погрешности в оценке количественных характеристик могут быть обусловлены систематическими погрешностями опробования, измерений или анализов и выявляются соответствующим контролем.

Ошибки определения условий залегания и морфологии всегда однозначны, так как строение месторождения, разведанного по относительно редкой разведочной сети, может представляться только более простым, чем оно является в действительности. Такие упрощения могут обусловить неправильный выбор технологии добычи в проекте, а при отработке вызвать рост разубоживания и превышение фактической себестоимости продукции над плановой, вплоть до превращения планово-прибыльного по проекту предприятия в фактически убыточное. Так, на одном из месторождений висмута за счет резкого усложнения морфологии рудных тел показатели освоения изменились относительно проектных следующим образом:

<i>Показатель</i>	<i>Проектное значение</i>	<i>Фактическое значение</i>
Относительное содержание в товарной руде, %	100	48
Разубоживание, %	29	67
Извлечение, %	72	60
Годовая продукция, тыс. руб.	1755	584
Прибыль (убытки) на годовой выпуск, тыс. руб.	+197	-134

Ошибки определения условий залегания и формы рудных тел бывают связаны прежде всего с неверным пониманием геологических особенностей месторождений, недостаточной плотностью разведочной сети, отсутствием участков выборочного ее сгущения, отсутствием или малым объемом прослеживающих горных выработок.

Эти ошибки могут иногда приводить к уменьшению площади (объема) рудных тел за счет недооценки прерывистости строения, однако главным и почти обязательным их следствием является снижение содержания полезных компонентов в товарной руде за счет роста разубоживания, обусловленного усложнением морфологии рудных тел, и увеличение потерь за счет направления части сильно разубоженной руды в отвал. Подобные расхождения в результате сопоставления иногда могут неверно трактоваться как ошибки в оценке среднего содержания и запасов полезного ископаемого в недрах.

К особым случаям ошибок определения условий залегания рудных тел относится пропуск разведкой пострудных нарушений. Все количественные характеристики могут при этом полностью подтвер-

даться, однако обнаружение пострудных нарушений значительных амплитуд может сделать невозможным применение проектной технологии добычи, увеличить ее себестоимость и снизить экономические показатели эксплуатации.

В реальных условиях могут одновременно проявляться систематические погрешности оценок средних параметров и ошибки определения условий залегания и формы рудных тел. В материалах сопоставления совокупная величина расхождения данных разведки и эксплуатации должна быть соответствующим образом дифференцирована, а правильность и обоснованность проделанного анализа проверены экспертизой.

ОШИБКИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Расхождение между данными разведки и эксплуатации в сопоставлении может быть связано с ошибками не только разведки, но и эксплуатации. Плохая организация геолого-маркшейдерской службы рудников, слабый контроль за качеством и полнотой выемки, нарушения проектной технологии добычных работ или обогашения могут обусловить неподтверждение при эксплуатации запасов, оцененных разведкой в недрах достоверно и правильно. Недостатки такого рода в деятельности горных предприятий еще встречаются.

При рассмотрении материалов сопоставления эксперт должен прежде всего оценить надежность данных эксплуатации как эталона. Сомнения в их надежности делают анализ сопоставления затруднительным, а иногда и невозможным и являются одной из главных причин отказов ГКЗ СССР в переутверждении запасов. Такие решения выносились, в частности, при рассмотрении результатов сопоставлений по месторождениям Хову-Аксы, Шерловогорское, ряду золоторудных месторождений и др. Однако отказ в утверждении не устраняет вредных последствий ошибок разведки, если таковые имелись, и не всегда способствует улучшению технологии добычи и контроля за этим процессом.

Можно указать следующие распространенные ошибки при ведении эксплуатационных работ:

1) недоработка реально имеющихся в недрах запасов за счет произвольного ужесточения кондиций или допущения внеплановых потерь;

2) выборочная отработка наиболее богатых участков, в результате которой содержание в оставляемых запасах снижается и может стать некондиционным;

3) завышенное разубоживание при добыче, что приводит также к снижению содержания в товарной руде до некондиционного, в связи с чем промышленные руды направляются в отвал.

Недоработка реальных запасов — явление достаточно распространенное. Так, при рассмотрении сопоставления разведки и экс-

плуатации по ряду бокситовых месторождений СУБРа было установлено, что руды мощностью от 1 до 2 м, как правило, оставались в недрах, хотя утвержденными кондициями значение минимальной выемочной мощности было установлено в 1 м и запасы подсчитывались с учетом этого показателя. На одном из золоторудных месторождений было отмечено произвольное повышение бортового содержания при добыче на 25%, что обусловило неполную выемку подсчитанных запасов. Погашенные запасы при этом составили лишь 80% от утвержденных, а среднее содержание в добываемой руде возросло на 6%.

На месторождениях, не имеющих четких геологических границ, при эксплуатационной разведке и опробовании иногда наблюдается систематическое недоопробование полной мощности. Например, на одном из золоторудных штокверков в подавляющем большинстве опробованных при эксплуатации интервалов отсутствовали законтурные пробы. В результате истинная мощность промышленных руд систематически недоопробывалась и занижалась, а содержание в товарной руде увеличилось в этих контурах на 19%. В то же время отработано было лишь 73% подсчитанных запасов.

На россыпных месторождениях часто отмечается неполная отработка краевых частей, а также неполная выемка песков до плотика.

Выборочная отработка богатых участков еще встречается в практике добычных работ, что неоднократно отмечалось при рассмотрении материалов сопоставлений, в частности, по месторождениям Хову-Аксы, Шерловогорское, ряду золоторудных месторождений и др. Так, на Шерловогорском карьере неподтверждение запасов по оценке рудника составило более 60%. Однако несмотря на отработку уступами высотой 12 м, что явно не соответствовало сложному строению рудного штокверка, содержание металла в добытой руде оказалось выше утвержденного. На полиметаллическом месторождении Южное содержание компонентов в товарной руде повысилось на 30—50%, а погашенные запасы составили лишь около двух третей от утвержденных. Следует подчеркнуть, что превышение содержания в добываемой руде над вычисленным в ходе подсчета запасов при общем неподтверждении последних чаще всего указывает на неполноту выемки или выборочную отработку богатых участков, т. е. на некачественную работу рудника, и требует специального внимания при экспертизе материалов сопоставления.

Завышенное разубоживание при добыче наблюдается очень часто, хотя и не всегда является следствием нарушений технологического режима эксплуатационных работ. Как уже указывалось, сложность морфологии залежей может систематически недооцениваться. При проектировании возможность усложнения морфологии и соответственно роста разубоживания не всегда учитывается. Соответственно несоблюдение планового разубоживания иногда

бывает как бы уже заложено в проекте. Превышение планового разубоживания могут вызвать различные мероприятия, осуществляемые в интересах увеличения производительности на выемке горной массы. К росту разубоживания могут привести недостаточный объем эксплуатационного опробования и низкий уровень геолого-маркшейдерского контроля за выемкой.

Если в процессе эксплуатации выявляется усложнение морфологии рудных тел, то некоторое увеличение разубоживания и соответственно приток количества руды при снижении средних содержаний в добываемой массе являются закономерными. Так, на Риддер-Сокольном месторождении масса руды при эксплуатации увеличилась на 23% при снижении содержаний компонентов на 4—12%. В целом усложнение морфологии происходит всегда, определяя общую тенденцию к увеличению запасов руды и снижению содержания. Эта тенденция должна правильно учитываться в проекте с помощью величины планового разубоживания.

В реальных условиях превышение планового разубоживания иногда побуждает предприятие вести выборочную выемку богатых руд, что, как правило, ведет к увеличению потерь и «неподтверждению» подсчитанных запасов. Нередки случаи, когда запасы полезных компонентов, сосредоточенные в убогих рудах, вывозимых в отвал, оказываются практически равными дебалансу между разведанными и добытыми запасами.

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИН СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ РАЗВЕДКИ

Систематические погрешности разведки обычно бывают обусловлены следующими причинами:

- 1) неверным пониманием геологического строения месторождения;
- 2) недостаточной плотностью разведочной сети;
- 3) систематической погрешностью применяемых методов опробования;
- 4) ошибочной методикой подсчета запасов.

Неверное понимание геологического строения месторождения всегда связано с недостаточной степенью разведанности. Однако ошибочность геологических представлений может маскировать недоразведанность, придавая авторским построениям достаточную правдоподобность и не вызывая особых сомнений у экспертизы. Это делает подобные ошибки наиболее опасными. Примеры резкого изменения геологических представлений о строении месторождений после начала эксплуатации относительно редки, но достаточно поучительны. Так, одно из месторождений редкометаллофосфорных руд (рис. 26), для которого в то время не было известно геологических аналогов, трактовалось на стадии разведки как сингенетически-осадочное образование. Соответственно для всех

рудных тел предполагались пластовая форма и согласное с вмещающими породами залегание. Изучение месторождения горными работами было выполнено в ограниченном объеме; в единственном пройденном штреке было частично вскрыто одно из рудных тел. После вскрытия месторождения горными работами в полном объеме выяснилось, что согласное залегание имеет только это рудное тело, по которому прошел разведочный штрек. Все прочие тела занимают пологое, секущее положение. В целом месторождение следовало относить не к пластово-осадочным, а к жильно-гидротермальным. Оказалось, что суммарная площадь жил меньше суммарной площади отстроенных по данным разведки пластов, а средняя мощность главной согласной жилы несколько завышена за счет распространения на площадь влияния скважин отдельных высоких значений, выявленных в участках, где скважинами были вскрыты прилегающие оперяющие жилы. Общие запасы руды оказались завышенными на 40% при удовлетворительном схождении средних содержаний.

Распространенной геологической ошибкой при изучении ряда месторождений типа штокверков или залежей вкрапленно-метасоматических руд является недостаточная изученность особенностей распределения рудной минерализации. Геологическая природа подобных образований нередко такова, что распределение ценного компонента в общей зоне окolorудного метасоматоза в целом закономерно и исключает выделение достаточно крупных обогатенных участков. Попытки их выделения с помощью кондиционных лимитов приводят к тому, что отстроенные контуры при эксплуатации не подтверждаются, а содержание в добываемых рудах существенно снижается против расчетного.

Так, при разведке Фестивального месторождения в пределах единых кварц-турмалиновых зон по бортовому содержанию олова и меди были обособлены промышленные рудные тела. Вскрытие месторождения показало, что в качестве рудного тела могут рассматриваться только зоны кварц-турмалиновых пород в их геологических границах. Рудник, правильно оценив полученные резуль-

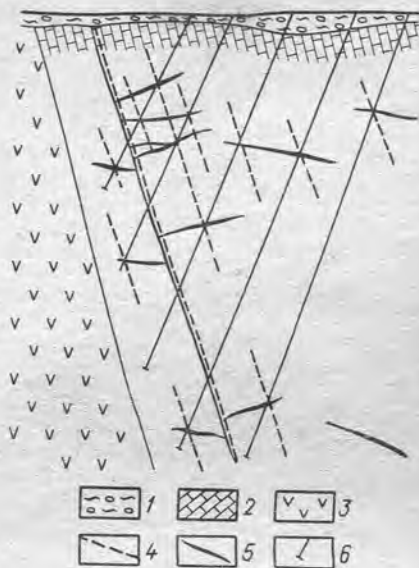


Рис. 26. Сопоставление положения рудных жил в разрезе по данным разведки и эксплуатации:

1 — рыхлые отложения; 2 — известняки; 3 — андезитобазальты; 4—5 — рудные жилы, установленные по данным: 4 — детальной разведки, 5 — эксплуатации; 6 — скважины детальной разведки

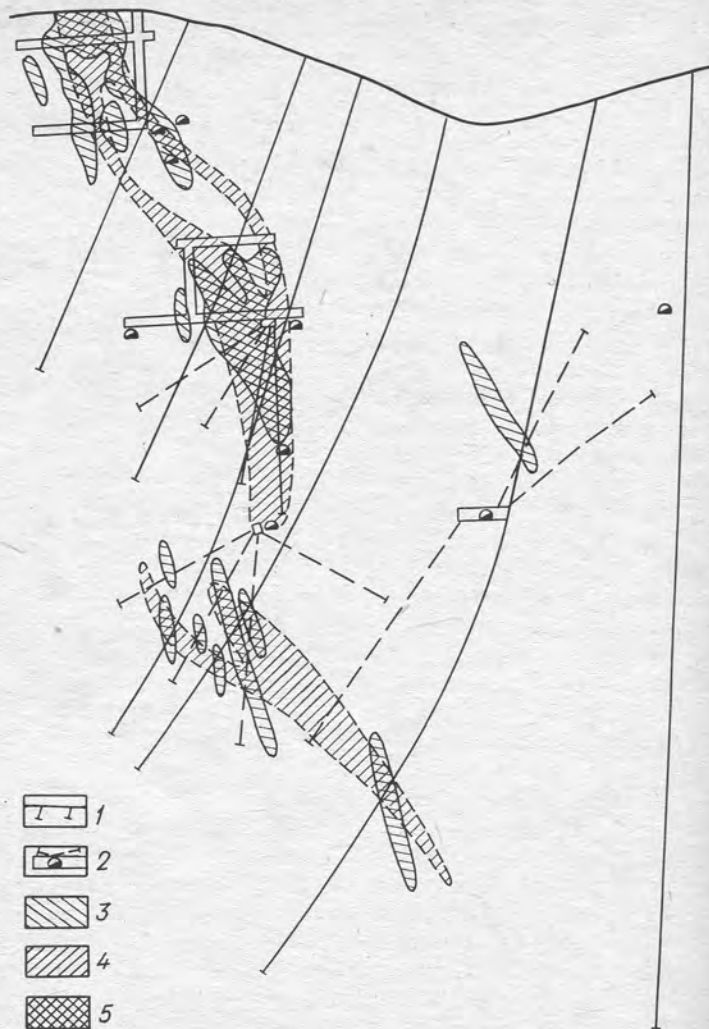


Рис. 27. Сопоставление положения рудных тел в разрезе по данным разведки и эксплуатации:

1 — скважины детальной разведки; 2 — горные выработки и скважины эксплуатационной разведки; 3 — рудные площади, не попавшие в контуры рудных залежей, построенных по данным детальной разведки; 4 — безрудные площади, попавшие в контуры рудных залежей, построенных по данным детальной разведки; 5 — площади совпадения рудных залежей разных стадий разведки

таты, перешел от селективной выемки к сплошной отработке рудных зон. Однако общее количество добытой руды превысило утвержденные запасы, а среднее содержание в ней снизилось на 29%, что вызвало необходимость перерасчета технико-экономических показателей предприятия.

Недостаточный учет особенностей распределения рудной минерализации в продольной плоскости жил, пересекающих различающиеся по литологическому составу породы, явился одной из причин значительных расхождений данных разведки и отработки на месторождении Хову-Аксы.

Формальная увязка рудных пересечений по смежным скважинам в протяженные жилоподобные залежи без учета пространственных взаимоотношений карбонатных и силикатных пород, положения и формы скарных тел привела к существенным ошибкам при оценке Казского железорудного месторождения (рис. 27). Эксплуатацией вместо выделенных по результатам разведки выдержанных крупных тел были выявлены сложные линзо- и гнездообразные залежи, общие запасы руды в которых оказались более чем на треть меньше утвержденных.

Недостаточная плотность разведочной сети при отсутствии или недостаточном объеме заверки сплошности рудных тел горными работами может обусловить завышение реальных размеров залежей и при правильном в целом понимании геологического строения месторождения. Так, увеличение степени прерывистости колчеданных тел и уменьшение объема руд, изученных относительно редкой сетью скважин, отмечено при отработке месторождения Левиха XIII. Существенные изменения были внесены в представления о строении залежей и условиях залегания руд при проведении горных работ на таких месторождениях, как Гайское, Среднее, Тишинское, Риддер-Сокольное и др. Неправильная ориентировка и недостаточная плотность разведочной сети обусловили ошибки в оценке Северного, Чатыркульского и других месторождений.

Систематические ошибки опробования также часто являются причиной расхождений результатов разведки и эксплуатации. Их влиянием было особенно сильным на месторождениях, разведывавшихся до 70-х годов с применением дробового бурения (Сорское, Никитовское и др.). Однако на рудах, склонных к избирательному истиранию (молибденитовые, киноварные, вольфрамитовые и др.), результаты опробования нередко искажаются и при алмазном бурении. В таких случаях не всегда удается добиться удовлетворительных результатов и при комплексном опробовании керна и шлама. Так, при бурении скважин по киноварным рудам было установлено обогащение шлама. Как правило, по данным шламового опробования завышаются мощности рудных интервалов.

Завышение мощности по керну было установлено при разведке Ново-Березовского колчеданного месторождения, залегающего в сильно рассланцованных породах, избирательно терявших при бурении. Средняя мощность по данным бурения была определена в 3,68 м, а фактически вскрытая горными выработками не превысила 2,19 м. Мощности по сближенным в пространстве выработкам и скважинам составляли соответственно 2,86 и 3,66 м, т. е. были завышены бурением на 28%.

При разведке россыпных месторождений скважинами канатно-ударного бурения мощность песков обычно также систематически завышается. Особенно сильные искажения вносятся при нарушении технологии бурения этим методом и проведении долочения ниже башмака обсадных труб, вследствие чего в опробуемый шлам попадает материал из затрубного пространства. Так, на одной из россыпей из 483 скважин 66 было пробурено с нарушением технологии. Стволовой запас по этим скважинам оказался в 8—20 раз больше, чем по скважинам, пробуренным с соблюдением технологии. Учет искаженных данных при подсчете запасов в основном обусловил неподтверждение запасов по россыпи на 50%.

Низкая представительность данных опробования разведочных скважин явилась причиной многократного переутверждения запасов Сорского молибденового месторождения, где отрабатываемые запасы систематически превышали разведанные. Аналогичная ошибка, но другого знака отмечалась по бороздовому опробованию молибденовых руд месторождения Тырнауз.

Из всего рассмотренного материала следует, что при анализе результатов сопоставления качеству опробования должно быть уделено специальное внимание.

Систематические ошибки в методике подсчетов в ряде случаев служат основной причиной неподтверждения запасов. Наиболее распространенными ошибками этого типа являются следующие:

1) блокировка запасов, определяющая неоднократный учет лучших (наиболее мощных или богатых) пересечений (проб) в расчете среднего;

2) недостаточное ограничение влияния выдающихся пересечений (проб);

3) завышение коэффициентов рудоносности вследствие неправильного определения границ рудоносных зон;

4) завышение площади сечения залёжей при подсчете способом разрезов в области интерполяции между выработками;

5) чрезмерное укрупнение подсчетных блоков, ведущее к смешению балансовых и забалансовых запасов;

6) завышение плотности руд за счет неучета поправки на влажность.

Так, на медно-никелевом месторождении Восток границы блоков проводились по скважинам с повышенной мощностью, которые соответственно принимались к расчету средних по двум и даже трем блокам и учитывались в подсчете многократно, что явилось одной из причин неподтверждения запасов.

На одной из золотоносных россыпей свыше 40% запасов определялось значениями метропроцента лишь по 14 скважинам, хотя в подсчете были учтены данные по 458 скважинам. Это было связано с тем, что «ураганные» значения были приняты в подсчет без ограничений; результатом явилось крупное неподтверждение запасов.

Рис. 28. Схема подсчета рудных площадей на месторождениях прерывистого строения:

1 — выработки стадии детальной разведки и рудные интервалы в них; 2 — общий контур площади рудоносной зоны; 3 — площади влияния рудных интервалов

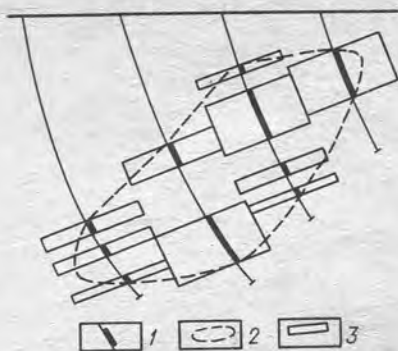
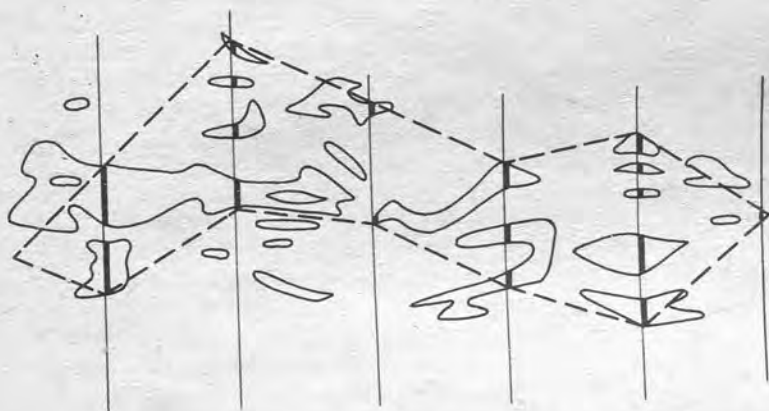


Рис. 29. Сопоставление контуров подсчета запасов, определенных при детальной (пунктирные линии) и эксплуатационной (сплошные линии) разведке (остальные условные обозначения см. на рис. 28).



При анализе сопоставления по Никитовскому месторождению завышение запасов от недоучета влияния как ураганных проб, так и сближенных и недобуренных скважин было оценено в 18%. На этом же месторождении отмечалось завышение коэффициента рудоносности за счет геологически не обоснованного уменьшения контура рудоносных зон. Эта ошибка на месторождениях, запасы которых подсчитываются с использованием коэффициента рудоносности, достаточно типична, так как значение коэффициента обычно лимитируется кондициями, а для проведения границ рудоносных зон четкие рудоносные маркеры отсутствуют. При этом в целях достижения лимитного значения коэффициента в контур подсчета произвольно включаются только наиболее сближенные пересечения, что ведет к уменьшению площади залежей и несоответствию расчетных коэффициентов реальной продуктивности недр. Завышение площади сечения в области интерполяции нередко наблюдается при подсчете способом разрезов запасов залежей колчеданных, полиметаллических и других месторождений. Так, на Ново-Березовском колчеданном месторождении в пространстве между выработками на разрезах изображались флексуобразные

изгибы и раздувы мощности, увеличивавшие площадь сечения тел, принимавшуюся при вычислении запасов руды. При эксплуатации наличие этих изгибов и раздувов не подтвердилось, а запасы оказались завышенными.

Чрезмерное укрупнение блоков, а также завышение плотности руд было установлено для Никитовского и ряда других месторождений.

Необходимо однако отметить, что некоторые ошибки или изменения методики, ведущие к систематическим расхождениям, допускаются и при подсчетах запасов по данным эксплуатационной разведки и опробования. Например, если подсчет запасов по результатам детальной разведки выполнялся с применением коэффициента рудоносности в обобщенных контурах, то эксплуатационная разведка обычно позволяет уже выделить обособленные тела сплошных руд. Но оконтуриваются эти тела нередко клином на половину расстояния между рудной и безрудной выработкой. Методика же подсчета с использованием коэффициента рудоносности определяет распространение мощности каждого пересечения до выклинивания не «клином», а «полотном» (рис. 28).

Опыт показывает, что это различие методик может иногда вызвать систематические расхождения, которые, однако, нет оснований рассматривать как неподтверждение запасов. Так, сопоставление результатов детальной и эксплуатационной разведки на одном из редкометальных месторождений (рис. 29) показало практически полную сходимость средней мощности рудных тел (соответственно 4,8 и 4,9 м). Но суммарная площадь рудных тел в разрезах, подсчитанная при детальной разведке как произведение мощности сечений продуктивной зоны на величину коэффициента рудоносности (0,47), оказалась на 25% больше той же площади, определенной при эксплуатационной разведке планиметрированием отстроенных контуров сплошных рудных тел на разрезах. Анализ материалов показал, что эта разница целиком должна быть отнесена за счет уменьшения интерполяции на выклинивании при подсчете по данным эксплуатационной разведки.

Глава 11

ОБОСНОВАННОСТЬ КВАЛИФИКАЦИИ ЗАПАСОВ ПОДСЧЕТНЫХ БЛОКОВ ПО КАТЕГОРИЯМ РАЗВЕДАННОСТИ

ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАПАСОВ

Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, утвержденной в 1981 г., предусмотрено подразделение запасов полезных ископаемых по степени

изученности на разведанные — категория А, В и C_1 — и предварительно оцененные — категория C_2 . Кроме того, выделяются три категории прогнозных ресурсов — P_1 , P_2 и P_3 .

Требования к запасам различных категорий определяются изученностью следующих показателей:

1) формы и условий залегания тел полезного ископаемого, характера и закономерностей их изменчивости, наличия разрывов сплошности и смещающих тектонических нарушений;

2) наличия и особенностей распределения природных разновидностей и технологических типов и сортов руд;

3) технологических свойств руд;

4) гидрогеологических, инженерно-геологических, горно-геологических, геокриологических и других природных условий.

Устанавливаются также требования к достоверности оконтуривания запасов в недрах (табл. 12).

Классификацией не регламентируется точность подсчета запасов различных категорий. При этом предполагается, что достигнутая для суммы разведанных запасов точность обеспечивает выполнение всех технико-экономических расчетов, связанных с освоением, и исключает возможность существенного расхождения между расчетными и реально достижимыми технико-экономическими показателями эксплуатации.

Важно подчеркнуть, что, поскольку все расчеты по освоению месторождения осуществляются по сумме категорий разведанных запасов, вопрос о различной точности оценки отдельных категорий теряет смысл. Практически эта точность нередко является даже большей для запасов категории C_1 , так как последние, всегда преобладавая количественно, могут опираться на большее число проб и пересечений.

Главным отличием запасов высоких категорий (А и В) является большая детальность изучения пространственного положения и характеристик, обуславливающих технологию добычи и переработки руд. Нормированным соотношением запасов высоких и низких категорий определяется подготовленность месторождений к освоению.

Таким образом, классификация запасов, принятая в СССР, в целом несет двойную функцию, представляя собой, с одной стороны, систему учета ресурсов, а с другой, — систему оценки подготовленности месторождений к освоению.

Следует отметить, что классификации запасов в зарубежных странах построены по тем же общим принципам, но имеют целью исключительно учет ресурсов. Если в действующей в нашей стране классификации в качестве разведанных запасов в зависимости от группы сложности строения месторождения выступают суммы категорий $A+B+C_1$ или C_1+C_2 , то за рубежом такие запасы рассматриваются как сумма максимум двух категорий, например измеренных и исчисленных — в американской классификации или

Таблица 12

Требования к изученности месторождений по категориям разведанности запасов

Показатели изученности	Категория запасов			C ₂
	A	B	C ₁	
Форма и условия залегания рудных тел	Установлены полностью	Установлены основные особенности	Выявлены размеры и характерные формы	Оценены по геологическим данным
Внутреннее строение рудных тел	Выделены и охарактеризованы безрудные и некондиционные участки	Установлено пространственное размещение безрудных и некондиционных участков	Оценена возможная прерывистость внутреннего строения	То же
Наличие разрывных нарушений	Установлены положение и амплитуда	Установлены положение и амплитуда крупных и охарактеризована возможная степень разрывности малоамплитудных нарушений	Оценена возможность разрывности	Не лимитируется
Наличие природных, промышленно-технологические и технологические свойства	Определены, выделены и охарактеризованы	Определены и по возможности охарактеризованы закономерности пространственного распределения и количественные соотношения	Определены, установлены лишь общие закономерности пространственного распределения и количественные соотношения	"
Гидрогеологические, инженерно-геологические, горно-геологические и другие условия	Изучены с полной позволяющей получить исходных данных для проектирования переработки	Изучены с полной, позволяющей качественно и количественно охарактеризовать основные показатели и их влияние на вскрытие и разработку	Охарактеризованы в степени, достаточной для обоснования промышленной ценности запасов	Определены по результатам исследований единичных проб или по аналогии
Контур запасов	Изучены с полной позволяющей получить исходных данных для проектирования переработки	Изучены с полной, позволяющей качественно и количественно охарактеризовать основные показатели и их влияние на вскрытие и разработку	Исследованы с детальной степенью, позволяющей предвзительно охарактеризовать основные показатели	Оценены по аналогии
	Определен по скважинам и горным выработкам	Определены по скважинам и горным выработкам с включением ограниченной зоны, геологически обоснованной эксплуатационной	Определен по скважинам, горным выработкам и геологически обоснованной эксплуатационной	Определен по единичным скважинам и горным выработкам и геологически обоснованной эксплуатационной

запасов и ресурсов — во французской. При этом для месторождений, подобных относимым в нашей практике к 3-й и 4-й группам, запасы, определяемые высшей категорией — «измеренные», практически соответствуют сумме всех категорий $A+B+C_1+C_2$ в советской классификации [16]. Сопоставлением подтверждается целесообразность единого подхода к вопросу о точности оценки запасов всех категорий.

Как подчеркивалось еще И. Д. Коганом [17], установление каких-либо допусков точности оценок даже для суммы категорий нецелесообразно, так как при выполнении технико-экономических расчетов проектиранты, стремясь гарантировать возврат капитальных вложений и гарантированную прибыль, должны исходить из наилучшего варианта и, следовательно, уменьшать подсчитанные запасы на величину возможной ошибки, что обусловит занижение ресурсов по стране в целом. Однако если исходить из того, что разведка месторождений должна прежде всего обеспечивать соответствие проектных и реально достигаемых технико-экономических показателей освоения месторождения, а не максимальный учет заключенных в недрах запасов, то подобная страховка может быть признана вполне правомерной.

Полный, исчерпывающий учет всех запасов при разведке далеко не всегда достигается, так как определенный прирост нередко происходит в процессе эксплуатации, что может рассматриваться как положительный фактор. Занижения же общих запасов в принципе можно было бы избежать, переводя, например, запасы, соответствующие страховочной поправке, из категории разведанных в категорию предварительно оцененных.

Как известно, в настоящее время уже разработаны достаточно надежные приемы оценки возможной погрешности подсчета запасов.

Главной причиной, мешающей проведению оценки точности подсчетов и использованию величин ошибок в технико-экономических расчетах, является то, что прирост запасов высоких категорий остается основным плановым показателем деятельности геолого-разведочных организаций, и введение страховочных поправок к цифрам выполнения плана оказывается в этих условиях неприемлемым. Наличие такого показателя и система его планирования имеют ряд недостатков.

Распределение прироста по большому числу объектов, находящихся на разных стадиях разведки, качественно не меняет сырьевой базы и не стимулирует своевременной подготовки к освоению конкретных объектов. Достоверность малых порций «прироста запасов», представляемых за год и тем более за квартал, низка, и во многих случаях эти запасы не соответствуют категориям, по которым квалифицируются. Планирование прироста разведанных запасов вызывает стремление к максимальному переводу запасов конкретного объекта в категорию C_1 , вне зависимости от

масштабов месторождения, обеспеченности действующего предприятия запасами, способов и последовательности разработки. Авторы убеждены в том, что плановым показателем для геолого-разведочной отрасли должен являться не прирост запасов, а подготовка к освоению конкретного нового источника минерального сырья и сдача его «под ключ» эксплуатирующей организации. При этом запасы данного объекта будут определяться показателями ТЭДа и ТЭО освоения и требованиями классификации запасов по соотношению категорий. Подобная система позволила бы оценивать точность подсчета запасов и учитывать ее в технико-экономических расчетах, что, возможно, обусловило бы уменьшение числа ошибок в определении промышленного значения месторождений.

ОЦЕНКА ПРАВИЛЬНОСТИ КВАЛИФИКАЦИИ ЗАПАСОВ

Требования отечественной классификации запасов являются качественными и в приложении к конкретным блокам тех или иных месторождений не всегда могут обеспечить их однозначную квалификацию по категориям. Именно по квалификации запасов возникает обычно большинство разногласий при рассмотрении подсчетов запасов. В то же время переквалификация значительной части запасов в низшую категорию может нарушить регламентированное соотношение и определить неподготовленность месторождения к освоению.

Как следует из требований (см. табл. 12), основным фактором, определяющим квалификацию запасов, является изученность условий залегания, формы и внутреннего строения рудных тел. Эта изученность связана прежде всего с плотностью разведочной сети. При наличии участков выборочного гстушения сети, степень изученности условий залегания, формы и строения тел может получить количественную оценку с помощью ошибок геометризации (см. гл. 13).

Как показано В. А. Викентьевым и др. [26—28, 40], ошибки геометризации функционально зависят от плотности разведочной сети, причем характер этой зависимости в целом одинаков для месторождений разнообразных полезных ископаемых: золота, железа, бокситов, флюорита и т. п. Графики зависимости ошибок геометризации от плотности разведочной сети обычно имеют резкий перегиб в области, соответствующей 50%-ной ошибке. При обработке материалов по многим утвержденным ГКЗ СССР месторождениям выяснено, что для запасов, квалифицированных по категории С₁, ошибки геометризации в плоскости разведочных сечений составляют 30—50%, как правило, не выходя за эти пределы. Одним из месторождений, где ошибки геометризации превысили 50%, оказалось Южно-Ремезовское, для которого при эксплуатации установлено резкое неподтверждение запасов, обусловленное зна-

чительным усложнением контуров и увеличением степени прерывистости.

Таким образом, значение ошибки геометризации не более 50% может приниматься за количественный критерий допустимости отнесения запасов к категории разведанных.

При выполнении экспертизы главным является обычно вопрос обоснованности принятого деления запасов месторождения на разведанные ($A+B+C_1$) и предварительно оцененные C_2 . Разнообразие геологических особенностей месторождений и условий подсчета их запасов позволяет дать лишь самые общие рекомендации, никак не заменяющие личный опыт и эрудицию эксперта при решении данного вопроса.

Запасы выше, чем по категории C_2 , обычно не должны квалифицироваться, если:

1) увязка рудных тел в разрезах по данному блоку не везде однозначна;

2) фактические расстояния между разведочными пересечениями в блоке существенно превышают размеры ячейки сети, принятой и обоснованной для подсчета разведанных запасов по месторождению в целом;

3) контур блока полностью или в значительной мере определяется интер- и экстраполяцией от единичных в каждом разрезе выработок или от выработок одного разреза (так называемые «линейные» запасы);

4) на месторождениях, относимых к 4-й группе, запасы заключены в блоках, опирающихся только на буровые скважины;

5) запасы заключены в полосе между внутренним и внешним контуром блоков, квалифицированных по категории C_1 (на пластовых месторождениях 1-й и 2-й групп);

6) запасы заключены в блоке, не охарактеризованном ни одной выработкой, и обосновываются лишь «подвеской» к блокам высоких категорий;

7) при подсчете запасов с использованием коэффициента рудности блок имеет расчетное значение коэффициента менее 0,4—0,5;

8) блок располагается в явно иных, чем большая часть месторождения, гидрогеологических, горнотехнических или инженерно-геологических условиях, причем эти условия специально не изучены;

9) руды блока по вещественному составу, физическим и другим свойствам резко отличны, а их технология специально не изучена.

При оценке правильности квалификации запасов по категории C_1 следует иметь в виду, что подход к этой категории на месторождениях 1—2-й и 3—4-й групп должен быть несколько различным. В первом случае для запасов данной категории обычно не возникает сомнений в том, что полнота изученности формы, ус-

ловий залегания и внутреннего строения залежей является достаточной даже при относительно редкой сети, так как эти факторы надежно оценены в контурах блоков высоких категорий, а простота геологического строения позволяет уверенно интерполировать полученные данные на остальные запасы.

На месторождениях 3—4-й групп даже для выяснения только характерных форм и оценки возможной прерывистости внутреннего строения залежей необходимо, согласно требованиям классификации, проведение большого комплекса детальных геологоразведочных работ, соответствующего по объему требованиям, предъявляемым при квалификации запасов высоких категорий на месторождениях 1—2-й групп.

Специального рассмотрения экспертизы часто требует также вопрос обоснованности запасов категории В на месторождениях 2-й группы и правильности отнесения месторождения к данной группе. Следует отметить, что практика работы ГКЗ СССР дает весьма многочисленные примеры перевода месторождений из 1-й или 2-й группы в высшую по сложности строения: соответственно во 2-ю, 3-ю или даже 4-ю группу. Особенно часто такой перевод производится при повторном рассмотрении запасов месторождений, утверждавшихся в 50—60-е годы и ранее. Так, за последние 10 лет решение о переводе месторождений в более сложную группу было принято по целому ряду отчетов, в том числе по месторождениям Николаевскому, Устарасайскому, Мютенбайскому, Даугызтау и др.

Такая трансформация представлений о сложности строения по сравнению с первоначальными или предполагаемыми авторами является следствием ряда причин.

Во-первых, недооценка истинной сложности строения месторождения может считаться систематической ошибкой разведки, свойственной лежащему в ее основе выборочному методу. Степень приближенности получаемых представлений к истине может быть оценена только путем специальных заверочных работ, выполняемых со значительно большей детальностью на ограниченных участках.

Между требованиями классификации запасов и группировкой месторождений по сложности строения существует некоторое противоречие, так как требования к выявлению запасов высших категорий увеличиваются для месторождений простого и уменьшаются для месторождений сложного строения. Необходимость же выборочного детального изучения сложных месторождений часто недооценивается авторами.

Выявление запасов высших категорий или выборочное детальное изучение часто осуществляются на наиболее простых по строению рудных телах и участках месторождений. При дальнейшей разведке или эксплуатации нередко обнаруживаются новые рудные тела меньших размеров и более сложного строения. Удельный

вес запасов простых тел понижается, а сложность месторождения «в среднем» увеличивается.

В горную технологию внедряются все более производительные машины и механизмы, ограничивающие возможность селективной выемки, вследствие чего обработка сложных залежей затрудняется, а требования к простоте строения ужесточаются.

Перекалфикация группы месторождения в более сложную, естественно, обуславливает перевод запасов высших категорий в низшие, несмотря на объективно большую детальность их разведанности.

При сохранении группы месторождения неизменной, квалификация запасов по высшим категориям (А, В) может быть поставлена под сомнение, если:

1) запасы сосредоточены в ряде обособленных блоков, каждый из которых сравнительно невелик;

2) несмотря на сгущение разведочной сети, не получено принципиального уточнения представлений об условиях залегания, форме и степени сплошности рудных тел по сравнению с имеющимися для запасов низших категорий или такие уточнения не отражены в материалах подсчета; например, подсчет запасов категории В и C_1 в равной мере производился с коэффициентом рудоносности, причем значения последнего были практически одинаковы;

3) не выделены и не учтены при блокировке запасов высших категорий намечающиеся различия в качестве руд, условиях обработки отдельных участков и т. д.;

4) допущены методические ошибки в подсчете запасов, выразившиеся в неправильном оконтуривании, прессовке и т. д.;

5) в блоках имеются пересечения с выдающимся значением содержания, мощности или метропроцента, заметно влияющим на средние параметры, даже если влияние этих значений ограничено тем или иным волевым способом.

Правильности квалификации запасов категории C_2 обычно не уделяется специального внимания. Однако запасы этой категории, при наличии достаточного их количества, определяют перспективы месторождения, а для месторождений 4-й группы — и их реальные масштабы. Правильность оценки этих перспектив не должна оставаться вне внимания эксперта.

Прежде всего следует отметить, что имеющаяся информация должна давать возможность однозначно судить о балансовой принадлежности запасов, квалифицируемых по категории C_2 . Нередко по данной категории квалифицируют фланги и обособленные участки месторождений, отличающиеся более сложным строением и оказывающиеся, вследствие этого, хуже изученными при той же разведочной сети. Должна, однако, сохраняться уверенность, что имеющиеся рудные тела могут быть рентабельно отработаны с применением той же технологии.

По вещественному и сортовому составу руд запасы категории

S_2 не должны принципиально отличаться от разведанных запасов, а если такие отличия имеются, то в материалах подсчетов запасов должна быть специально обоснована возможность отнесения этих запасов к балансовым.

Требованиями квалификации определено, что запасы категории S_2 должны быть подтверждены вскрытием полезного ископаемого единичными скважинами или выработками. Следовательно, подсчет запасов категории S_2 только «подвеской» не допускается. Хотя формально «единичными» могут считаться и единственные скважины или выработки, подход к запасам рассматриваемой категории, «висящим» на одном пересечении, должен быть осторожным. Экстраполяция контура блоков должна при этом иметь геологическое или геофизическое обоснование или не превышать размера ячейки сети, принятой при разведке запасов категории S_1 .

Запасы категории S_2 , которые, по мнению эксперта, не могут быть признаны соответствующими этой категории, следует рекомендовать отнести к прогнозным ресурсам (P_1).

Запасы попутных компонентов в соответствии с требованиями действующей классификации квалифицируются по категориям согласно со степенью их фактической изученности. При этом запасы этих компонентов, определяемые в контурах подсчетных блоков основного компонента, рассчитывают умножением их средних содержаний на запасы руды. Квалификация запасов попутных компонентов будет зависеть в данном случае от достоверности определения их средних содержаний в руде. Если надежность средних доказана, то квалификация запасов основного и попутного компонентов совпадет. Вопросу надежности определения средних содержаний попутных компонентов при экспертизе необходимо уделять особое внимание, так как снижение категоричности их запасов, часто применяемое на практике при утверждении запасов, свидетельствует о недоразведанности месторождения.

Запасы попутных компонентов в зависимости от особенностей распределения, форм нахождения и связей этих компонентов с основными могут подсчитываться в руде, концентрате или в извлекаемых в товарные концентраты минералах. При наличии устойчивых статистических связей между основными и попутными компонентами при подсчете запасов широко используются корреляционные методы.

Глава 12

ОЦЕНКА ПОДГОТОВЛЕННОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ К ПРОМЫШЛЕННОМУ ОСВОЕНИЮ

Требования к подготовленности месторождений к промышленному освоению определяются «Классификацией запасов...» Согласно этим требованиям, подготовленность месторождений к освоению

оценивается соотношением запасов высоких и низких категорий с учетом группы месторождения (табл. 13), полнотой изученности технологических и горнотехнических условий отработки, изученностью возможностей попутной утилизации добываемой горной массы и наличием источников водоснабжения будущего предприятия.

Таблица 13

Соотношение запасов различных категорий на месторождениях, подготовленных к эксплуатации

Категория запасов	Металлы и нерудные полезные ископаемые				Угли и горючие сланцы		
	Группа месторождений						
	1-я	2-я	3-я	4-я	1-я	2-я	3-я
A+B	30	20	—	—	50	50	—
В том числе А, не менее	10	—	—	—	20	—	—
C ₁	70	80	80	50	50	50	100
C ₂	—	—	20	50	—	—	—

Для месторождений (участков) полезных ископаемых 4-й группы с гнездовым оруденением (ртуть, пьезооптическое и некоторые виды камнесамоцветного сырья) утвержденные балансовые запасы категории C₁ должны составлять не менее 20% суммарных балансовых запасов категорий C₁ и C₂.

Для очень крупных месторождений, вовлекаемых в освоение очередями, указанные соотношения должны определять изученность участков, намеченных к освоению в первую очередь. Таким образом, в целом для таких месторождений доля запасов низких категорий (C₁, C₂) может превышать приведенные в табл. 13 цифры.

Приведенные требования определяют **увеличение** степени изученности месторождений по мере **упрощения** их строения, что кажется парадоксом. Еще И. Д. Коган [17], обращая на это внимание, указывал, что на сложных месторождениях получение запасов высоких категорий в стадию детальной разведки экономически нецелесообразно и переносится на период горноподготовительных работ, сопровождаемых эксплуатационной разведкой. Высказывалось также мнение, что простые по строению месторождения, как правило, являются и крупными по масштабам, а создаваемые на их базе предприятия — капиталоемкими. Экономический риск при строительстве таких предприятий, естественно, должен быть сведен к минимуму, в то время как для мелких рудников, не требующих больших капиталовложений, допустим больший риск и, как следствие этого, — снижение требований к степени разведанности месторождений. Однако опыт разведки и эксплуатации месторождений показывает, что грубые просчеты в оценке запасов

случаются, как правило, на мелких месторождениях (медное Глафирынское, медно-никелевое Восток и др.).

Запасы крупных месторождений в процессе отработки часто обнаруживают тенденцию к увеличению за счет выявления новых рудных тел, пропущенных при разведке относительно редкой сетью. Требование к получению на простых месторождениях запасов высоких категорий следует рассматривать прежде всего с позиций получения необходимого комплекса данных по изучению пространственного размещения запасов, определяющих выбор технологий добычных работ. Проводить выборочную детализацию с целью уточнения морфологии и условий залегания рудных тел следует и на сложных месторождениях 3—4-й групп.

Месторождения 1—2-й групп обычно служат базой для сооружения крупных высокопроизводительных предприятий, с чем связана необходимость уточнения условий залегания, морфологии и строения рудных образований в участках относительно большого объема. На месторождениях 3—4-й групп этот объем может быть относительно небольшим и особо не лимитируется. Участками такой детализации на месторождениях данных групп чаще всего служат горизонты горных работ.

Подготовка запасов высоких категорий на месторождениях 1—2-й групп, как и выборочная детализация на месторождениях более сложного строения, должна производиться на участках, подлежащих первоочередному освоению. Недопустимо, когда детализации подвергаются глубокие горизонты, освоение которых является делом далекого будущего (Костомукшское, Айдарлинское, Актогайское, Холоднинское месторождения и др.). Вместе с тем при экспертизе следует учитывать и представительность участков детализации или блоков запасов высоких категорий для месторождения в целом.

Нередко по более густой сети изучаются лишь фрагменты рудных тел, представленных участками более простого строения, с лучшими параметрами мощности и содержания. Участки первоочередной отработки в некоторых случаях намечаются формально, не согласовываются с проектирующей или разрабатывающей организацией, а их положение в дальнейшем меняется (Удоканское, Южно-Сарбайское месторождения и др.).

На месторождениях с развитой зоной окисления детализацией должны быть охвачены не только окисленные, но и первичные руды, слагающие главную массу запасов, хотя освоение, особенно при открытой добыче, неизбежно начнется с окисленной части.

Важно подчеркнуть, что на таких месторождениях специальное внимание должно быть уделено изучению технологических свойств окисленных и смешанных руд, которое должно быть проведено в соответствии с требованиями высоких категорий (А или В). Недостаточная изученность технологии руд приповерхностных участков, несомненно подлежащих первоочередной выемке, недопустима.

Это положение нарушается довольно часто (месторождения Актонгайское, Бестюбинское, Холоднинское и др.), что необходимо особо учитывать при экспертизе.

При оценке достаточности или недостаточности выявленного количества запасов высоких категорий не допустим формализм. С учетом всей совокупности данных иногда можно признать подготовленным к освоению месторождение, на котором доля запасов высоких категорий несколько меньше установленных соотношений.

Следует отметить, что количество запасов высших категорий (А и В), предусмотренное в «Классификации...», достаточно велико, однако эти требования не увязаны ни с масштабами месторождений, ни с производительностью будущих предприятий. Задачи же, стоящие перед выборочной детализацией, часто могут быть решены и при меньшем удельном весе запасов детальных участков в общих запасах. При оценке достаточности полученного количества запасов высших категорий следует исходить прежде всего из оценки достаточности выполненного объема детализации для проверки данных разведки основной массы запасов, выяснения с необходимой детальностью условий залегания и морфологии рудных тел и подготовленности к освоению участков первоочередной эксплуатации.

Необходимо также иметь в виду, что соблюдение регламентированного соотношения категорий не может гарантировать от ошибок и на практике известны примеры неподтверждения при эксплуатации общих запасов месторождений, несмотря на полное соответствие соотношения категорий установленным нормативам. Так, при утверждении запасов медно-никелевого месторождения Восток у экспертов не возникло никаких сомнений в достаточности доли высококатегорийных (категория В) запасов и подготовленности месторождения к освоению. Однако уже в начале эксплуатации выявилось завышение запасов разведкой, а в дальнейшем запасы месторождения были переутверждены в количестве около 60% от ранее подсчитанных. Рассмотрение материалов показало, что при первоначальном подсчете был допущен ряд методических ошибок («прессовка» при оконтуривании, двойной и тройной учет наиболее продуктивных пересечений, неограничение «ураганных» значений и т. п.).

На месторождении Сухой Лог (первое рассмотрение) запасы категории В были подсчитаны в достаточном количестве и выделялись в двух крупных блоках, несколько различных по строению. При этом Восточный блок был весьма неоднороден, включал значительные участки бедных руд, не поддающихся геометризации, несмотря на густую разведочную сеть. Отмечались также случаи резкой невязки контуров залежи в отдельных профилях. В целом степень изученности блоков оказалась различной и правильность квалификации запасов Восточного блока по категории В вызвала сомнения. Однако решающим моментом при заключении о непод-

готовленности месторождения к освоению послужили недостаточный объем заверки kernового опробования валовым по горным выработкам и появившаяся вследствие этого неуверенность в правильности оценки средних содержаний.

«Классификацией запасов...» предусмотрено, что при рассмотрении подсчетов запасов ГКЗ СССР выносит решение о целесообразности полного или частичного учета при проектировании запасов категории C_2 . Возможность использования этих запасов должна оцениваться с позиций как надежности (достоверности) определения их количества, так и реальности освоения их конкретным предприятием, а следовательно, целесообразности учета при его проектировании. Так, при разведке Николаевского полиметаллического месторождения, осуществлявшейся параллельно с подготовкой к освоению, основная масса подсчитанных запасов категории C_2 (около 60% от суммы категорий $B+C_1$) оказалась расположенной ниже пройденных капитальных стволов разведочных эксплуатационных шахт и реально не могла быть использована строящимся предприятием. Эти запасы было предложено не учитывать при проектировании. Вместе с тем часто следует считать правильной рекомендацию учесть при проектировании предварительно оцененные запасы флангов и глубоких горизонтов месторождений, на базе которых строительство предприятия еще только намечается, с целью выбора оптимальной глубины отработки и правильного обоснования других проектных решений.

При определении возможности учета запасов категории C_2 большое значение имеет оценка степени их надежности. Даже на очень простых месторождениях запасы данной категории, рекомендуемые для учета при проектировании, должны быть подтверждены выработками, а не просто «подвешены» к блокам запасов высоких категорий. Так, на Кия-Шалтырском месторождении глиноземистого сырья, представляющем собой массив нефелинодержущих интрузивных пород, запасы категории C_2 на нижних горизонтах не были заверены скважинами. Доизучение этих запасов бурением, проведенное впоследствии в связи с проектировавшимся расширением рудника, показало, однако, резкое выклинивание рудоносной интрузии с глубиной, обусловившее практически полное неподтверждение запасов категории C_2 .

Большую роль играет также наличие вблизи изучаемого месторождения эксплуатируемых месторождений-аналогов, хорошо изученных на глубину и по флангам. Для новых месторождений в пределах известных рудных полей надежность запасов категорий C_2 обычно может считаться (с учетом всего опыта изучения поля) более высокой, чем для новых одиночных месторождений. Соответственно рекомендации по учету таких запасов при проектировании могут быть более оптимистичными.

Для оценки подготовленности месторождений к промышленному освоению важное значение имеет полнота изученности всех воп-

росов технологии выемки и переработки руд. Так, на Гайском колчеданном месторождении при изучении пород вскрыши не было обращено достаточного внимания на наличие окварцованных зон, разработка которых прямой экскавацией была невозможной. В результате для вскрытия месторождения ошибочно было предусмотрено применение мощных роторных экскаваторов, а при отработке возникли существенные осложнения.

Достаточно поучителен также пример месторождения Чонкой, характеризовавшегося сложным, гнездовым распределением оруденения. Размеры и условия залегания рудных гнезд не были в должной мере выяснены при разведке, а общая сложность объекта не достаточно учтена в проекте. В результате при вскрытии месторождения карьером кондиционных руд добыть практически не удавалось из-за большого разубоживания. При переходе же к подземной добыче высокоселективной системой с опережающей эксплуатационной разведкой запасы стали полностью подтверждаться.

В целом при оценке подготовленности месторождения к освоению задачей экспертизы является оценка полноты и достаточности исходных данных для проектных расчетов, а также правильности и объективности имеющейся информации по всем основным вопросам, определяющим технологию добычи и переработки руд.

Глава 13

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ РАЗВЕДАННОСТИ ЗАПАСОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

При проведении экспертизы материалов подсчетов запасов прежде всего следует иметь в виду, что разведка месторождений и их эксплуатация представляют собой единый неразрывный народнохозяйственный процесс. Выявление запасов, их подсчет и квалификация по степени разведанности не являются самоцелью. Они необходимы для организации добычных работ, а эффективность разведки и правильность подсчета запасов должны оцениваться по тому, насколько успешно реализуется процесс эксплуатации, запроектированный по материалам утвержденного ГКЗ СССР отчета с подсчетом запасов.

Соответственно эксперты, приходя к заключению о наличии в рассматриваемых материалах тех или иных погрешностей, должны предвидеть и их возможные последствия при добыче и переработке. Решение о необходимости пересчета, введения тех или иных поправок или возможности утверждения запасов, несмотря на имеющиеся погрешности, принимается с учетом указанных последствий.

При этом следует прежде всего учитывать, что систематические погрешности, даже небольшие по абсолютной величине, всегда

наименее желательны, так как наличие этих погрешностей почти всегда свидетельствует о том, что будут иметь место расхождения проектных и фактических показателей отработки и переработки руд. Поэтому выявление систематических погрешностей, искажающих средние подсчетные параметры, является первой и основной задачей экспертизы.

Влияние случайных погрешностей, особенно если они не слишком велики, в общем иное, поскольку при детализации в процессе подготовки запасов к эксплуатации и добычи они должны уменьшаться и взаимопогашаться. При этом не все случайные погрешности однозначно влияют на показатели эксплуатации. Поэтому обнаружение и оценка ведущих из этих погрешностей и регламентация их предельно допустимых величин для запасов разных категорий и составляют основу проблемы количественной оценки степени разведанности запасов.

В последние годы в связи с быстрым развитием математических методов обработки информации и широким внедрением средств вычислительной техники во все отрасли народного хозяйства все более ощутимым становится отсутствие научно обоснованных, обобщающих количественных критериев достоверности разведочной информации. Разведка месторождений и оценка их запасов, являясь наиболее строгими и формализуемыми из геологических дисциплин, казалось бы, представляют собой весьма благоприятную область для внедрения математических методов. Действительно, в 60—70-е годы в нашей стране и за рубежом появилось большое количество работ по применению математических методов в геологической разведке. Была создана даже новая отрасль математики — статистика геометрических переменных, или геостатистика. Однако в практику эти теоретические разработки почти не внедрялись, и никаких качественных сдвигов в традиционных приемах и методах не произошло.

Парадоксальность сложившейся ситуации обусловлена, по-видимому, значительным разнообразием природных особенностей месторождений и сложностью связей между достоверностью изучения этих особенностей и влиянием возможных погрешностей на экономику горно-технологического процесса.

Разведочные данные приобретают объективную ценность только в процессе их использования в последующих технико-экономических расчетах. Поэтому в качестве основных критериев степени разведанности запасов должны выступать такие показатели, которые оказывают наиболее ощутимое влияние на степень экономического риска при проведении дальнейших работ.

Учитывая высокую капиталоемкость горнодобывающей отрасли и прямую зависимость народнохозяйственной эффективности промышленного использования месторождений от характеристик и достоверности оценок разведанных запасов, принято, что таким показателем должна являться себестоимость конечной продукции

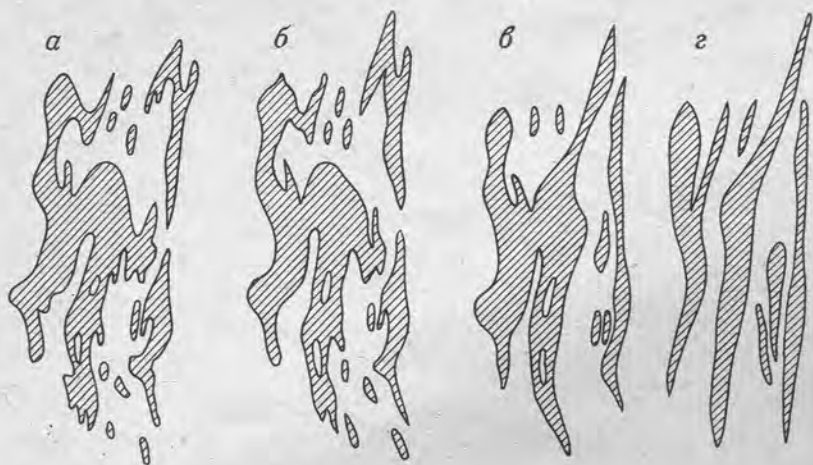


Рис. 30. Упрощение представлений о морфологии оруденения в зависимости от густоты разведочной сети.

Расстояние между выработками, м: а — 5, б — 10, в — 25, г — 50

будущего предприятия. Разведка может считаться выполненной качественно лишь в том случае, когда расчетная себестоимость продукции, полученная на основе разведочных данных, практически не будет отличаться от ее реальной величины, достигнутой после ввода предприятия в действие. При этом необходимо учитывать, что расхождение расчетной и реальной величин себестоимости может иметь различный знак, однако практическое значение ошибок разного знака неодинаково. Наименее желательными являются погрешности разведки, вследствие воздействия которых может быть занижена расчетная себестоимость продукции будущих предприятий, т. е. погрешности тех исходных разведочных данных, значение которых непосредственно сказывается на величине прямых затрат на добычу и переработку руд.

В качестве основного показателя разведанности запасов неоднократно предполагалось использовать точность оценки запасов. Однако доказано, что эта ошибка сравнительно слабо сказывается на оценке себестоимости продукции будущего предприятия. Даже заметное неподтверждение запасов при установленной производительности предприятия обуславливает лишь увеличение величины амортизации капитальных вложений, доля которых в себестоимости всегда относительно невелика.

Точность оценки среднего содержания полезного компонента имеет более важное значение, чем точность оценки запасов в целом, так как влияет на себестоимость продукции с первых же дней действия предприятия. Если истинное содержание компонента в добытом сырье ниже оцененного на стадии разведки и проектирования, то выход товарного продукта будет ниже планового или

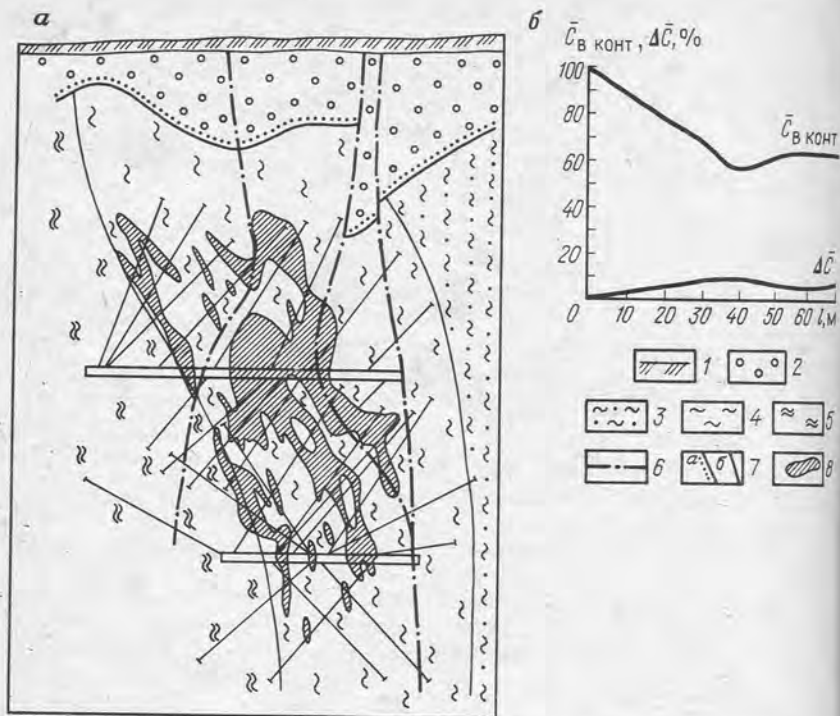


Рис. 31. Детально разведанный геологический разрез по штокверкообразному месторождению (а) и графики (б) относительного изменения среднего содержания металла в руде в разведочном контуре, рассчитанного с учетом разубоживающего влияния безрудных пород — $\bar{C}_{в конт}$, и статистических погрешностей среднего содержания $\Delta \bar{C}$ в зависимости от расстояний l между разведочными выработками:

1 — рыхлые отложения; 2 — молассоиды; 3 — эффузивно-осадочные породы; 4 — яшмокарниты; 5 — яшмы; 6 — тектонические нарушения; 7 — геологические контакты пород: а — несогласные, б — согласные; 8 — рудные залежи

сам продукт будет более низкого качества. Соответственно все производственные издержки на единицу товарного продукта возрастут практически в той же пропорции, в какой снизилось среднее содержание. Если истинное содержание в добытой руде выше оцененного разведкой, то выход товарного продукта превысит плановый и издержки на единицу продукции снизятся. Однако при этом возможно увеличение потерь ценного компонента в хвостах.

Важно иметь в виду, что на величину истинного содержания полезного компонента в добытой руде, а следовательно, и на правильность определения расчетной себестоимости продукции влияет не столько точность оценки содержания полезного компонента в недрах, сколько принимаемый в проектных расчетах показатель разубоживания сырья при добыче. Правильность последнего зависит от полноты и правильности представлений о морфологии оруде-

нения. При этом ошибка определения показателя разубоживания может заключаться только в его занижении.

Ограниченность разведочной информации приводит к тому, что представления о морфологии и строении оруденения всегда упрощены. Залежи, изображаемые по данным разведки в виде сравнительно простых рудных обособлений, в действительности всегда оказываются более сложными (рис. 30). Упрощение представлений о морфологии и строении рудных залежей часто приводит к необоснованному выбору высокопроизводительных систем отработки.

Следовательно, ошибки в понимании истинной морфологии рудных залежей всегда определяют возможность занижения расчетной себестоимости против реально достижимой, причем величины возможного занижения разубоживания, как, впрочем, и потерь, зависят от степени соответствия истинной морфологии залежей полученной при их разведке.

Для оценки влияния изученности морфологии оруденения на возможное разубоживание на двух месторождениях — штокерковом и жильном — был выполнен следующий эксперимент.

В одной из разведочных линий штокеркового месторождения (рис. 31) для изучения особенностей внутреннего строения рудной залежи и оценки форм, размеров и условий залегания сплошных в горно-технологическом отношении рудных скоплений была создана предельно густая разведочная сеть. Расстояние между скважинами подземного бурения составило здесь всего 2—5 м, что на месторождениях подобного морфологического типа превышает даже густоту сети эксплуатационной разведки. При таком расстоянии между выработками оконтуривание сплошных рудных скоплений затруднений не вызывало и выполнялось практически однозначно.

При увеличении расстояний между разведочными пересечениями до 12,5; 25; 37,5; 50 и 75 м контуры рудных обособлений, естественно, упрощались. При этом часть рудных площадей оказывалась за контуром залежи, а некоторые безрудные входили в него. Расхождение контуров прямо зависело от расстояний между выработками.

Если при отработке месторождения сеть эксплуатационной разведки будет превышать 5 м и составит, например, 10 или 20 м, то безрудные породы, попавшие в разведочный контур, построенный при таком расстоянии между выработками, неизбежно будут приводить к разубоживанию руд и снижению содержания металла в добытой руде (без учета эксплуатационного разубоживания, которое возникает во всех случаях и не зависит от густоты сети эксплуатационной разведки). Величина такого разубоживания, связанного лишь с недостаточной изученностью морфологических свойств рудной залежи, для каждого месторождения различна и обусловлена густотой разведочной сети и морфологической сложностью рудных залежей.

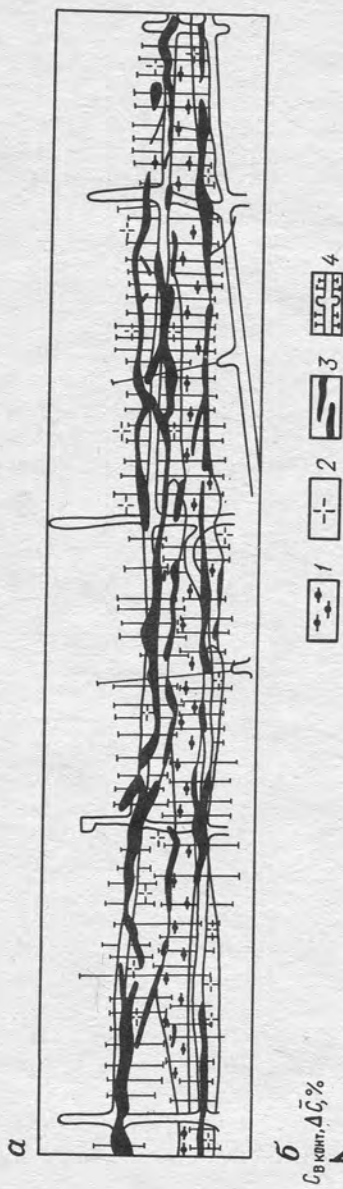


Рис. 32. Геологический план горизонта горных работ по жильному месторождению (а) и графики (б) относительного изменения среднего содержания металла в руде в разведочном контуре, рассчитанного с учетом разубоживающего влияния безрудных пород — $C_{в конт}$, и статистических погрешностей среднего содержания $\Delta \bar{C}$ в зависимости от расстояний L между разведочными выработками.

1 — blastomylonites; 2 — калишипатизированные породы; 3 — рудные залежи; 4 — горные выработки и шпурь.

График изменения среднего содержания в руде, рассчитанного с учетом разубоживающего влияния безрудных пород, попавших в разведочные контуры при различных расстояниях между выработками, показывает, что уже при расстоянии 12,5 м среднее содержание будет систематически снижаться примерно на 15%, а при расстоянии 25 м — на 25% (см. рис. 31).

Для сопоставления был построен график изменения погрешности определения среднего содержания (без учета знака), возникающей вследствие уменьшения количества разведочных пересечений в том же разрезе при том же разрежении разведочной сети.

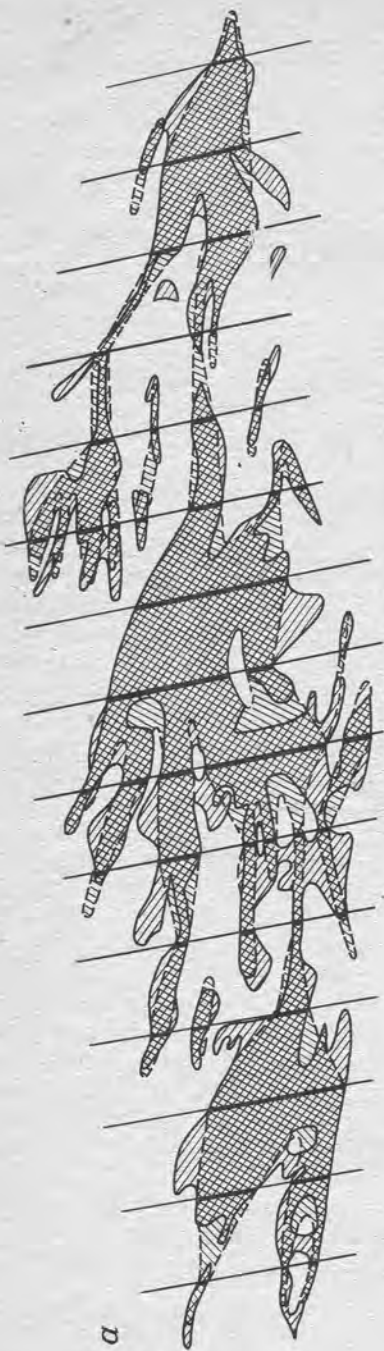
Сопоставление этих двух графиков (см. рис. 31) однозначно доказывает, что влияние разубоживания, являющегося следствием недостаточной изученности морфологии оруденения, на содержание металла в добытой руде несопоставимо более существенно, чем статистические погрешности определения среднего содержания металла в недрах, которые в общем случае равновероятно могут характеризоваться знаком (+) и знаком (-).

Аналогичные расчеты были выполнены по горизонту горных работ жильного месторождения (рис. 32). Из приведенных на рис. 32, б графиков следует, что на данном месторождении, так же как и на штокверковом, изученность морфологии рудных залежей для целей достоверного определения среднего содержания металла в добываемой руде имеет принципиальное значение. При этом статистическая точность определения среднего содержания металла в руде при наличии большого числа разведочных пересечений практически не играет никакой роли.

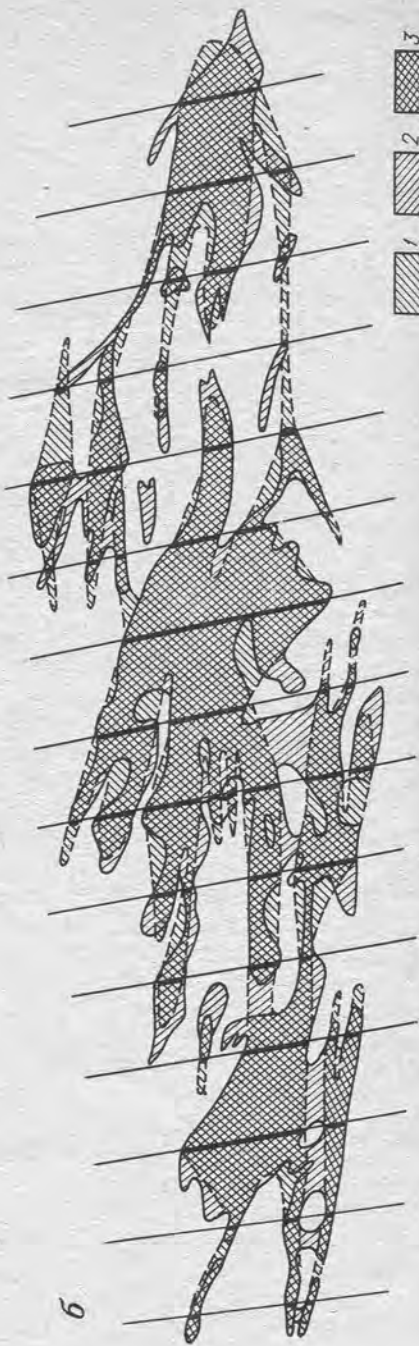
Во многих работах уже доказано, что погрешности определения запасов и средних подсчетных параметров не могут служить мерой оценки качества (достоверности) разведочных работ и выполненного на их основе подсчета запасов [17, 40, 41], а исходя из этого не могут приниматься в расчетах экономической ценности месторождений. Связано это с тем, что указанные погрешности зависят не от расстояний между разведочными выработками, а от их количества. Кроме того, при оценке погрешностей определения запасов и средних подсчетных параметров не учитывается изученность геологического строения разведываемого месторождения, и морфологии рудных залежей в частности. Следовательно, эти погрешности, строго говоря, не обладают свойствами критериев разведанности и не могут практически быть использованы для этой цели.

Исследования, выполненные во МГРИ [27, 28, 40], убеждают, что в качестве наиболее приемлемой меры изученности морфологии и пространственного положения запасов месторождений может рассматриваться показатель, названный ошибкой геометризации и отражающий степень достоверности контуров рудных залежей, построенных по разведочным данным.

Ошибка геометризации запасов Δ (в %) характеризует степень



a



b



Рис. 33. Возникновение ошибок геометризации при окуртуривании рудной залежи по данным детальной разведки (два варианта разрежения сети):

a — окуртуривание выполнено по четным, *б* — по нечетным профилям.
1 — безрудные площади, попавшие в разведочный контур; *2* — рудные площади, не попавшие в разведочный контур; *3* — площади в пределах разведочного и истинного контуров

детальности представлений о пространственном положении, формах, размерах и условиях залегания рудных образований (рис. 33); она может быть вычислена по следующей формуле:

$$\Delta = 100 \frac{\Sigma |S'|}{2S_{\text{ист}}}, \quad (9)$$

где $\Sigma |S'|$ — сумма площадей рудной залежи, вышедших за пределы разведочного контура, и площадей безрудных пород, вошедших в него; $S_{\text{ист}}$ — истинная площадь рудной залежи.

Формула (9) равнозначна другому выражению:

$$\Delta = 100 - 100S_{\text{совп}}/S_{\text{ист}}, \quad (10)$$

где $S_{\text{совп}}$ — площадь рудной залежи, попавшей в разведочный контур.

Проводившиеся с использованием выражений (9) и (10) эксперименты показали, что зависимости ошибок геометризации от расстояний между разведочными выработками нелинейны (рис. 34). Вид их обусловлен морфологическими особенностями рудных залежей. При минимальных расстояниях между выработками ошибка геометризации мала и стремится к нулю, при увеличении расстояний возрастает и может в пределе достигать 100%.

Проведение исследований для наиболее простых морфологических типов рудных залежей позволило установить связь ошибок геометризации Δ_m (в %) с мощностью залежей и сложностью их контуров; эта связь описывается следующим выражением [40]:

$$\Delta_m = 100\sigma_a / \bar{m}, \quad (11)$$

где σ_a — величина среднеквадратичного расхождения истинного и разведочного контуров в направлении мощности, зависящая от шага разведочной сети; \bar{m} — средняя мощность рудной залежи.

Формула (11) применима для случая разведки единичного сплошного тела, когда шаг разведочной сети заводом меньше размеров изучаемого объекта и нет сомнений в достоверности увязки рудной залежи между смежными пересечениями, а расхождениями контуров на выклиниваниях в направлении простирания (падения) можно пренебречь.

Данная формула интересна тем, что она раскрывает функциональную связь разведанности запасов и мощности рудных залежей. Чем мощнее залежь, тем, при прочих равных условиях, выше разведанность заключенных в ней запасов и, наоборот, чем мощнее рудная залежь, тем реже должна быть разведочная сеть для достижения одной и той же степени разведанности. Эта связь, установ-

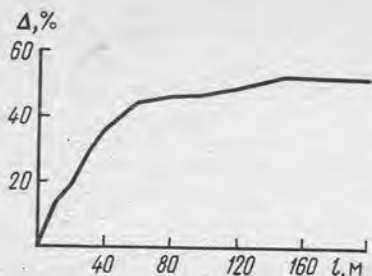


Рис. 34. Изменение ошибок геометризации Δ в зависимости от расстояний между разведочными выработками l

ленная аналитически, давно использовалась в практике разведки. В частности, во многих руководствах отмечается, что нецелесообразно стремиться к тому, чтобы расстояния между разведочными выработками были меньше средней мощности залежи.

На основе формулы (11) для случая разведки единичного тела с безрудными «окнами» было получено выражение

$$\Delta_m = 100 \frac{\sigma_a(1+n)}{M_0 K_p}, \quad (12)$$

где n — среднее число безрудных перерывов, устанавливаемое в разведочных выработках; M_0 — средняя общая мощность рудной залежи; K_p — коэффициент рудоносности, вычисленный по соотношению рудных и общих мощностей рудной залежи.

Формула (12) описывает более глубокие логические связи ошибки геометризации не только с мощностью и сложностью контуров рудных залежей, но и с такими важными геологоразведочными параметрами, как коэффициент рудоносности.

Изучение зависимостей величин ошибок геометризации и параметров рудных залежей, отражающих их морфологию, привело к другим выражениям. Так было установлено, что ошибка геометризации Δ может быть найдена через соотношения шага разведочной сети и средней длины рудной залежи в направлении генерального простирания (падения) l . Эти зависимости имеют следующий вид:

$$\Delta_l = 100a/4l \quad (\text{при } a \leq 2l) \quad \text{или} \quad (13)$$

$$\Delta_l = 100(1-l/a) \quad (\text{при } a \geq 2l). \quad (14)$$

Для простых по морфологии маломощных рудных тел типа жил и пластов, контролируемых четкими геологическими «маркерами», когда несовпадениями контуров, возникающими в направлении мощности, можно пренебречь, использование выражений (13) и (14) позволяет достаточно надежно оценивать величину ошибки геометризации.

Анализ свойств ошибок геометризации рудных залежей различного морфологического облика показал, что при разведке рудных залежей всегда возникают несовпадения контуров и на выклиниваниях в направлении простирания и падения, и в направлении мощности, т. е. ошибки геометризации для каждой залежи имеют две составляющие. При этом, чем мощнее рудные залежи, прихотливее их контуры и гуще разведочная сеть, тем больше влияние искажений контуров, отмечающихся в направлении мощности.

И наоборот, чем меньше мощность рудной залежи, проще морфология и реже разведочная сеть, тем большее влияние в суммарной ошибке геометризации оказывают искажения на выклиниваниях в направлении простирания и падения.

В общем случае для единичных рудных залежей величина ошибки геометризации Δ может быть записана следующим образом:

$$\Delta = \Delta_m + \Delta_l \text{ или} \quad (15)$$

$$\Delta = \frac{100\sigma_a(1+n)}{M_0K_p} + \frac{100a}{4l}. \quad (16)$$

В случае разведки сложных по строению рудоносных зон, локализованных в труднокартируемых геологических структурах, представленных системами разобренных или ветвящихся тел, размеры отдельных элементов которых не улавливаются разведочной сетью, возможности применения формул, приведенных ранее, резко ограничены. Это происходит вследствие сложного взаимного расположения отдельных рудных обособлений, пропуска некоторых из них разведочной сетью и недостоверности увязки при оконтуривании. При построении разведочных контуров в их пределы часто будут попадать отдельные не обнаруженные при разведке рудные обособления, вследствие чего фактическая ошибка геометризации за счет эффекта «перекрытия» будет меньше определенной аналитически.

Особенности количественной оценки степени разведанности запасов прерывистого оруденения в литературе уже рассматривались [27, 28]. В этих работах было показано, что величина ошибки геометризации Δ (в %) при расстоянии между выработками меньше удвоенной длины рудоносной зоны может оцениваться по формуле

$$\Delta = \frac{100a K_p}{4L_0} + 100(1 - K_p), \quad (17)$$

где K_p — коэффициент рудоносности, вычисленный по разведочным пересечениям; L_0 — общая длина рудоносной зоны; a — расстояние между выработками.

Для более редких разведочных сетей, когда $a \geq 2L_0$, соответствующих скорее гипотетическому, а не практическому случаю, получим следующее выражение:

$$\Delta = 100 \left(1 - \frac{L_0 K_p}{a} \right). \quad (18)$$

Если учесть, что в выражении (17) первое слагаемое практически всегда близко к нулю, величина ошибки геометризации окажется практически постоянной и равной $(1 - K_p)$. Эта формула весьма интересна в практическом отношении, так как позволяет

приближенно решать задачу оценки степени разведанности запасов, исходя лишь из одной величины коэффициента рудоносности.

Анализ ошибок геометризации, вычисленных для разных расстояний между разведочными пересечениями для различных структурно-морфологических типов залежей ряда месторождений железа, золота, бокситов, других полезных ископаемых, показывает, что характер графиков ошибок геометризации для всех месторождений в целом постоянен [40]. При небольших расстояниях между выработками ошибки возрастают интенсивно, затем этот процесс замедляется, графики заметно выполаживаются, в пределе асимптотически приближаясь к 100%. Наличие на графиках перегиба является их отличительной чертой.

При изучении поведения ошибок геометризации в зависимости от шага разведанной сети наибольшее внимание, естественно, обращалось на те разведочные сети, которые в соответствии со сложившейся практикой разведки и утверждения запасов ГКЗ СССР применялись для оценки запасов различных категорий. При этом выявились интересные закономерности, заключающиеся в том, что запасы месторождений, утверждаемые ГКЗ СССР по категории C_1 (а в балансе всех полезных ископаемых они составляют наибольшую долю) в большинстве случаев разведываются такими сетями, ошибки геометризации которых в плоскости разведочных сечений не превышают 50% при колебаниях от 30 до 50%. Если ошибки геометризации запасов превышают 50%, то в подавляющем большинстве случаев эти запасы квалифицируются экспертной и ГКЗ СССР лишь по категории C_2 . Специально изучая этот вопрос в процессе экспертиз материалов подсчетов запасов, В. А. Викентьеву, однако, удалось найти несколько месторождений, запасы которых были утверждены ГКЗ СССР по категории C_1 при такой степени разведанности, когда ошибки геометризации превышали 50%.

Одно из таких месторождений в настоящее время практически уже полностью отработано, но запасы его при этом очень сильно не подтвердились. Причин оказалось много, но одной из них было резкое неподтверждение морфологии рудных тел, усложнение их контуров, уменьшение размеров и увеличение степени их прерывистости, обусловленные недоразведанностью запасов (рис. 35). Расчеты, выполненные по 26 эксплуатационным горизонтам и 7 детализационным разрезам, построенным по результатам эксплуатационной разведки, показали, что ошибки геометризации для расстояний между выработками 50 м составили в среднем соответственно 64 и 57%. Разведочная сеть на стадии детальной разведки для запасов категории C_1 на этом месторождении была принята 50×50 м.

Таким образом, степень разведанности запасов на стадии детальной разведки была очень низкой и, по существу, соответствовала лишь категории C_2 .

На других изученных месторождениях, где степень разведанности характеризовалась величинами ошибок геометризации более 50%, картина в целом аналогичная. На таких месторождениях резко не подтверждается морфология рудных залежей и, как следствие, не подтверждаются запасы.

Количество анализировавшихся месторождений 1-й и 2-й групп, запасы которых разведывались по категориям В и А, оказалось невелико. Однако имеющийся материал показывает, что для запасов категории В ошибки геометризации изменяются в диапазоне 30—15%, а для запасов категории А составляют менее 15%. Дальнейшие исследования в этом направлении позволяют уточнить диапазоны изменения ошибок геометризации для запасов высоких категорий, хотя сильных изменений здесь ожидать не приходится.

Для оценки подготовленности запасов месторождений к промышленному освоению важен вопрос о надежности квалификации запасов категории С₁ и нахождения области перехода предварительно оцененных запасов в разведанные. Уже на данном этапе изучения этого вопроса можно уверенно говорить, что запасы, разведанные сетями, ошибки геометризации для которых в плоскостях разведочных сечений превышают 50%, не могут квалифицироваться выше категории С₂.

Проведенный анализ касался рудных залежей штокверкового, штокверко-, линзо- и трубовидного типа, отличающихся большой мощностью, разведка которых выполняется системой вертикальных или горизонтальных сечений, а подсчет запасов — способом разрезов. Ошибки геометризации, возникающие в направлении мощности, для этого типа рудных залежей являются основной погрешностью разведки, влияющей на достоверность проектных решений. От правильности установления границ залежей в направлении мощности зависит правильность заложения шахт, бортов карьеров, капитальных подземных выработок, установления плановых потерь и разубоживания при добыче.

Для маломощных жиллообразных и пластовых залежей, как правило, имеющих по мощности четкие геологические контакты, границы оруденения наиболее надежно должны быть определены по падению и простиранию, так как этим будут обусловлены поло-

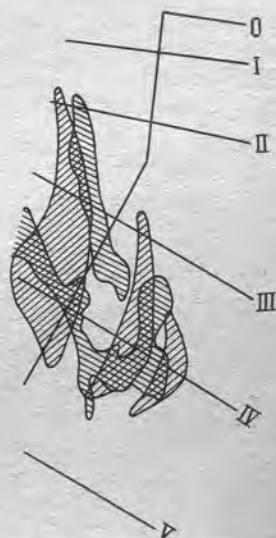


Рис. 35. Положение контуров рудных залежей на горизонте горных работ по данным детальной и эксплуатационной стадий разведки месторождения.

0—V — разведочные профили (остальные условные обозначения см. на рис. 33).

жение горизонтов горных работ, глубина шахт, полнота выемки рудных тел и др. Отклонения контуров в направлении мощности не столь существенны, легко выявляются и учитываются в процессе эксплуатационных работ. Поэтому для этого типа рудных залежей ошибки геометризации, характеризующие степень разведанности их запасов, должны вычисляться не в сечениях, а в проекциях на параллельные плоскости или оцениваться аналитически по формулам (13) и (14).

В связи с тем что в данном случае оценивается только одна из составляющих ошибки геометризации, а не вся ошибка, допустимая ее величина для запасов одних и тех же категорий должна быть ниже, чем в случае с мощными залежами. Накопление статистических данных в дальнейшем позволит также установить предельные величины ошибок геометризации для запасов разных категорий.

Многие месторождения благородных, редких, радиоактивных, а нередко и цветных металлов характеризуются сильно прерывистым строением. Их запасы подсчитываются с введением коэффициента рудоносности. В этом случае степень разведанности запасов может оцениваться по приближенной формуле $(1 - K_p)$, т. е. исходя лишь из значения коэффициента рудоносности.

Вывод о связи величины коэффициента рудоносности и степени разведанности запасов содержится в ряде работ [31, 40], в которых также предлагается установить предельные значения коэффициентов для запасов разных категорий. Такие предельные значения были определены эмпирически, основываясь на опыте разведки месторождений и утверждения их запасов ГКЗ СССР. Этот опыт показывает, что в подавляющем большинстве случаев величины коэффициентов рудоносности для запасов категории C_1 превышают 0,5, а категории В — близки к 1,0. Запасы категории А выделяются лишь на сплошных в горно-технологическом отношении рудных телах и подсчитываются без коэффициента рудоносности, т. е. при коэффициенте, равном единице.

Близкие к этим пределам изменения коэффициентов рудоносности для запасов различных категорий могут быть рассчитаны аналитически, исходя из формулы $(1 - K_p)$. Эти расчеты подтверждают, что при прерывистом строении месторождений, запасы которых подсчитываются с использованием коэффициента рудоносности, минимальный коэффициент рудоносности для запасов категорий C_1 должен превышать 0,5, а для запасов категории В — 0,7.

Однако можно найти примеры утверждения запасов, когда коэффициенты рудоносности для запасов категории C_1 были ниже 0,5, например, по месторождениям Первоначальное, Высоковольному, Даугызтау и др. Но подобные примеры редки, рассматриваются как исключение, которое сделано по отношению к крупным блокам в тех случаях, когда имеются основания пола-

гать, что в процессе доразведки месторождений в пределах этих блоков удастся выделить менее крупные, но более рудонасыщенные участки, заключающие в себе основные запасы полезного компонента. Кроме того, на указанных месторождениях подсчетные контуры были, строго говоря, чрезмерно расширены. Более жесткое оконтуривание, учитывающее все особенности пространственного распределения полезных компонентов, дало бы и большие величины коэффициентов рудоносности.

Таким образом, объективной количественной мерой степени разведанности запасов месторождений и подготовленности их к промышленному освоению является ошибка геометризации запасов, отражающая степень пространственного несовпадения разведочного и фактического контуров рудных залежей. Она функционально связана со сложностью морфологии оруденения, степенью прерывистости рудных залежей, их линейными размерами (мощностью, протяженностью по простиранию и падению) и непосредственно зависит от изученности геологического строения месторождений и расстояний между разведочными выработками.

Следует, однако, отметить, что исследованиями этого вопроса охвачено относительно ограниченное число типов месторождений. Поэтому методика оценки разведанности запасов через ошибки геометризации еще не внедрена в практику и соответственно не узаконена в директивных документах. Эти исследования еще не завершены, и авторы подсчетов запасов могут значительно способствовать их углублению, если в процессе подготовки материалов к подсчету запасов будут рассчитывать ошибки геометризации при разных расстояниях между разведочными выработками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамов А. А.* Технология обогащения руд цветных металлов. М., Недра, 1983.
2. *Боревский Б. В., Самсонов Б. Г., Язвин Л. С.* Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек. М., Недра, 1979.
3. *Викентьев В. А.* О прослеживающих горных выработках при разведке мощных штокверковых и штокверкоподобных месторождений.— Изв. вузов, сер. Геология и разведка, 1982, № 8, с. 102—105.
4. *Викентьев В. А.* О сопоставлении результатов разведок детальной и эксплуатационной стадий на месторождениях прерывистого строения.— Изв. вузов, сер. Геология и разведка, 1983, № 10, с. 105—108.
5. *Гудалин Г. Г.* Предпроектная экономическая оценка рудных месторождений. М., Недра, 1967.
6. *Даминов М. А.* Оценка достоверности разведанных запасов Акчатаусского месторождения.— В кн.: Материалы по геологии, поискам и разведке рудных месторождений в Казахстане. Алма-Ата, 1974, с. 132—136.
7. *Денисов М. Н., Сечевица А. М.* Актуальные вопросы оценки и комплексного использования месторождений полезных ископаемых.— Сов. геология, 1983, № 2, с. 3—8.
8. *Дробноход Н. И., Язвин Л. С., Боревский Б. В.* Оценка запасов подземных вод. Киев, Вища школа, 1982.
9. *Иванов В. Н.* Оценка достоверности разведочных работ.— Разведка и охрана недр, 1972, № 6, с. 19—23.
10. *Иванов Г. В.* Погрешности подсчета запасов жильных месторождений полезных ископаемых и некоторые пути их уменьшения.— Сов. геология, 1965, № 11, с. 114—152.
11. *Инструкция* о содержании, оформлении и порядке представления в Государственную Комиссию по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР и территориальные Комиссии по запасам полезных ископаемых материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых. М., ГКЗ СССР, 1984.
12. *Инструкция* о содержании, оформлении и порядке представления в ГКЗ СССР и ТКЗ материалов по подсчету эксплуатационных запасов питьевых и технических подземных вод. М., ГКЗ СССР, 1984.
13. *Инструкция* по применению классификации эксплуатационных запасов подземных вод к месторождениям питьевых и технических вод. М., ГКЗ СССР, 1985.
14. *Инструкция* о содержании, оформлении и порядке представления в ГКЗ СССР технико-экономических обоснований кондиций на минеральное сырье. М., ГКЗ СССР, 1984.
15. *Каждан А. Б., Кобахидзе Л. П.* Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. М., Недра, 1985.
16. *Классификация* запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. М., ГКЗ СССР, 1982.
17. *Коган И. Д.* Подсчет запасов и геолого-промышленная оценка рудных месторождений. М., Недра, 1974.
18. *Курс* методики разведочного дела/И. С. Васильев, Н. В. Барышев, А. Н. Заборовский и др. Москва—Ленинград—Новосибирск, Гос. науч.-тех. горно-геолого-нефтяное издательство, 1933.
19. *Материалы* ГКЗ СССР по методике разведки, промышленной оценке и подсчету запасов месторождений полезных ископаемых. Вып. 4. М., Недра, 1966.
20. *Мелькановицкий И. М., Ряполова В. А., Хордикайнен М. А.* Методика геофизических исследований при поисках и разведке месторождений пресных вод. М., Недра, 1982.
21. *Методические* рекомендации по геолого-экономической оценке и обоснованию кондиций для подсчета запасов рудных месторождений. М., ВИЭМС, 1981.

22. *Методическое* руководство по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при их разведке. М., Недра, 1977.
23. *Методические* рекомендации по проведению гидрогеологических исследований на стадии детальной разведки месторождений твердых полезных ископаемых. М., изд. Мингео СССР, 1981.
24. *Методическое* руководство по разведке и оценке эксплуатационных запасов подземных вод для водоснабжения. М., ВСЕГИНГЕО, 1979.
25. *Методы* геофизики в гидрогеологии и инженерной геологии. М., Недра, 1985.
26. *О влиянии* формы и ориентировки разведочных сетей на точность параметров рудных объектов / В. А. Беляков, В. Н. Козырев, С. А. Канин и др.— В кн.: Флюорит (ресурсы, закономерности образования и размещения. М., Недра, 1976, с. 9—17.
27. *Оценка* степени разведанности запасов прерывистого оруденения / В. А. Викентьев, В. А. Воронцов, П. И. Кушнарв, П. П. Ясковский.— Изв. вузов, сер. Геология и разведка, 1981, № 6, с. 68—75.
28. *Оценка* степени разведанности запасов прерывистого оруденения (статья 2) / В. А. Викентьев, В. А. Воронцов, П. И. Кушнарв, П. П. Ясковский.— Изв. вузов, сер. Геология и разведка, 1981, № 10, с. 65—69.
29. *Охрана* окружающей среды при проектировании и эксплуатации рудников. М., Недра, 1981.
30. *Петров В. А.* Методы экспериментальных исследований при решении вопросов методики разведки и подсчета запасов месторождений полезных ископаемых. М., ВИЭМС, 1981.
31. *Пухальский Л. Ч., Шумилин М. В.* Разведка и опробование урановых месторождений. М., Недра, 1977.
32. *Свойства* горных пород и методы их определения / Е. И. Ильницкая, Р. И. Тедер, Е. С. Батолин и др. М., Недра, 1969.
33. *Справочное* руководство гидрогеолога. 3-е изд. М., Недра, 1979.
34. *Сушон А. Р.* Организация и экономика геологоразведочных работ за рубежом. М., Недра, 1979.
35. *Тангаев И. А.* Буримость и взрываемость горных пород. М., Недра, 1978.
36. *Технологическое* опробование месторождений цветных металлов в процессе разведки (временное методическое руководство). М., изд. Минцветмета, 1982.
37. *Ткачев Ю. А.* Оптимальна ли равномерная сеть опробования при разведке месторождений? — В кн.: Геология и разведка ископаемых Северо-Востока европейской части СССР. Сыктывкар, 1977, с. 149—156.
38. *Требования* к комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов. М., ГКЗ СССР, 1982.
39. *Четвериков Л. И.* Теоретические основы разведки недр. М., Недра, 1984.
40. *Шумилин М. В., Викентьев В. А.* Подсчет запасов урановых месторождений. М., Недра, 1982.
41. *Ясковский П. П., Фивейский Д. М.* О двух подходах к оптимизации разведочной сети.— Изв. вузов, сер. Геология и разведка, 1982, № 4, с. 168—170.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	5
Глава 1. Техничко-экономическое обоснование подсчета запасов	8
Глава 2. Полнота и качество геологических материалов	24
Полнота материалов	24
Первичная документация	27
Оценка геологической изученности района разведываемого месторождения	32
Особенности геологического строения месторождений, учитываемые при обосновании подсчета запасов	35
Глава 3. Оценка полноты гидрогеологической и инженерно-геологической изученности месторождений	55
Оценка водопритока в систему эксплуатационных горных выработок	55
Экспертиза обоснования природоохранных мероприятий	61
Экспертиза обеспеченности водоснабжения горнорудного предприятия	63
Особенности инженерно-геологического изучения рудных месторождений и прогноз устойчивости горных выработок	64
Глава 4. Оценка методики и эффективности разведки	68
Глава 5. Оценка достоверности опробования	87
Анализ погрешностей отбора проб	90
Заверка бороздового опробования	91
Выход керна и заверка керна опробования	92
Заверка опробования шлама	97
Глава 6. Оценка качества аналитических работ	104
Глава 7. Оценка качества и эффективности геофизических работ	109
Условия применения геофизических методов для решения геологических задач	110
Требования к содержанию геофизических материалов, представляемых в отчетах с подсчетом запасов месторождений	116
Оценка эффективности геофизических работ при геолого-структурном картировании	119
Оценка достоверности геофизических данных о параметрах и строении рудных тел	122
Оценка достоверности геофизических данных о содержании компонентов	123

Глава 8. Оценка минералого-технологических свойств руд	126
Изучение состава и свойств минералов, выделение природных разновидностей руд	128
Геолого-технологическое картирование природных разновидностей и технологических типов (сортов) руд	130
Глава 9. Оценка методики подсчета запасов	136
Применение показателей кондиций при оконтуривании и подсчете запасов	137
Способы подсчета запасов	141
Оценка правильности оконтуривания рудных залежей	143
Оценка правильности блокировки запасов	147
Оценка правильности расчета средних параметров	148
Глава 10. Особенности экспертного рассмотрения материалов сопоставления результатов разведки и эксплуатации	157
Ошибки разведки	158
Ошибки эксплуатаций	160
Изучение возможных причин систематических погрешностей разведки	162
Глава 11. Обоснованность квалификации запасов подсчетных блоков по категориям разведанности	168
Принципы классификации запасов	168
Оценка правильности квалификации запасов	172
Глава 12. Оценка подготовленности месторождений к промышленному освоению	176
Глава 13. Состояние проблемы количественной оценки разведанности запасов месторождений	181
Список литературы	196

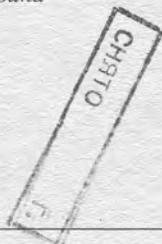
ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ИЗДАНИЕ

**Викентьев Владимир Анатольевич,
Карпенко Игорь Алексеевич,
Шумилин Михаил Владимирович**

**ЭКСПЕРТИЗА ПОДСЧЕТОВ ЗАПАСОВ
РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Заведующий редакцией *В. А. Крыжановский*
Редактор издательства *Т. П. Мыскина*
Обложка художника *Ю. Г. Асафова*
Художественный редактор *Г. Н. Юрчевская*
Технический редактор *О. А. Колотвина*
Корректор *М. Е. Лукина*

ИБ 6470



Сдано в набор 26.10.87. Подписано в печать 29.02.88. Т-09603. Формат 60×88¹/₁₆. Бумага офсетная № 2. Гарнитура Литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 12,25. Усл. кр.-отт. 12,5. Уч.-изд. л. 13,25. Тираж 4400 экз. Заказ 1916/699—2. Цена 65 коп.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра»
125047, Москва, пл. Белорусского вокзала, 3

Ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени МПО «Первая Образцовая типография» им. А. А. Жданова Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 113054, Москва, Валовая, 28