

А. П. ПРОКОФЬЕВ

ОКОНТУРИВАНИЕ
РУДНЫХ ТЕЛ
ПРИ ПОДСЧЕТЕ
ЗАПАСОВ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЕ НЕДР
МОСКВА 1955

ВВЕДЕНИЕ

Запасы минерального сырья, как основная часть естественных богатств Советского Союза, в условиях планового социалистического хозяйства требуют точного определения и учета.

Одним из условий правильного определения запасов того или иного месторождения является геологически обоснованное оконтуривание рудных тел и определение границ распространения руды, пригодной для промышленного использования. От правильного оконтуривания в значительной степени зависят надежность подсчета запасов и промышленная оценка месторождения.

Для оконтуривания и подсчета запасов руды на месторождении необходимо знать геологическое строение месторождения, условия залегания и форму рудных тел, закономерности распределения полезных компонентов в рудных телах, технологические возможности извлечения полезных компонентов и ряд других особенностей, характерных для данного месторождения.

Для оценки месторождения необходимо, кроме того, знать горно-технические и гидрогеологические условия его отработки, которые могут оказать решающее влияние на промышленную ценность месторождения.

Одновременно не следует забывать, что надежность оконтуривания рудных тел зависит также от методической и технической правильности проведения разведочных работ и опробования месторождения, так как именно результаты этих работ ложатся в основу подсчета запасов и оценки количественных и качественных показателей.

Настоящая работа ставит своей целью осветить основные вопросы, связанные с оконтуриванием промышленных запасов полезного ископаемого. К таким вопросам в первую очередь относятся: характер выклинивания рудных тел; распределение полезных компонентов в рудных телах; горно-технические и гидрогеологические условия отработки месторождений; требования промышленности к рудам. Не претендуя на детальность и полноту анализа каждого из них в отдельности, данная работа освещает эти вопросы в объеме, достаточном для того, чтобы показать необходимость комплексного учета их при подсчете запасов.

Основой для решения указанных вопросов должна служить геологическая документация. От ее качества, от полноты отражения в ней фактических данных о геологическом строении месторождения, отдельных рудных тел и их участков зависит правильность представлений о структуре месторождения и условиях залегания рудных тел, а следовательно, и правильность оконтуривания запасов.

При подсчете и оконтуривании запасов необходимо учитывать требования, предъявляемые промышленными организациями, которые отражены в специальной классификации запасов. Кроме того, для каждого месторождения, с учетом его геологических особенностей, разрабатываются специальные кондиции, которые ложатся в основу оконтуривания балансовых запасов месторождения. Вопросу о кондициях в данной работе уделено особое внимание, так как недоучет кондиций приводит к крупным ошибкам.

В работе разобраны все основные способы оконтуривания запасов и указаны условия наиболее целесообразного их применения. Работа иллюстрирована конкретными примерами.

ГЛАВА I

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАПАСОВ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ЕЕ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Согласно действующей классификации, все запасы месторождений твердых полезных ископаемых подразделяются на пять категорий: A_1 , A_2 , В, C_1 и C_2 , каждая из которых определяется комплексом требований к разведанности, изученности качества минерального сырья, его технологии, а также к горно-техническим и гидрогеологическим условиям отработки месторождения.

К кат. A_1 относятся запасы, полностью изученные и оконтуренные подготовительными выработками; горно-технические и гидрогеологические условия отработки месторождения должны быть полностью известны; технология обработки минерального сырья — изучена на основании опыта промышленного его использования; распределение типов, сортов минерального сырья — установлено в пределах каждого блока.

К кат. A_2 относятся запасы, достаточно детально разведанные и оконтуренные разведочными выработками; должны быть изучены: условия залегания рудных тел, соотношение типов и сортов минерального сырья, горно-технические и гидрогеологические условия отработки месторождения; технология сырья должна быть изучена с детальностью, обеспечивающей проектирование схем его переработки и использования.

По кат. В квалифицируются запасы, разведанные и оконтуренные разведочными выработками; условия залегания рудных тел должны быть выяснены достаточно детально; типы и сорта минерального сырья — установлены без детализации их распределения; технология сырья — изучена с детальностью, обеспечивающей выбор схем его обработки; общие условия разработки и гидрогеологические условия месторождения должны быть выяснены достаточно полно.

К кат. C_1 относятся запасы, установленные по редкой сети разведочных выработок, и запасы, примыкающие к запасам более высоких категорий; распределение ценного компонента может быть не выяснено; технология сырья и его качество — определены предварительно на основании лабораторных испытаний

проб или по аналогии с другими месторождениями; условия отработки месторождения должны быть изучены предварительно.

К кат. C_2 относятся запасы, примыкающие к запасам более высоких категорий, и запасы, предполагаемые на основании геологических и геофизических данных, подтвержденных опробованием в отдельных выработках.

Промышленное назначение запасов одной и той же категории для действующих рудников и для вновь разведанных месторождений несколько различается.

Так, запасы кат. A_1 на вновь разведанных месторождениях обычно отсутствуют, а на действующих рудниках служат обоснованием для производственного планирования эксплуатационных работ.

Запасы кат. A_2 на вновь разведанных месторождениях совместно с запасами кат. В и C_1 служат обоснованием для составления технических проектов, а также для капиталовложений в строительство горно-рудных предприятий. Наличие запасов кат. A_2 обеспечивает окончательное решение вопросов промышленного использования минерального сырья.

На действующих рудниках запасы кат. A_2 служат обоснованием для проектирования эксплуатационно-подготовительных работ, а в случае сложного распределения полезного компонента или сложных условий залегания рудных тел, не позволяющих при нормальной густоте разведочных выработок получить запасы кат. A_1 , — для обоснования производственного планирования эксплуатационных работ.

Запасы кат. В на вновь разведанных месторождениях совместно с запасами кат. C_1 , служат обоснованием для разработки проектных заданий на строительство горно-рудных предприятий, а при наличии некоторого количества запасов кат. A_2 — также для составления технических проектов и капиталовложений в строительство горно-рудных предприятий. На сложных месторождениях, разведка которых до более высоких категорий не ведется, запасы кат. В совместно с запасами кат. C_1 могут быть использованы для обоснования технических проектов и капиталовложений в строительство горно-рудных предприятий и при отсутствии запасов кат. A_2 . Однако в последнем случае качество сырья, его технологические свойства и горно-технические условия отработки месторождения должны быть изучены с детальностью, предусмотренной для кат. A_2 . В отдельных случаях на очень сложных месторождениях запасы кат. В могут быть использованы непосредственно для обоснования производственного планирования эксплуатационных работ.

На действующих рудниках запасы кат. В обычно используются для обоснования проектирования детальных разведочных работ, а на сложных месторождениях — для проектирования эксплуатационно-подготовительных работ.

Запасы кат. C_1 на вновь разведанных месторождениях совместно с запасами более высоких категорий служат обоснованием для технического проектирования и капиталовложений в строительство горно-рудных предприятий. В отдельных случаях, на очень сложных месторождениях, запасы кат. C_1 могут быть использованы для составления технических проектов и при отсутствии запасов более высоких категорий. В последнем случае качество сырья, его технология и горно-технические условия отработки месторождения должны быть изучены с детальностью, предусмотренной для кат. A_2 . Обычно же при отсутствии запасов более высоких категорий запасы кат. C_1 служат обоснованием для ассигнований на детальные геолого-разведочные работы.

В исключительных случаях запасы кат. C_1 некоторых полезных ископаемых могут быть использованы для проектирования эксплуатационно-подготовительных работ и даже для производственного планирования эксплуатационных работ. Однако проектирование на основании запасов кат. C_1 , при отсутствии запасов более высоких категорий, связано с большим производственным риском и может быть оправдано только какими-либо особыми причинами (срочностью организации добычи, технической невозможностью разведки до более высоких категорий и т. п.).

Запасы кат. C_2 служат обоснованием для народнохозяйственного перспективного планирования и для планирования геолого-разведочных работ.

Согласно действующей классификации, определению подлежат запасы минерального сырья в недрах без вычета потерь при их добыче и переработке. Качество минерального сырья должно определяться без учета разубоживания, на основании анализов проб как по основному, так и по сопутствующим компонентам; качественная характеристика сырья должна изучаться с учетом необходимости комплексного его использования. Промышленные требования к минеральному сырью должны быть подтверждены специальными кондициями, которые устанавливаются соответствующими министерствами и ведомствами на основании технико-экономических расчетов. Забалансовые запасы, не удовлетворяющие кондициям, подлежат отдельному учету. Запасы полезных ископаемых в охранных целиках шахт, транспортных магистралей и т. п. учитываются отдельно и относятся к группе балансовых запасов, если они удовлетворяют промышленным кондициям.

Степень разведанности месторождений определяется соотношением запасов различных категорий и играет решающую роль при определении промышленного назначения запасов. Составление технических проектов и капиталовложения в строительство новых горнодобывающих предприятий разрешаются при наличии запасов кат. $A_2 + В + C_1$, а для месторождений со сложным распределением полезного компонента или малых размеров — за-

пасов кат. В-Г-С₁. На отдельных месторождениях с особо сложным строением, разведка которых до высоких категорий нецелесообразна, капиталовложения могут производиться при наличии запасов кат. С₁. Однако во всех случаях технологические свойства минерального сырья и условия разработки должны быть изучены до степени, достаточной для составления технического проекта.

Целесообразность детальной разведки месторождений до кат. А₂ и В проверяется ГКЗ (Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР) при рассмотрении отчетов и утверждении запасов.

Соотношение запасов отдельных категорий, необходимое для обоснования проектирования, определяется специальной таблицей и зависит от сложности месторождений, которые по ряду признаков разбиты на несколько групп. Так, например, для простых месторождений необходимо иметь 5% запасов кат. А₂, 25% кат. В и 70% кат. С₁; для более сложных месторождений — 20% запасов кат. В и 80% кат. С₁; для очень сложных месторождений все запасы могут быть представлены кат. С₁. Группировка месторождений по сложности их строения и распределения полезного компонента предусматривается специальным положением о порядке передачи разведанных месторождений для промышленного их освоения.

Кроме того, действующая классификация предусматривает, что при проектировании предприятий наряду с запасами других категорий должны учитываться и запасы кат. С₂.

Отнесение запасов кат. С₁ и С₂ к активной части балансовых запасов требует от геологов-разведчиков углубленного изучения структур и генезиса месторождений, правильной интерпретации геологических данных, полученных в процессе разведки, надежной оценки перспектив месторождений и обоснованного определения контуров их запасов.

Ниже приводим часть группировки месторождений цветных и редких металлов по природным факторам, определяющим условия классификации запасов:

а) крупные рудные тела простой формы (пластообразные, штокообразные залежи) с равномерным распределением полезных компонентов;

б) рудные тела значительной мощности и протяженности (линзообразные залежи) с относительно равномерным распределением полезных компонентов;

в) сложные по форме рудные тела (линзы и жилы), не выдержанные по мощности, падению и простиранию, с неравномерным распределением полезных компонентов;

г) исключительно сложные и невыдержанные рудные тела (прожилки, трубчатые тела, мелкие гнезда) со спорадической вкрапленностью.

ТРЕБОВАНИЯ К ИЗУЧЕННОСТИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОТРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Согласно инструкции о порядке представления в ГКЗ и ТКЗ материалов по подсчету запасов, в специальной главе отчета о геолого-разведочных работах должны быть приведены: объем, методика и содержание гидрогеологических исследований и наблюдений, выполненных при разведках; описание водоносных горизонтов: их литологический состав, статические и пьезометрические уровни воды, гидростатические напоры, коэффициенты фильтрации, площади возможной инфильтрации поверхностных вод, взаимосвязь водоносных горизонтов кровли, почвы и тела полезного ископаемого; должно быть дано описание пьезунов, характеристика вечной мерзлоты, сведения о составе и качестве подземных вод, определение возможного притока воды в момент вскрытия месторождения и в процессе эксплуатации его и сведения о водоотливе из действующих шахт и карьеров.

Для вновь разведываемых месторождений необходимо указывать источники снабжения будущего предприятия питьевой и технической водой.

В другой главе отчета должны быть освещены физико-химические свойства вмещающих пород и пород, слагающих тело полезного ископаемого (устойчивость пород кровли и почвы, кливаж, крепость, твердость, кусковатость, влажность, газоносность, пыленосность), факторы, затрудняющие эксплуатацию и требующие проведения специальных мероприятий); должны быть приведены соображения о наиболее целесообразном способе отработки месторождения (для открытых работ — соотношение вскрыши к полезной толще, для подземных — глубина залегания рудного тела, возможность отработки штормьями, рабочая мощность), для эксплуатирующихся месторождений — фактические данные об условиях отработки.

К моменту окончания разведки месторождения степень изученности гидрогеологических и горно-технических условий отработки должна быть достаточной для составления технического проекта вскрытия месторождения (или его участка), который включает и мероприятия по борьбе с подземными водами, процессами оползнеобразования и др.

Не останавливаясь на детальном разборе указанных требований к изучению горно-технических и гидрогеологических условий отработки месторождений, отметим наиболее важные из них, которые при оконтуривании и подсчете запасов необходимо учитывать в первую очередь.

1. Для месторождений, отработку которых предполагается вести открытым способом, необходимо в отдельности оконтурить

и подсчитать запасы на участках с различной мощностью пород, залегающих над рудным телом. Для этой цели чаще всего составляют специальную карту месторождения (или его участка) с изолиниями мощностей вскрыши, т. е. мощностей пород, залегающих выше рудного тела. Изолинии мощностей могут быть заменены изолиниями коэффициента вскрыши, который определяется как отношение мощности вышележащих пород к мощности рудного тела. Такие карты необходимы для установления очередности отработки месторождения и решения ряда других вопросов.

План изолиний вскрыши может быть построен аналитическим или графическим способом. Обычно пользуются более простым графическим способом. Для построения плана наносятся две системы изолиний — изолинии мощности вскрыши и изолинии мощности рудного тела. Изолинии мощности вскрыши проводятся через интервалы, определяемые формулой

$$r_s = kr_r,$$

где r_s — интервалы между изолиниями мощности вскрыши;
 r_r — интервалы между изолиниями мощности рудного тела;
 k — предельный коэффициент вскрыши, допускаемый условиями.

Точки пересечения изолиний мощности пласта r_r' , r_r'' и т. д. с соответствующими изолиниями мощности вскрыши r_s' , r_s'' и т. д. будут лежать на изолинии заданного коэффициента вскрыши. Соединяя эти точки плавной кривой, получают требуемый подсчетный контур.

Этот способ является наиболее наглядным. Он удобен еще и тем, что позволяет легко выявить внутри общего контура подсчета участки, не отвечающие заданному соотношению мощностей, которые при подсчете можно выделить, чтобы определить их запасы отдельно.

Если месторождение может быть отработано карьерами только частично, то запасы этих частей должны быть оконтурены и подсчитаны отдельно от остальных запасов месторождения.

Допустимая величина коэффициента вскрыши определяется содержанием полезного компонента в руде, ценностью полезного компонента, плотностью вскрышных пород, гидрогеологическими условиями, возможностью применения той или иной механизации вскрышных работ и рядом других технических, экономических и геологических причин. В каждом отдельном случае допустимая величина коэффициента вскрыши устанавливается специальными условиями; утверждаемыми техническим управлением соответствующего министерства. Практически этот коэффициент колеблется от нуля при залегании руды непосредственно на поверхности земли до 7:1 и выше.

В настоящее время, в условиях быстрого развития техники вскрышных работ, все большее количество месторождений ста-

новится возможным обрабатывать открытым способом, который, по сравнению с подземной обработкой, дает возможность осваивать более бедные руды. Чаще всего отработка карьерами производится на месторождениях, рудные тела которых расположены близ поверхности земли или даже выходят на поверхность. Это прежде всего относится к россыпям всех типов, крупным месторождениям штокверкового типа, крупным оруденелым зонам и др. Поэтому при подсчете запасов таких месторождений необходимо выяснить возможность применения открытых работ и в случае положительного решения этого вопроса — оконтурить и отдельно подсчитать запасы руды, которые могут быть отработаны карьерами.

Глубина отработки открытыми карьерами может быть ограничена не только техническими возможностями, но и структурно-геологическими особенностями месторождения. Например, рудные гнезда, изображенные на рис. 1, могут быть отработаны карьером только до горизонта резкого сокращения их мощности и перехода в жильные тела. Жильные тела, очевидно, потребуют применения другой системы отработки, и запасы их должны быть подсчитаны отдельно.

2. При подсчете запасов россыпных месторождений, предназначенных для дражной отработки, необходимо знать габариты драги, ее осадку и глубину черпания, так как контур подсчета будет зависеть не только от естественной ширины и глубины россыпи, но и от возможности прохода и работы драги. Минимальная ширина контура подсчета должна быть не меньше ширины, необходимой для прохода драги, независимо от содержания полезного компонента. Глубина подсчета запасов не должна превышать технически возможной глубины черпания драги. Это условие приводит к необходимости в случае естественного пересыпания россыпи включать в общий контур подсчета запасов отдельные заведомо безрудные участки или в случае значительной мощности наносов, превышающей возможную глубину черпания драги, — оставлять за контуром подсчета участки с кондиционным содержанием полезного компонента. Однако эти участки должны быть выделены в самостоятельные блоки и учтены отдельно. Обычно ширину прохода драги принимают равной 40—60 м.

На рис. 2 приведена схема части дражного полигона с блоками 9, 10 и 11, включающими скважины с непромышленным содержанием полезного компонента.

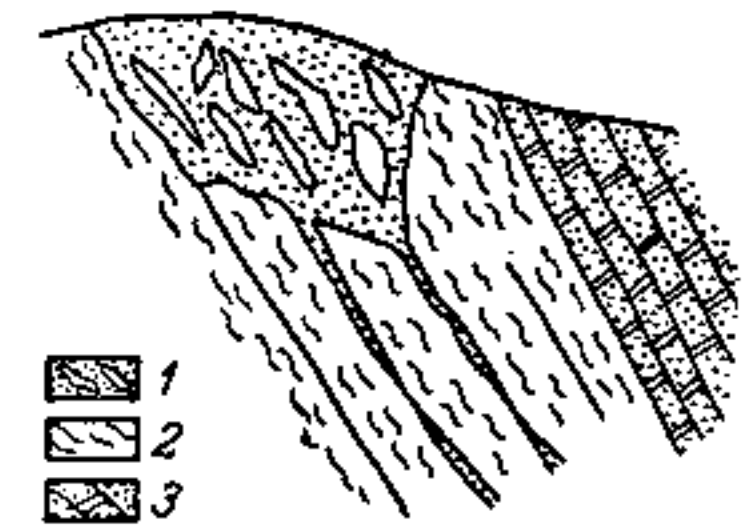


Рис. 1. Вертикальный разрез ртутного месторождения (Redington, Калифорния)
 1 — руда; 2 — метаморфические породы; 3 — песчаники

3. Для месторождений, расположенных в северных районах, особенно при открытой их отработке, нередко большое влияние на возможность применения того или иного способа эксплуатации оказывает наличие вечной мерзлоты. Например, отработка россыпей гидравлическим способом требует предварительного оттаивания грунта, отработка драгой в условиях вечной мерзлоты также затруднительна. Поэтому при подсчете запасов месторождений, расположенных в северных районах, необходимо изу-

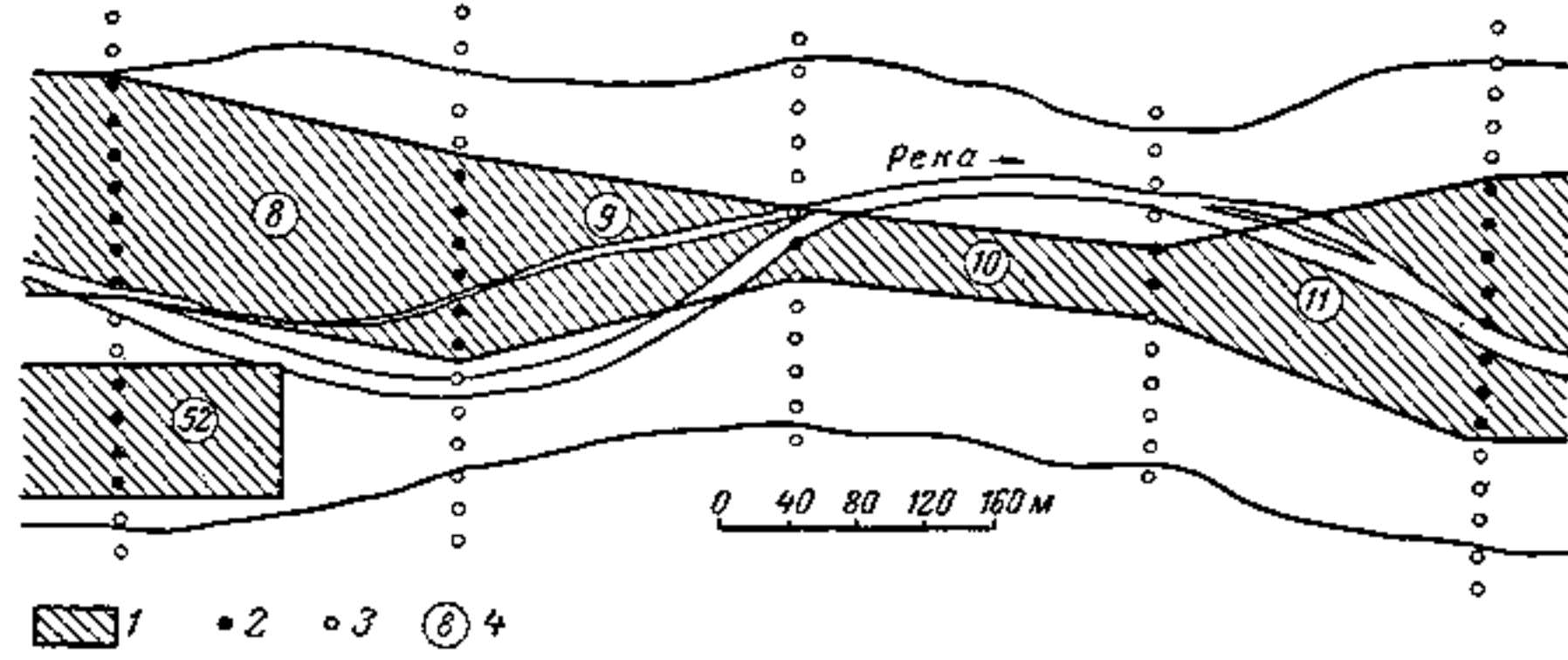


Рис. 2. Схема части дражного полигона

1—часть россыпи, включаемая в контур подсчета запасов; 2—скважины, показавшие промышленное содержание полезного компонента; 3—скважины, показавшие непромышленное содержание полезного компонента; 4—номера подсчетных блоков

чать распределение вечной мерзлоты и оконтуривать отдельно: 1) участки, на которых развита сплошная вечная мерзлота, 2) участки с островной вечной мерзлотой и 3) талики. Пример такого оконтуривания приведен на рис. 3.

4. В ряде случаев необходимо отдельно оконтуривать участки с дизъюнктивными нарушениями, а также сильно рассланцованные или закарстованные, т. е. участки, на которых следует ожидать осложнения условий отработки по сравнению с остальной частью месторождения; например, при значительной обводненности нарушенных зон может возникнуть необходимость в организации специального водоотлива; при резком изменении устойчивости вмещающих пород такие зоны могут потребовать применения специальных способов крепления и т. п.

5. Одной из наиболее важных задач при подсчете запасов является изучение гидрогеологических условий месторождения, определение степени его обводненности и величины ожидаемых водопритоков при эксплуатации. Нередки случаи, когда ценные богатые руды не могут быть отработаны только из-за неблагоприятных гидрогеологических условий их залегания. Так, например, некоторые богатые железорудные залежи на глубине 100 м не эксплуатируются в связи с их залеганием непосредственно под мощным покровом плавунцов, а некоторые залежи бокситов

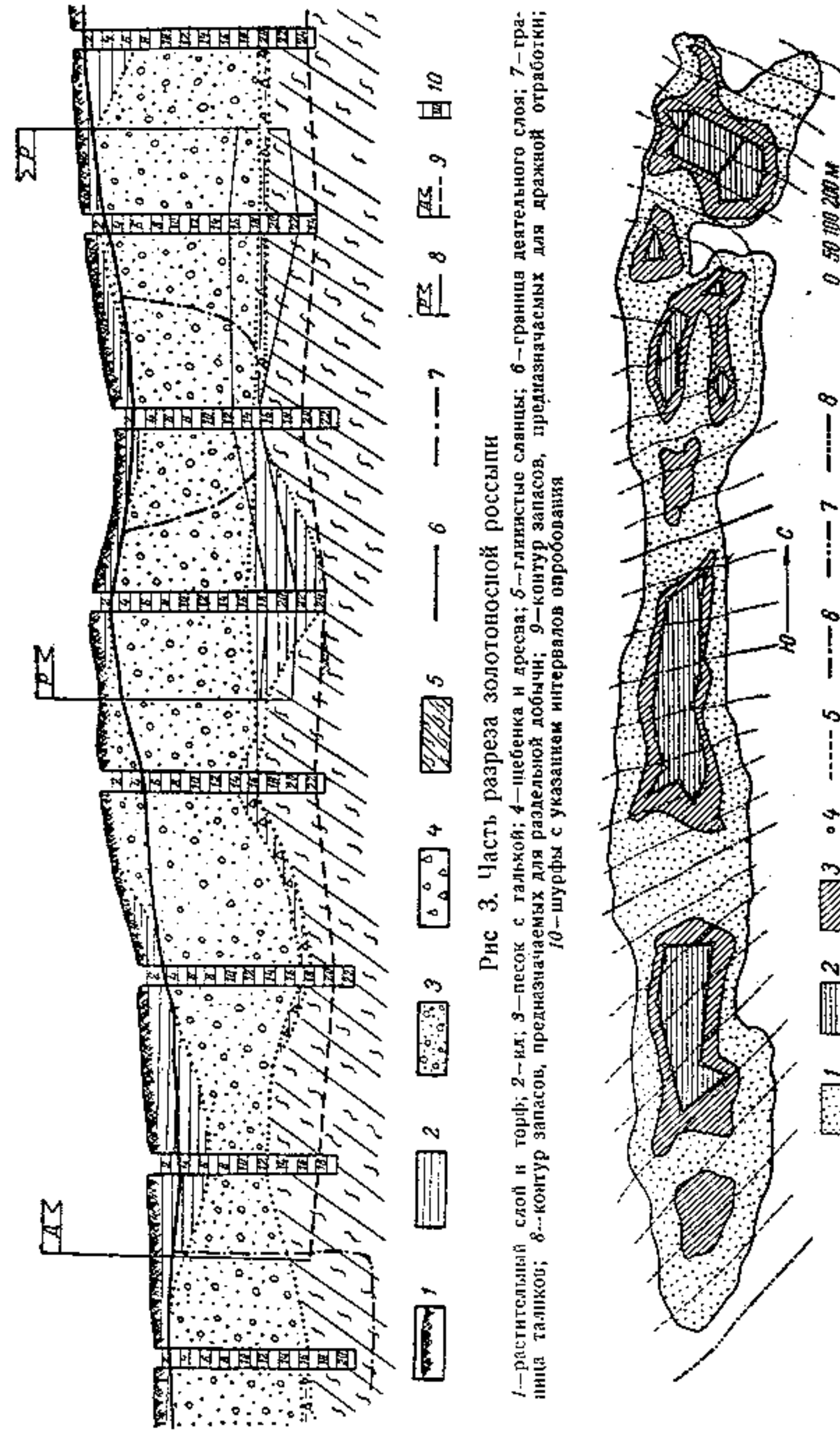


Рис. 3. Часть разреза золотоносной россыпи

1—растительный слой и торф; 2—ил; 3—песок с галькой; 4—щебенка и древесина; 5—глинистые сланцы; 6—граница деятельного слоя; 7—граница таликов; 8—контур запасов, предназначенных для раздельной добычи; 9—контур запасов, предназначенных для дражной отработки; 10—шурфы с указанием интервалов опробования

Рис. 4. Схематический план гидроизогипс

1—рудный горизонт; 2—запасы кат. В; 3—запасы кат. С; 4—разведочные выработки, пройденные в рудном теле; 5—гидроизогипсы; 6—южная граница участка, расположенного в благоприятных гидрогеологических условиях; 7—южная граница участка, отработка которого требует предварительного снижения напора подземных вод; 8—южная граница участка, отработка которого затрудняется наличием в подошве рудного пласта плавунцов

в известняках не могут быть отраотаны вследствие исключительно высоких водопритоков.

Поэтому необходимо тщательно изучать гидрогеологические условия отработки месторождения, выделять и самостоятельно оконтуривать запасы, находящиеся в резко различных условиях. Обычно выделяют участки месторождений, запасы которых залегают выше уровня грунтовых вод и отработка которых не представляет затруднений. Ниже уровня грунтовых вод выделяют участки с незначительными водопритоками, участки с водопритоками, требующими организации мощного водоотлива, участки возможного понижения уровня грунтовых вод путем искусственного осушения и т. п.

Запасы руды в выделенных по этим признакам участках подсчитываются отдельно и служат обоснованием для технико-экономических расчетов, связанных с проведением тех или иных гидротехнических мероприятий.

Выделение и оконтуривание участков, находящихся в различных гидрогеологических условиях, производится на специальных планах или картах гидроизогипс. На рис. 4 приводится схема одного из таких планов для месторождения, находящегося в сложных гидрогеологических условиях.

6. Запасы, расположенные в целиках — шахтных, под железнодорожными путями, производственными зданиями, поселками и пр., должны быть оконтурены на планах и разрезах и подсчитаны отдельно. Если по качеству эти запасы удовлетворяют условиям, они должны быть отнесены в группу балансовых запасов.

ГЛАВА III

ТРЕБОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ К РУДАМ (КОНДИЦИИ)

Основные требования

Приступая к оконтуриванию рудных тел и подсчету запасов минерального сырья, необходимо знать кондиции, характеризующие в общем случае следующие основные величины:

1. Минимальное промышленное содержание полезного компонента в руде, т. е. содержание, при котором руда может быть использована промышленностью. В случае нескольких равноценных или попутно извлекаемых полезных компонентов кондиции должны быть установлены с учетом комплексного использования руды.

2. Бортовое содержание, т. е. содержание полезного компонента в крайних (бортовых) пробах, которые целесообразно включать в промышленный контур. Бортовое содержание является функцией минимального промышленного содержания.

3. Минимальную промышленную мощность рудных тел или, при наличии маломощных, но богатых рудных тел, — метропроцент¹, а для месторождений золота и платины — метрограмм.

4. Минимальную мощность безрудных прослоев или участков по простиранию рудных тел, которые в зависимости от намеченной системы отработки могут быть оставлены в целиках или отработаны селективно. Эту величину часто заменяют величиной максимальной мощности безрудных прослоев или участков, которые при подсчете запасов следует включать в общий контур промышленных руд.

Кроме того, кондициями предусматриваются специальные требования, к которым относятся: а) при открытых работах — глубина возможной отработки и отношение мощности вскрыши к мощности рудного тела; б) при залегании рудных тел в виде разобренных мелких линз и гнезд — минимальные запасы по отдельным изолированным рудным телам, которые могут быть отработаны отдельно; в) минимальный коэффициент рудоносности, при котором отработка месторождения целесообразна; г) максимальное содержание вредных примесей; д) соотношение составляющих руду компонентов (например, модуль для бокситов) и некоторые другие.

Большинство способов оконтуривания предусматривает предварительное решение вопроса о том, что в условиях данного месторождения надо считать балансовой рудой, а что следует рассматривать как вмещающие породы или забалансовые руды и не включать в контур подсчета промышленных запасов. Практически же на рудных месторождениях этот вопрос к моменту подсчета запасов часто оказывается нерешенным и решается после подсчета запасов, что вызывает ряд осложнений.

Решение этого вопроса связано с установлением кондиций на руды различных металлов. Если наличие четких границ между рудными телами и вмещающими породами (жила, пласты) при совпадении контуров промышленной части рудного тела с его геологическими контурами дает возможность легко и правильно оконтурить кондиционные руды, то оконтуривание промышленной части рудных тел на месторождениях, не имеющих четких границ между кондиционными рудами и вмещающими породами (вкрапленные руды, штокверки, россыпи), связано с большими

¹ Использование метропроцента без внесения каких-либо поправок можно признать правильным только в тех случаях, когда вмещающие породы не несут оруденения, а селективная отбойка или рудоразборка при отработке невозможна. В случаях же, когда возможно применение рудоразборки или селективной отработки, а также в случаях, когда во вмещающих породах содержится некоторое количество полезного компонента, метропроцент дает завышенные данные, которые при их использовании необходимо корректировать (см. работу А. В. Левицкого «Определение промышленного содержания металла в руде в зависимости от мощности жилы, степени обогащаемости вмещающих пород и других факторов». Сб. «Геология и горное дело», Металлургиздат, 1947).

трудностями. В последнем случае оконтуривание обычно производится на основании данных опробования по бортовому содержанию металла в руде, которое определяется для каждого месторождения отдельно.

Определение кондиций на содержание металла в рудах возложено на технические управления и главки соответствующих министерств, которые часто делают это после того, как разведка месторождения уже в основном проведена. Поэтому во время производства геолого-разведочных работ, а иногда и во время подсчета запасов не всегда достаточно ясны требования, предъявляемые к рудам разведываемого месторождения, и работы нередко ведутся вслепую.

Если установление минимального промышленного содержания металлов в руде предопределяется в основном экономическими факторами, то возможность получения на том или ином месторождении руды с содержанием металла не ниже установленного часто зависит от геологических особенностей месторождения, характера распределения полезного компонента, минералогического состава руды и пр., что должно быть учтено при оконтуривании промышленных руд.

Необходимо отметить, что единого толкования понятий «минимальное промышленное содержание» и «бортное содержание металла в руде» нет, и нередко случаи, когда неправильное толкование этих терминов приводит к неправильному оконтуриванию рудных тел и неверной промышленной их оценке.

В недалеком прошлом бортовым содержанием интересовались только при оконтуривании промышленной части россыпей золота. В настоящее время промышленностью осваиваются все новые и новые типы руд различных металлов и, в частности, широко используются вкрапленные руды, отличительной особенностью которых является отсутствие четких контактов с вмещающими породами. Поэтому теперь о бортовом и минимальном промышленном содержании металла говорят как о понятиях, относящихся не только к россыпным, но также и ко многим коренным месторождениям.

Распространяя эти понятия на рудные месторождения, следует определять минимальное промышленное содержание как минимальное среднее промышленное содержание полезного компонента в некотором объеме руды, а бортное — как нижний предел содержания полезного компонента в крайних (бортных) пробах.

Под минимальным промышленным содержанием полезного компонента в руде надо понимать именно среднее содержание, так как руда с минимальным промышленным содержанием включает в себя участки как с более высоким, так и с более низким содержанием полезного компонента по сравнению со средним. Минимальное промышленное содержание полезного компонента в руде есть величина переменная даже для одного и того же

месторождения и зависит главным образом от технико-экономических факторов.

Верхний предел содержания полезного компонента в руде не может быть ограничен — присутствие более богатых руд всегда представляет собой положительное явление. Однако при наличии вредных примесей приходится иметь дело именно с верхним пределом содержания их в руде, и в этих случаях, естественно, должны быть изменены все рассуждения и расчеты.

Бортное содержание, как указано, следует понимать как нижний предел содержания полезного компонента в крайних пробах, при котором эти пробы включаются в подсчетный контур промышленной (балансовой) руды. Величина бортового содержания полезного компонента зависит от принятого минимального промышленного содержания, установленного для данного месторождения, и от характера распределения полезного компонента в руде на данном участке.

Бортное содержание является величиной переменной и должно определяться для каждого конкретного случая отдельно. Так, иногда при установленном бортовом содержании все руды залежи оказываются забалансовыми, но если бортное содержание несколько увеличить, то можно выделить значительную сравнительно обогащенную часть залежи, запасы которой окажутся балансовыми и пригодными для отработки, удовлетворяя требованиям к минимальному промышленному содержанию полезного компонента. Встречаются и обратные случаи, когда при оконтуривании залежи по принятому для месторождения бортовому содержанию залежь практически «исчезает» и вместо нее в плане изображается ряд отдельных «пятен». Это — мелкие гнезда с повышенным содержанием полезного компонента, которые, однако, для отработки непригодны, так как каждое из них обладает слишком незначительными запасами. Если же установленное бортное содержание несколько снизить, то оконтуренные ранее мелкие гнезда объединятся в единую залежь, удобную для отработки. Среднее содержание полезного компонента при этом становится несколько ниже, чем в ранее оконтуренных отдельных гнездах, но тем не менее оно удовлетворяет минимальным требованиям промышленности.

Определение минимального промышленного содержания и бортового содержания требует сложных технико-экономических расчетов и обычно выполняется проектными институтами или техническими управлениями соответствующих министерств.

Технико-экономические расчеты по определению минимального промышленного содержания для действующих предприятий значительно отличаются от расчетов для вновь разведанных месторождений. Для действующих предприятий расчеты должны опираться на фактический материал, а для вновь разведанных месторождений возможны только предположительные расчеты, основанные на ориентировочных данных. Особую осторожность

следует соблюдать при расчетах для месторождений, на которых содержание полезного компонента в рудах находится на грани кондиций: при допущении ошибок в расчетах такие месторождения могут быть либо незаслуженно зачислены в группу промышленных, либо ошибочно отнесены за баланс.

Ниже приводим два наиболее характерных примера технико-экономических расчетов. Цифровые данные приводятся в условных величинах.

Определение минимального промышленного содержания полезного компонента в руде для действующего рудника

Нижний предел промышленного содержания компонента *a* в руде определяется технико-экономическими показателями ее переработки на действующей обогатительной фабрике.

Зависимость технологических и экономических показателей работы фабрики от содержания компонента *a* в исходной руде изучалась по статистическим данным о работе фабрики за полугодие. В материалах по каждой смене работы имеются следующие показатели:

- содержание компонента *a* в исходной руде;
- количество переработанной руды;
- количество полученного концентрата;
- содержание компонента *a* в концентрате;
- коэффициент извлечения металла из руды в процентах;
- количество машино-часов работы фабрики.

Зависимость коэффициента извлечения от содержания компонента в исходной руде изучалась по материалам 411 смен, зависимость содержания компонента в концентрате от содержания его в руде — по материалам 427 смен, зависимость количества металла, переведенного в концентрат, от содержания компонента *a* в руде — по материалам 342 смен.

Цель анализа этих зависимостей заключается в установлении нижнего предела содержания компонента *a* в исходной руде, при котором: а) при принятом на фабрике технологическом процессе коэффициент извлечения будет в среднем не ниже планового, в данном случае равного 55%; б) содержание компонента *a* в концентрате будет не ниже принятого по плану — 30%; в) стоимость 1 т переведенного в концентрат металла (по прямым затратам фабрики) будет не выше плановой, равной в нашем примере 250 руб. Для вывода последнего показателя стоимость 1 машино-часа работы фабрики принята по плановой калькуляции и составляет 16 р. 10 к.

Анализ зависимости коэффициента извлечения от содержания компонента «*a*» в исходной руде. По статистическим материалам работы фабрики составлена таблица, позволившая построить кривую зависимости коэффициента извлечения от содержания компонента *a* в руде (рис. 5).

Анализ кривой позволяет сделать следующее заключение:

1. Средний коэффициент извлечения получается ниже планового только в интервале содержания компонента *a* в исходной руде от 1,0 до 1,25%. Содержание компонента *a* ниже 1% в руде, перерабатываемой на фабрике, не встречалось.

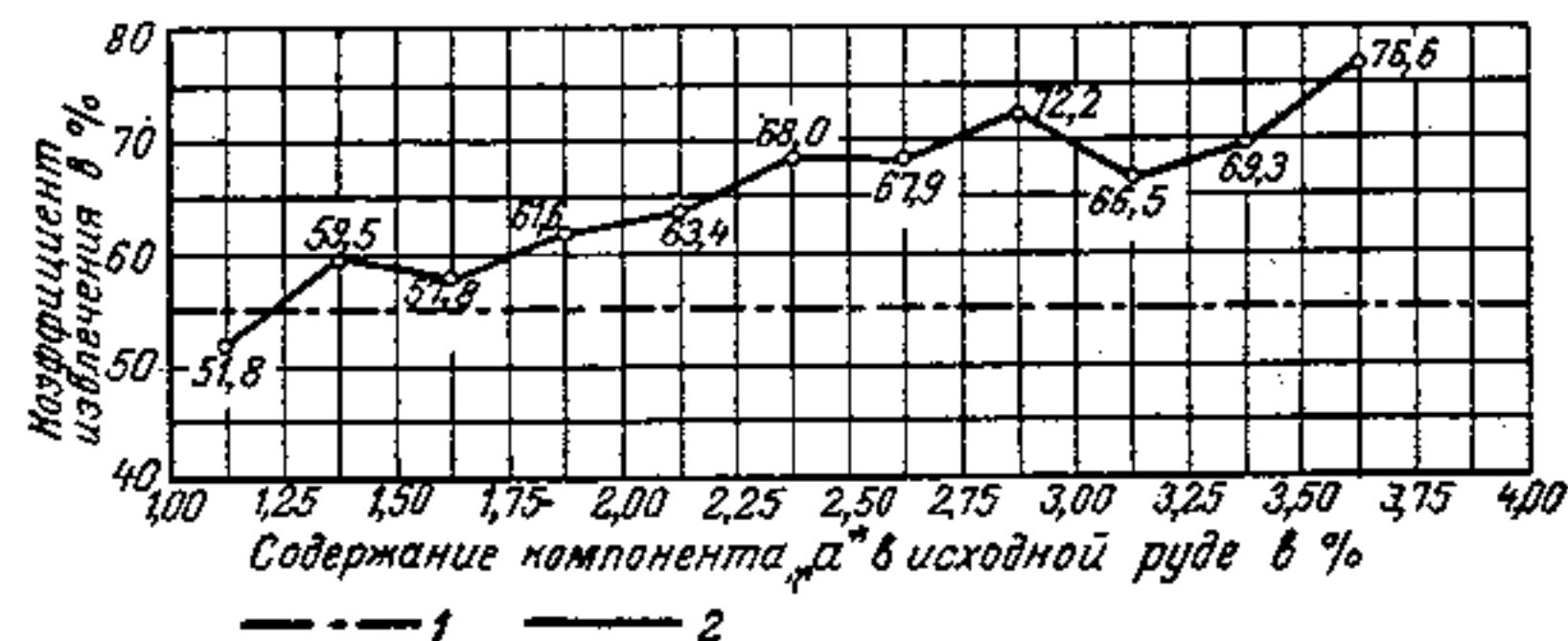


Рис. 5. Зависимость коэффициента извлечения от содержания компонента *a* в исходной руде

1 — коэффициент извлечения по плану; 2 — коэффициент извлечения фактический

2. Коэффициент извлечения повышается при увеличении содержания компонента *a* в исходной руде до 3,00%, а затем довольно резко снижается. При дальнейшем увеличении содержания коэффициент извлечения вновь увеличивается. Снижение коэффициента извлечения при содержании 3,00% объясняется тем, что технологический процесс фабрики установлен применительно к содержанию от 1,50 до 3,00%, а данные о содержании в руде компонента *a* поступают на фабрику после смены, и изменить технологический процесс применительно к более высокому содержанию фабрика не успевает. При систематической переработке руды с содержанием выше 3,00% такого снижения коэффициента извлечения не будет.

Вывод. Зависимость коэффициента извлечения от содержания компонента *a* в исходной руде позволяет принять нижний предел промышленного содержания его в руде, подаваемой на фабрику, равным 1,25%.

Анализ зависимости содержания компонента «*a*» в концентрате от содержания его в исходной руде. На рис. 6 представлена кривая зависимости содержания компонента *a* в концентрате от содержания его в исходной руде, построенная по материалам статистики.

Анализ этой кривой позволяет сделать следующие выводы:

1. Среднее содержание компонента *a* в концентрате оказывается ниже планового только в интервале содержания его в исходной руде от 1,00 до 1,25%.

2. В интервале содержания компонента *a* в исходной руде от 1,25 до 3,00% среднее содержание его в концентрате остается

почти на одном уровне, немного превышая плановые 30%. При содержании компонента *a* в исходной руде выше 3,00% содержание его в концентрате начинает быстро возрастать.

Вывод. Зависимость содержания компонента *a* в концентрате от содержания его в исходной руде позволяет установить нижний предел промышленного содержания компонента *a* в руде, подаваемой на фабрику, равным 1,25%.

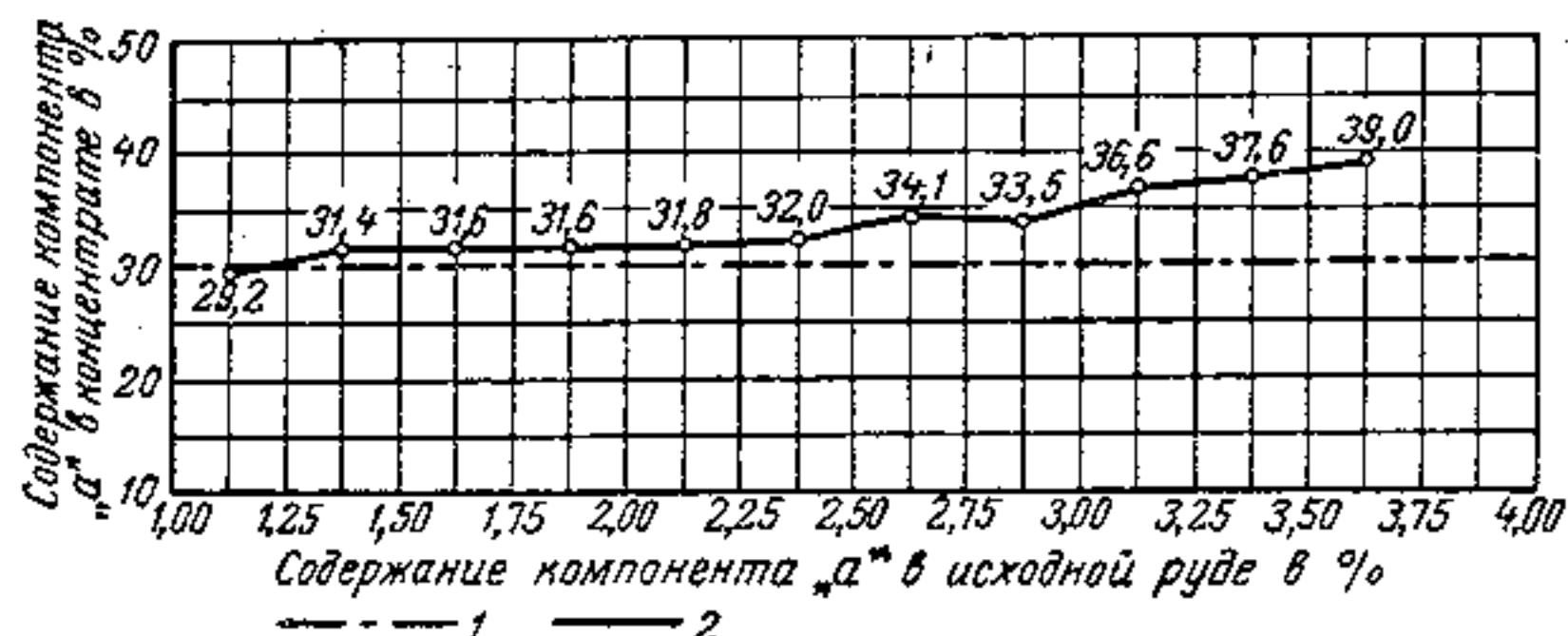


Рис. 6. Зависимость содержания компонента *a* в концентрате от содержания его в исходной руде
1—содержание компонента *a* в концентрате по плану; 2—содержание компонента *a* в концентрате фактическое

Анализ зависимости стоимости 1 т металла, переведенного из руды в концентрат, от содержания компонента «a» в исходной руде. При изучении статистических материалов было установлено, что количество руды, переработанной за смену, прямо пропорционально количеству машино-часов работы фабрики. Это позволило перейти к такому показателю работы фабрики, как количество металла, переведенного из руды в концентрат за 1 машино-час работы. Этот показатель определялся следующим образом: по количеству концентрата и содержанию в нем компонента *a* определялось количество металла, переведенного из руды в концентрат за смену; затем полученное число делилось на количество машино-часов работы. Средняя стоимость 1 т металла, переведенного из руды в концентрат, получена делением плановой стоимости 1 машино-часа работы фабрики (16 р. 10 к.) на средний выход металла в тоннах.

Все основные показатели сведены в таблицу, на основании которой построена кривая зависимости стоимости 1 т металла в концентрате от содержания компонента *a* в исходной руде (рис. 7).

Анализ этой кривой позволяет убедиться, что средняя стоимость 1 т металла, переведенного из руды в концентрат, опускается ниже плановой при содержании в исходной руде компонента *a* выше 1,75%.

Вывод. Зависимость стоимости (по прямым затратам фабрики) 1 т металла, переведенного в концентрат, от содержания компонента *a* в исходной руде показывает, что нижний пре-

дел промышленного содержания компонента *a* в руде, подаваемой на фабрику, должен быть принят равным 1,75%, а не 1,25%, как можно было заключить из предыдущих расчетов.

Определение нижнего предела промышленного содержания компонента «a» в руде. Произведенный анализ показывает, что нижний предел содержания компонента *a* в руде, подаваемой на фабрику, должен быть равен 1,75%. Но, поскольку руда по-

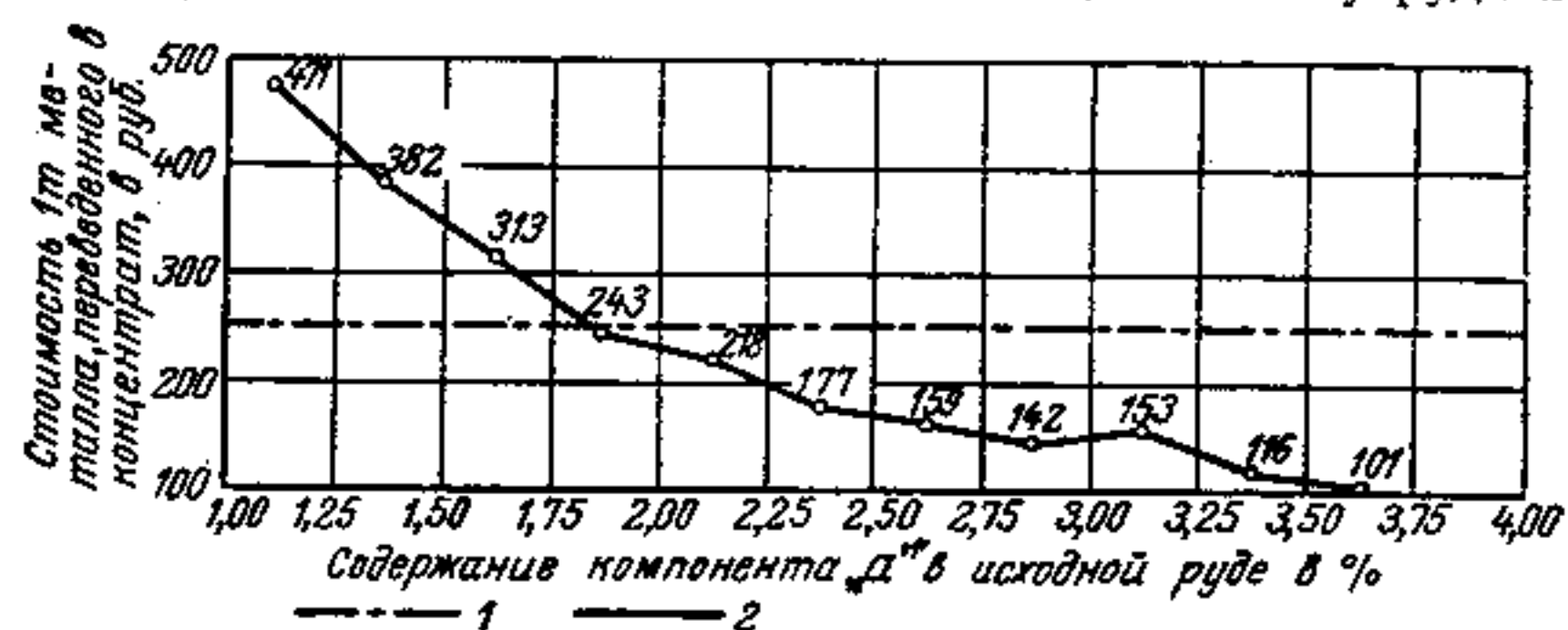


Рис. 7. Зависимость стоимости 1 т металла, переведенного в концентрат, от содержания компонента *a* в исходной руде
1—плановая стоимость металла; 2—фактическая стоимость металла

ступает на фабрику разубоженной, нижний предел промышленного содержания компонента *a* для руды в блоке должен быть принят более высоким.

Коэффициент разубоживания по руднику составляет 1,20. Эта величина вычислена для условий почти полного отсутствия борьбы с разубоживанием. Можно полагать, что при наличии такой борьбы разубоживание удастся понизить до 1,15. Тогда нижняя граница промышленного содержания компонента *a* в блоке будет равна $1,75 \times 1,15 = 2,01\%$.

Вывод. Нижней границей промышленного содержания компонента *a* в блоках следует принять содержание, равное 2,0%.

Определение минимального промышленного содержания полезных компонентов в руде для вновь разведанного месторождения

Минимальное промышленное содержание полезных компонентов в руде определяется следующими основными данными:

- 1) процентом извлечения металлов (полезных компонентов) из руды при современном уровне техники извлечения;
- 2) производительностью предприятия, трудоемкостью технологического процесса и зависящей от этого стоимостью добычи руды, ее транспортировки и передела;
- 3) объемом капиталовложений в проектируемое предприятие (фабрику, шахтное хозяйство и пр.);

- 4) количеством разведанных запасов на месторождении и обеспеченностью нового предприятия этими запасами;
5) отпускными ценами на готовую продукцию рудника (концентрат и др.).

В разбираемом нами примере руды содержат два полезных компонента: *a* и *б*.

Исходные данные для расчета сводятся к следующему (подробные вычисления этих данных здесь не даются, а приводятся лишь конечные их результаты):

1) коэффициент извлечения из руды для компонента *a* составляет 60%, для компонента *б*—70%;

2) отпускная стоимость 50%-ного концентрата компонента *a* составляет 5000 руб.; отпускная стоимость 60%-ного концентрата компонента *б*—3600 руб. за тонну;

3) разведанные запасы месторождения по кат. A_2+B+C_1 составляют 3,6 млн. т руды.

Объем капиталовложений и обеспеченность предприятия запасами в зависимости от производительности предприятия выражаются следующими цифрами:

Производительность рудника в т/сутки	100	300	500	1000
Обеспеченность запасами (с учетом потерь) в годах	90	30	20	10
Объем капиталовложений в млн. руб.	15	30	40	50

Затраты, падающие на 1 т руды, также зависящие от производительности предприятия, составляют:

№ по пор.	Элементы затрат	Затраты на 1 т руды в руб. при производительности предприятия			
		100 т/сутки	300 т/сутки	500 т/сутки	1000 т/сутки
1	Добыча руды	75	52	50	40
2	Переработка на фабрике . . .	60	40	30	25
3	Транспортировка	10	3	2	1,5
4	Амортизация (принятый срок—20 лет)	20	15	11	7
	Итого	165	110	93	73,5

Из приведенной таблицы видно, что наименьшая сумма затрат падает на 1 т руды при производительности предприятия в 1000 т/сутки. Однако в этом случае обеспеченность предприятия рудой выражается всего 10 годами. Поэтому целесообразнее принять вариант с производительностью предприятия 500 т, при которой затраты на 1 т руды составляют 93 руб. В этом случае стоимость извлекаемых из 1 т руды полезных компонентов не должна быть ниже 93 руб.

Если предположить, что в руде имеется только один компонент *a*, то расчеты по определению минимального промышленного содержания его в руде сведутся к следующему:

а) количество металла *a* в 1 т 50%-ного концентрата составляет 500 кг;

б) стоимость 1 кг металла в концентрате составляет $5000 : 500 = 10$ руб.;

в) следовательно, при себестоимости 1 т руды (т. е. при сумме затрат на 1 т руды) 93 руб. количество компонента *a* в 1 т руды должно составлять $93 : 10 = 9,3$ кг;

г) отсюда содержание компонента *a* в руде определяется как $9,3 : 1000 \times 100 = 0,9\%$;

д) однако, поскольку компонент *a* извлекается из руды только в количестве 60%, минимальное промышленное содержание его в руде должно быть принято равным $0,9 : 60 \times 100 = 1,5\%$.

Аналогичные расчеты для компонента *б* дают минимальное промышленное содержание его в руде 2,2%.

При одновременном извлечении компонентов *a* и *б* минимальное содержание их в руде и соотношение между ними легко определить по графику, составляемому на основании специальных расчетов. Минимальное содержание компонентов *a* и *б* в руде при совместном их извлечении можно также определять по таблице, для составления которой необходимо вычислить переводной коэффициент: содержание в руде 1,5% компонента *a* соответствует содержанию 2,2% компонента *б*, следовательно, переводной коэффициент выражается числом $2,2 : 1,5 = 1,467$. При обратном переводе этот коэффициент будет равен $1,5 : 2,2 = 0,682$.

При пользовании переводными коэффициентами для попутных компонентов необходимо знать минимальное содержание этих компонентов, при котором они технологически извлекаются и которое не должно быть ниже содержания их в хвостах.

Приведенный расчет относится к руде, подаваемой на фабрику. В зависимости от горно-технических условий эксплуатации для определения нижнего предела содержания компонентов в блоках или рудных телах должна быть введена поправка на разубоживание и потери.

Определение нижнего предела содержания полезного компонента в пробе

В условиях неравномерного и тем более крайне неравномерного распределения полезного компонента содержание последнего резко изменяется и на небольших интервалах может значительно отклоняться от установленного минимального промышленного содержания, в отдельных случаях падая до нуля. В этих условиях задача сводится к тому, чтобы в пределах сравнительно небольшого участка месторождения или отдельного блока наметить такой контур, в пределах которого среднее содержание полезного компонента в руде отвечало бы установленному минимальному промышленному содержанию или было выше его.

Поскольку оконтуривание производится по данным химических анализов отдельных проб, необходимо знать нижний предел содержания полезного компонента в пробе, который обеспечит получение установленного минимального промышленного содержания полезного компонента в руде.

Неравномерность и неизученность законов распределения полезного компонента вынуждают включать в контур промышленной руды и часть руды с концентрацией полезного компонента ниже установленного минимального промышленного содержания. В этих условиях при определении нижнего предела содержания полезного компонента в пробе (бортное содержание) хорошие результаты дает способ, основанный на статистическом анализе данных опробования, описанный в работе автора «Практические методы подсчета запасов рудных месторождений» (1953).

Величина нижнего предела содержания полезного компонента в пробе, получаемая статистическим способом, должна использоваться только при определении внешнего контура рудного тела, россыпи или их частей (блоков). Отдельные пробы внутри контура рудного тела независимо от содержания в них полезного компонента, которое может снижаться до нуля, включаются в подсчетный контур. Однако следует иметь в виду, что допустимая мощность внутриконтурных прослоев слабообогатенных или безрудных пород в каждом отдельном случае зависит от намечаемой системы отработки и ограничивается технической возможностью отдельной отработки безрудных участков или оставления их в целиках.

Поскольку количество бедных проб, включаемых в общий подсчетный контур, может быть велико, в отдельных случаях фактическое среднее содержание полезного компонента в результате оконтуривания может оказаться несколько ниже теоретически вычисленного. В этих случаях необходимо несколько увеличить полученную величину нижнего предела содержания полезного компонента в пробе и оконтурить участок заново.

Выделение участков и блоков при оконтуривании связано с наличием на месторождении естественных типов и сортов руд, запасы которых подлежат отдельному подсчету и оконтуриванию. Следовательно, и определение нижнего предела содержания полезного компонента в пробе должно производиться для каждого типа руд отдельно. Так, например, нельзя объединять в один блок богатые руды и убогие или окисленные и первичные, так как в пределах таких блоков будут резко изменяться закономерности распределения содержания металла в руде.

Бортное содержание компонента, установленное статистическим способом, в общем случае должно быть не ниже содержания, при котором этот компонент может быть технологически извлечен, т. е. не ниже содержания его в хвостах обогатительных фабрик (если последние работают нормально).

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ КОМПОНЕНТОВ В РУДНЫХ ТЕЛАХ И ХАРАКТЕР ВЫКЛИНИВАНИЯ ПОСЛЕДНИХ

Распределение полезных и вредных компонентов на месторождениях имеет большое практическое значение. В зависимости от характера распределения полезных и вредных компонентов могут применяться различные системы отработки месторождений, различные способы обработки руды и ее обогащения. От характера распределения полезного или вредного компонента зависит возможность применения того или иного метода опробования (бортного, точечного, валового и др.), размер отбираемых проб, расстояние между пробами, а нередко и возможность применения той или иной системы и метода разведки (бурение скважин, проходка горных выработок, их расположение и т. д.).

Обычно различают равномерное, неравномерное и крайне неравномерное распределение полезных или вредных компонентов в рудном теле. Однако ограничиться установлением такой характеристики распределения компонентов при подсчете запасов нельзя, необходимо выяснить и некоторые другие вопросы, влияющие на оконтуривание руд.

С развитием техники представление о ценности руд резко меняется. Так, например, многие горные породы, которые в недалеком прошлом не представляли промышленного интереса, в настоящее время рассматриваются как ценные руды (вкрапленные медные руды и др.). Это обстоятельство указывает, с одной стороны, на необходимость знания геологами-разведчиками требований промышленности к рудам, а с другой — на необходимость учета так называемых забалансовых запасов руд, как ближайшего резерва минерального сырья. Вопрос о кондициях подробно разбирался выше; здесь только напомним, что основным требованием к рудам является требование определенного содержания в них полезного компонента, что отличает руду от породы.

Таким образом, основным условием правильного оконтуривания рудных тел является знание характера и закономерностей распределения полезного компонента в рудном теле и взаимоотношений рудных участков с безрудными, которые в природе проявляются крайне разнообразно.

Вторым, не менее важным условием является установление пространственного распределения естественных сортов и типов руд, что в ряде случаев имеет решающее значение для промышленной ценности месторождения (например, выделение мартезовских руд и пр.).

Наконец, третьим условием является установление общего характера выклинивания рудных тел по простиранию и падению.

практически все перечисленные особенности строения рудных тел очень тесно связаны между собой и здесь разграничиваются только для удобства рассмотрения.

Характер распределения полезного компонента в рудном теле и взаимоотношение рудных участков с вмещающими породами

При подсчете запасов важно знать распределение полезного компонента в рудном теле и быть уверенным в том, что оконтуренная руда действительно является кондиционной и может быть использована промышленностью. Кроме того, перед началом подсчета запасов важно убедиться в том, что в пределах оконтуренных промышленных руд нет слабооруденелых или безрудных участков, которые могут быть тем или иным путем исключены, что даст возможность повысить качество руды.

С этой точки зрения целесообразно рассмотреть следующие основные группы месторождений:

1) месторождения, на которых рудные тела имеют четкие границы, при этом распределение полезного компонента может быть: а) равномерным и б) неравномерным;

2) месторождения, на которых рудные тела не имеют четких границ, причем распределение полезного компонента также может быть: а) равномерным и б) неравномерным.

Разберем каждую из выделенных групп отдельно.

Месторождения, на которых рудные тела имеют четкие границы и распределение полезного компонента равномерное. Эта группа месторождений характеризуется прежде всего резким различием в вещественном составе рудных тел и вмещающих пород, что дает возможность четко провести контур рудного тела. Внутри рудного тела полезный компонент распределен относительно равномерно, и все рудное тело представляет промышленный интерес.

Соотношение содержания полезного компонента в рудном теле и во вмещающих породах на их контакте графически может быть выражено схемой, изображенной в идеализированном виде на рис. 8. На этой схеме MM — линия максимальной изменчивости содержания полезного компонента, которая обычно располагается перпендикулярно контакту рудного тела; KK — линия контакта рудного тела с вмещающими породами, при этом справа от нее расположено рудное тело, а слева — вмещающие породы. Рассматривая полученное пересечение прямых как координатную сеть, можно в условном масштабе отложить по оси KK содержание полезного компонента C_k , равное кондиционному, т. е. минимальному содержанию полезного компонента, которое отличает руду от вмещающей породы. Откладывая по той же оси фактическое содержание полезного компонента (в том же масштабе), получим линию C_ϕ , которая в пределах рудного тела пойдет примерно параллельно линии C_k , причем несколько выше

последней, так как промышленное содержание полезного компонента в рудном теле, как правило, выше предусмотренного кондициями. На контакте рудного тела с вмещающими породами содержание полезного компонента резко падает и линия C_ϕ совпадает с линией KK .

На многих месторождениях вмещающие породы также несут в себе некоторое количество полезного компонента; в этих условиях кривая C_ϕ в пределах вмещающих пород проходит несколько выше нуля. Кроме того, содержание полезного компо-

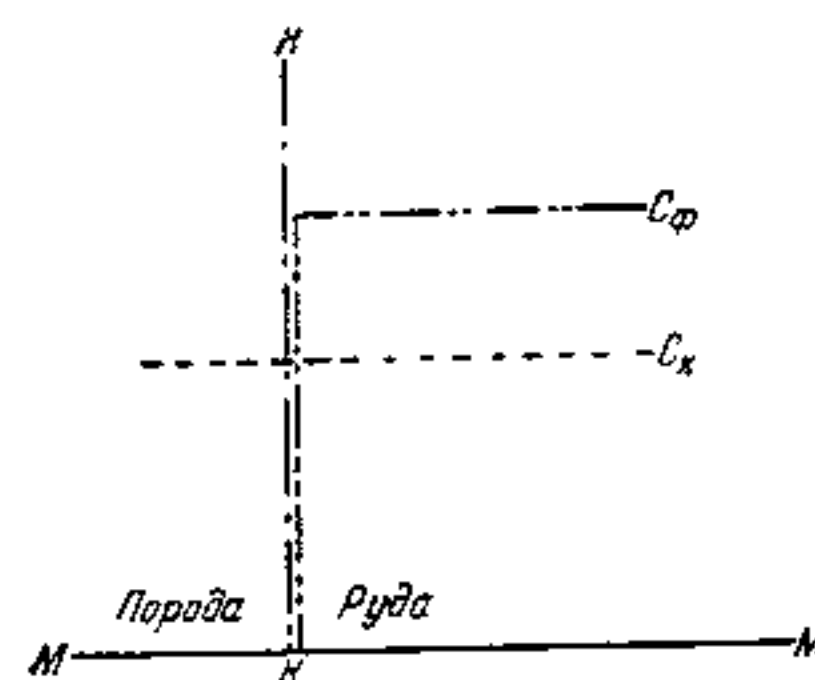


Рис. 8. Идеализированная схема соотношения содержания полезного компонента в рудном теле и во вмещающих породах при четком контакте и равномерном распределении полезного компонента

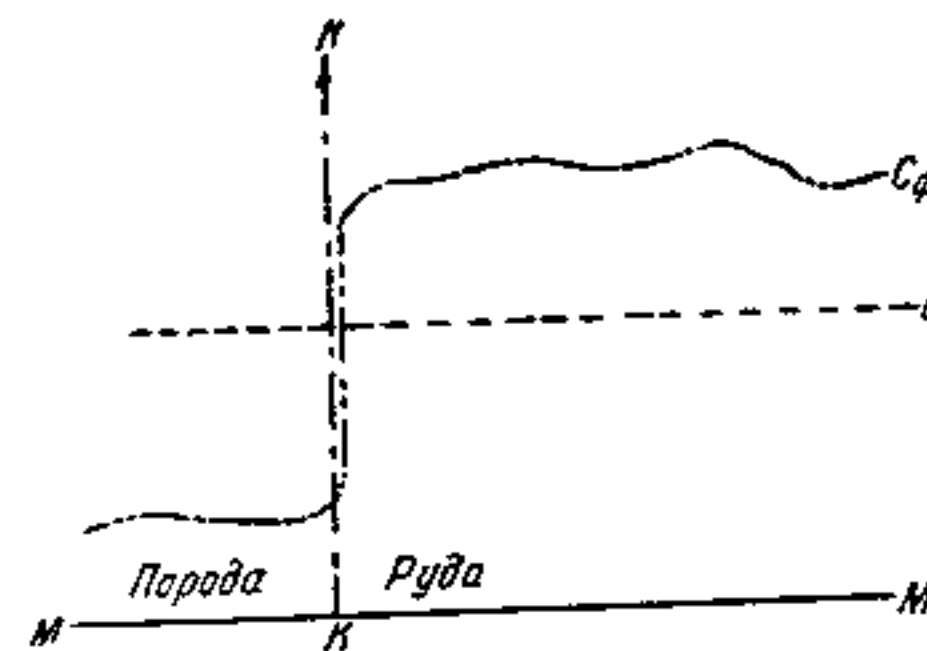


Рис. 9. Общая схема соотношения содержания полезного компонента в рудном теле и во вмещающих породах при четком контакте и равномерном распределении полезного компонента

нента даже при равномерном его распределении испытывает некоторые колебания, и графическое изображение их даст волнистую линию. Поэтому в общем виде схема соотношения содержания полезного компонента будет иметь характер, показанный на рис. 9. Однако содержание полезного компонента во вмещающих породах в месторождениях рассматриваемой группы резко отличается от содержания его в рудном теле и граница между ними намечается достаточно четко.

К этой группе месторождений относятся многие месторождения жильного типа, железорудные и марганцевые месторождения осадочного и магматогенного генезиса и др. Примером может служить железорудная залежь, часть плана опробования которой приведена на рис. 10. Железорудная залежь пересечена горной выработкой по всей мощности, что дает возможность построить кривую распределения железа C_ϕ , охватывающую два контакта залежи. Оба контакта выделяются достаточно четко, и никаких затруднений при проведении контуров залежи не возникает.

Как отмечено выше, для рассматриваемой группы месторождений характерно совпадение геологических контуров рудных тел с подсчетными, причем геологические контуры хорошо фикси-

рутся как в горных выработках, так и по кернам буровых скважин.

Месторождения, на которых рудные тела имеют четкие границы, но распределение полезного компонента неравномерное. Как и в предыдущем случае, для этой группы месторождений характерно резкое различие между вещественным составом рудного тела и вещественным составом вмещающих пород, что дает возможность наметить четкую границу между ними. Однако, в от-

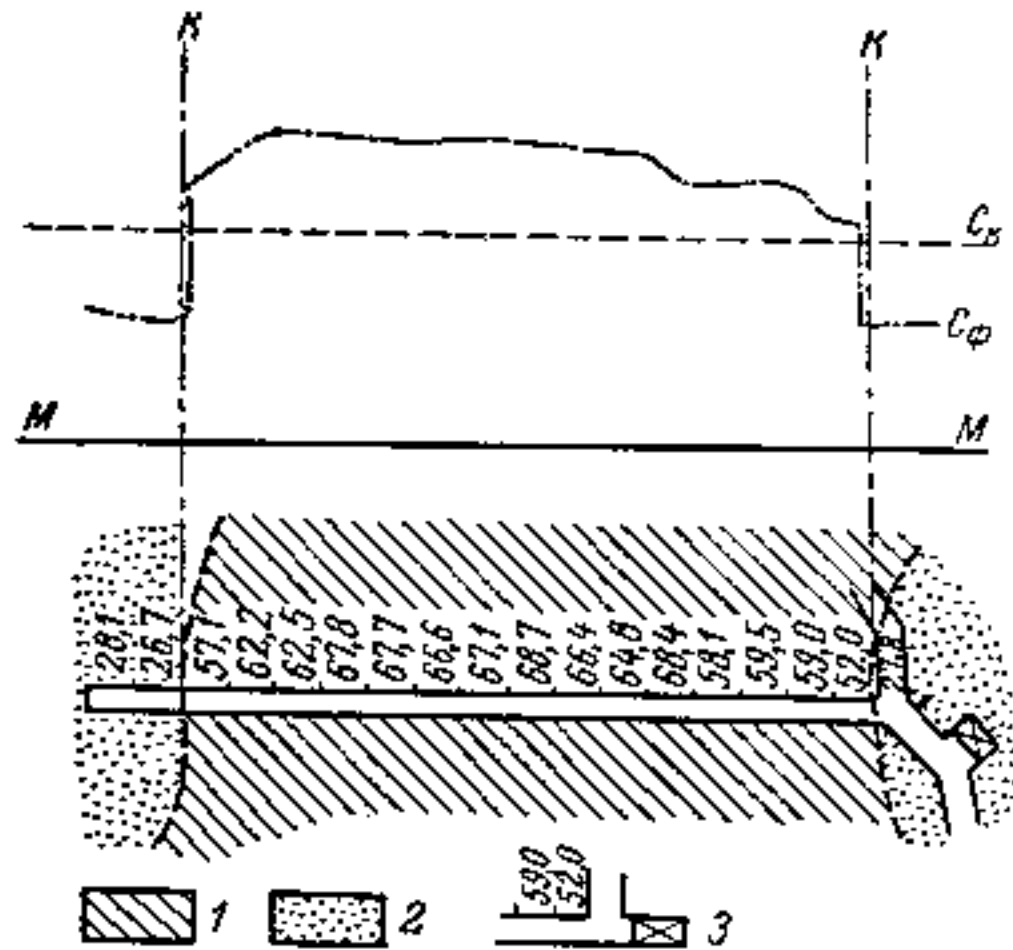


Рис. 10. Часть плана опробования железорудной залежи

1—рудное тело; 2—вмещающие породы; 3—горные выработки. Вертикальными штрихами отмечены интервалы опробования; цифры указывают содержание железа в пробах, на основании которых построена кривая C_{ϕ}

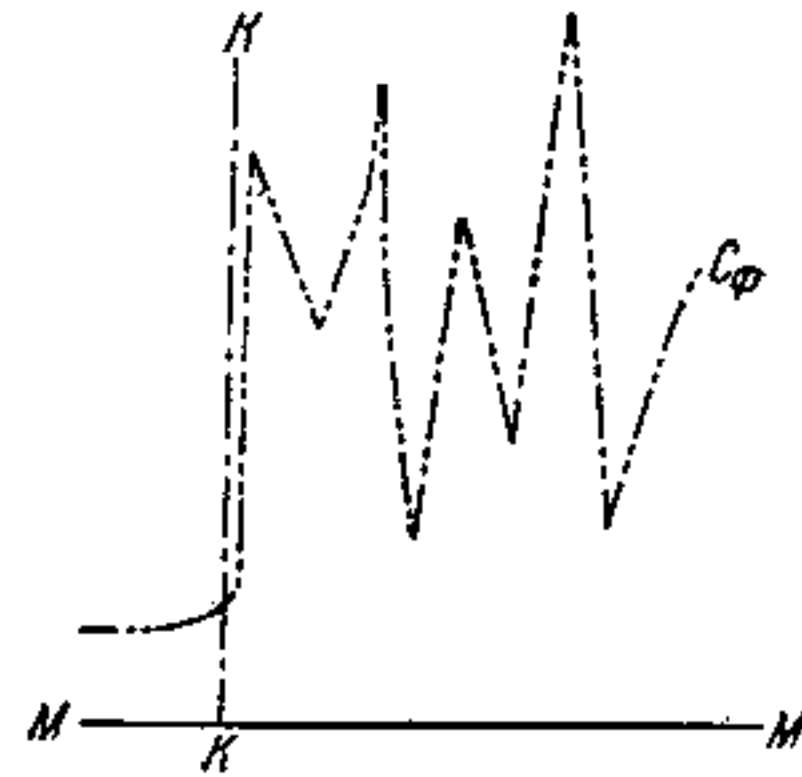


Рис. 11. Общая схема соотношения содержания полезного компонента в рудном теле и во вмещающих породах при четком контакте и неравномерном распределении полезного компонента

личие от предыдущей группы месторождений, в данном случае распределение полезного компонента в контурах рудного тела неравномерное и в общем случае может быть выражено схемой, изображенной на рис. 11.

Степень неравномерности распределения полезного компонента в рудном теле не всегда оказывает влияние на оконтуривание. Так, например, если при всех колебаниях в содержании полезного компонента средние его величины (C_{cp}) всегда остаются выше кондиционного, как показано на рис. 12, то, независимо от степени изменчивости содержания, все рудное тело представляет промышленный интерес и оконтуривание упрощается. Практически среднее содержание полезного компонента в рудном теле обычно бывает местами выше, а местами ниже кондиционного уровня, нередко падая до нуля; при этом возможны два основных варианта: а) среднее фактическое содержание C_{cp} в рудном теле выше кондиционного C_k (рис. 13)

и б) среднее фактическое содержание C_{cp} ниже кондиционного C_k (рис. 14).

Как в первом, так и во втором случае при оконтуривании и подсчете запасов важно знать характер и закономерность рас-

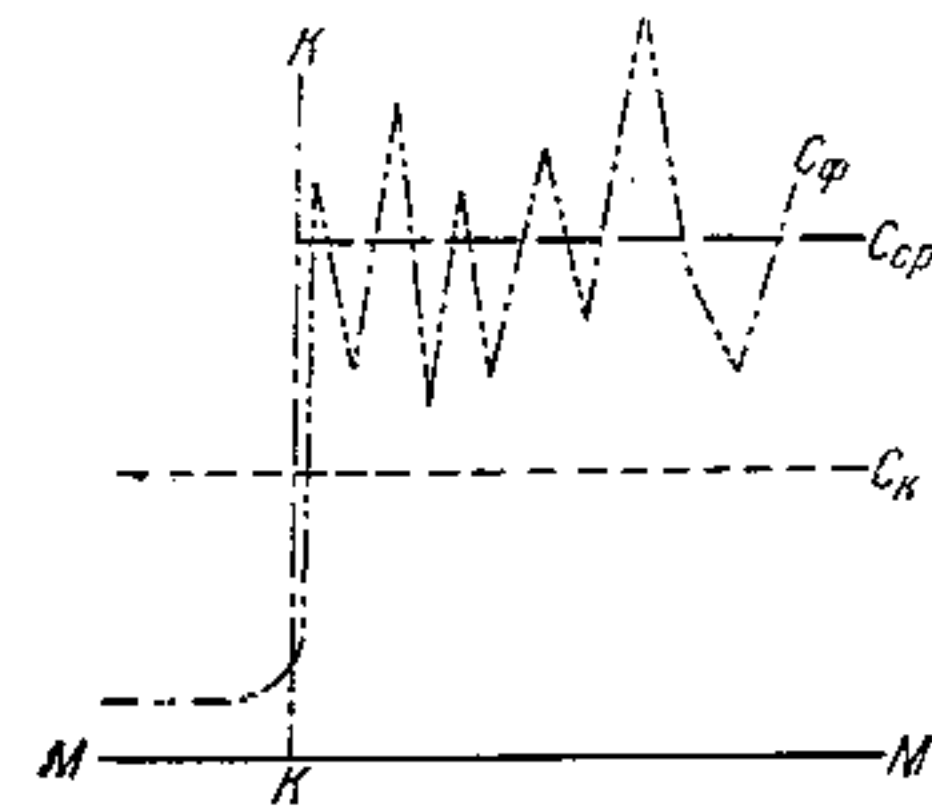


Рис. 12. Схема соотношения содержания полезного компонента в рудном теле и во вмещающих породах при четком контакте и неравномерном распределении полезного компонента. Содержание полезного компонента изменяется в пределах кондиций

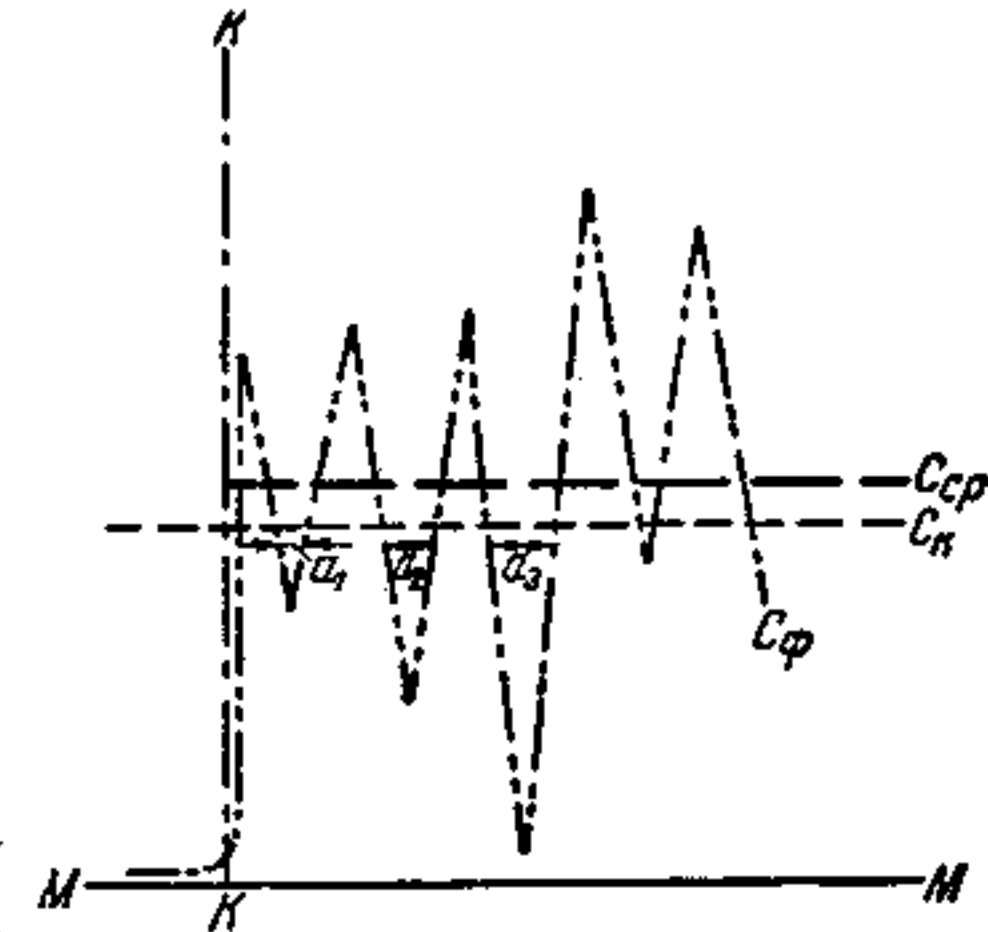


Рис. 13. Кривая содержания полезного компонента при среднем содержании его в рудном теле выше кондиционного

пределения безрудных интервалов и их размеры (на рис. 13 и 14 часть этих интервалов отмечена буквой а). Необходимо выяснить возможность селективной отработки безрудных участков или оставления их в целиках, проверить возможность обогащения руды рудоразборкой или другими способами. Все эти вопросы имеют огромное практическое значение и должны постоянно находиться в поле зрения геологов-разведчиков. Особую роль в решении этих вопросов должны играть опробование, результаты которого ложатся в основу качественной характеристики руды и промышленной оценки месторождений. Во всех случаях выяснение возможности получения более богатых руд за счет исключения безрудных участков имеет большое значение, а, например, в условиях, показанных на рис. 14, оно поз-

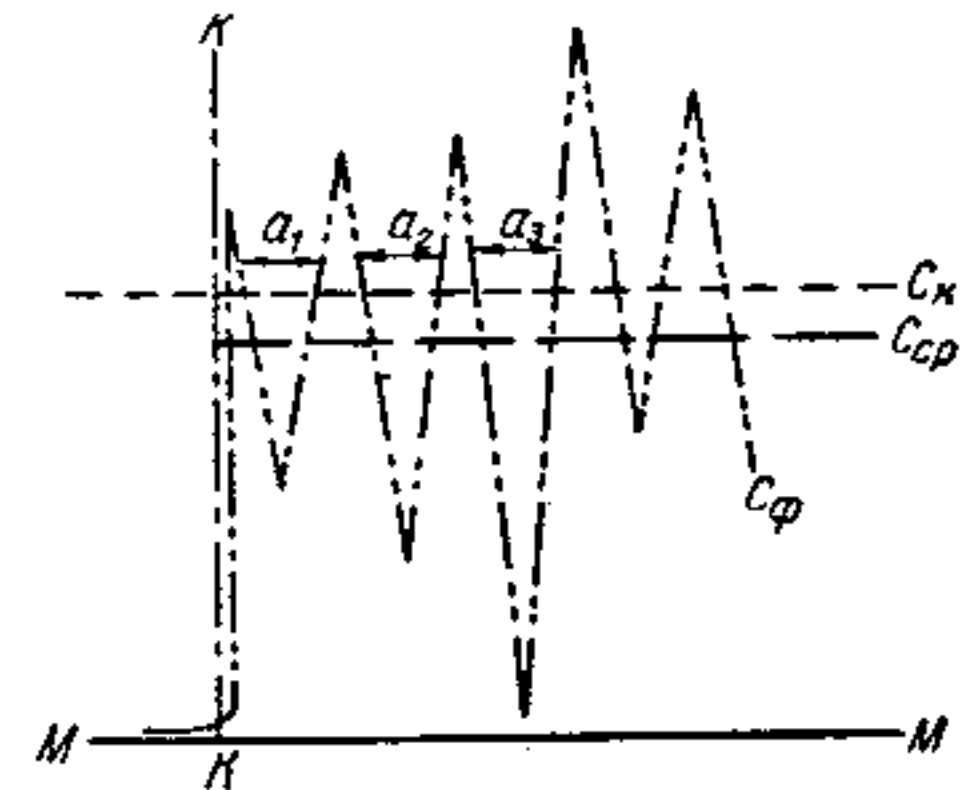


Рис. 14. Кривая содержания полезного компонента при среднем содержании его в рудном теле ниже кондиционного

воляет решить вопрос о промышленном значении месторождения.

К описываемой группе месторождений относятся многие месторождения с неравномерным и крайне неравномерным распределением полезных компонентов, в частности большинство жильных месторождений вольфрама, олова, золота и других металлов. Месторождения (мышьяка, полиметаллов и др.), приуроченные к зонам нарушений, с гнездовым характером оруденения, также относятся к этой группе, но кривая распределения полезного компонента в рудном теле для этих месторождений будет иметь несколько своеобразный вид (рис. 15). Наконец, к этой же группе могут быть отнесены месторождения осадочного генезиса, например, железа, марганца и др. при наличии безрудных прослоев. Кривая распределения полезного компонента в рудном теле для этих месторождений, как показано на рис. 16, резко отличается от приведенных выше.

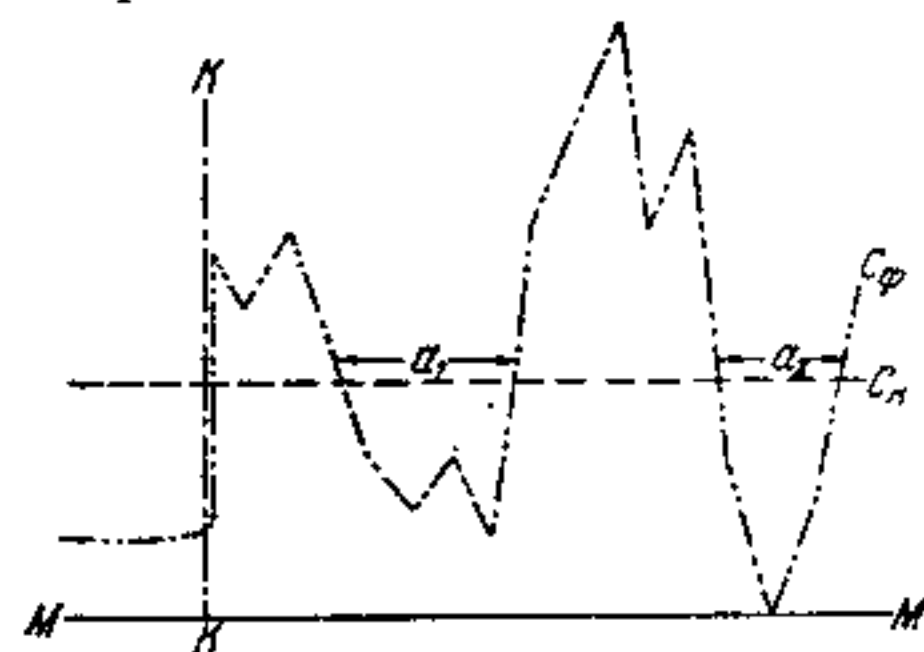


Рис. 15. Схема распределения содержания полезного компонента в рудном теле при гнездовом характере оруденения

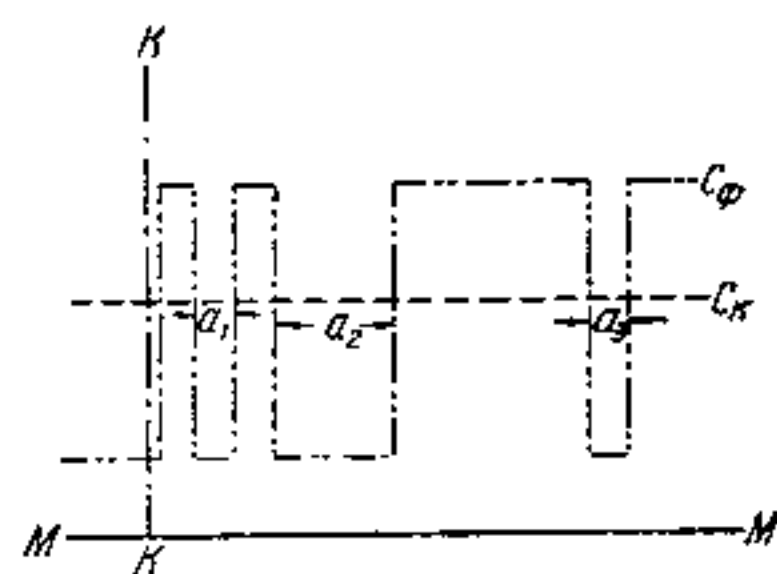


Рис. 16. Схема распределения содержания полезного компонента в рудном теле осадочного генезиса при наличии безрудных или слабооруденелых прослоев

Пример построения кривой для месторождений гнездового типа приведен на рис. 17. В этом случае кондиционная руда выделена по метропроценту (произведение содержания полезного компонента в процентах на мощность рудного тела в метрах), который условно принят равным 3; минимальная протяженность рудных и безрудных участков принята равной 3 м.

Месторождения, на которых рудные тела не имеют четких границ, а распределение полезных компонентов относительно равномерное. Эта группа месторождений характеризуется прежде всего однородным вещественным составом рудных тел и вмещающих пород. Различие между рудным телом и вмещающими породами заключается только в концентрации полезного компонента; четких границ между ними нет — наблюдается постепенный переход руды в породу. Кривая распределения полезного компонента для таких месторождений представлена на рис. 18. Граница руд-

ного тела для подсчета запасов должна проводиться через точку K_1 пересечения кривых C_K и $C_Ф$, т. е. по минимальному кондиционному содержанию, так как влево от линии KK содержание полезного компонента всегда будет ниже кондиционного.

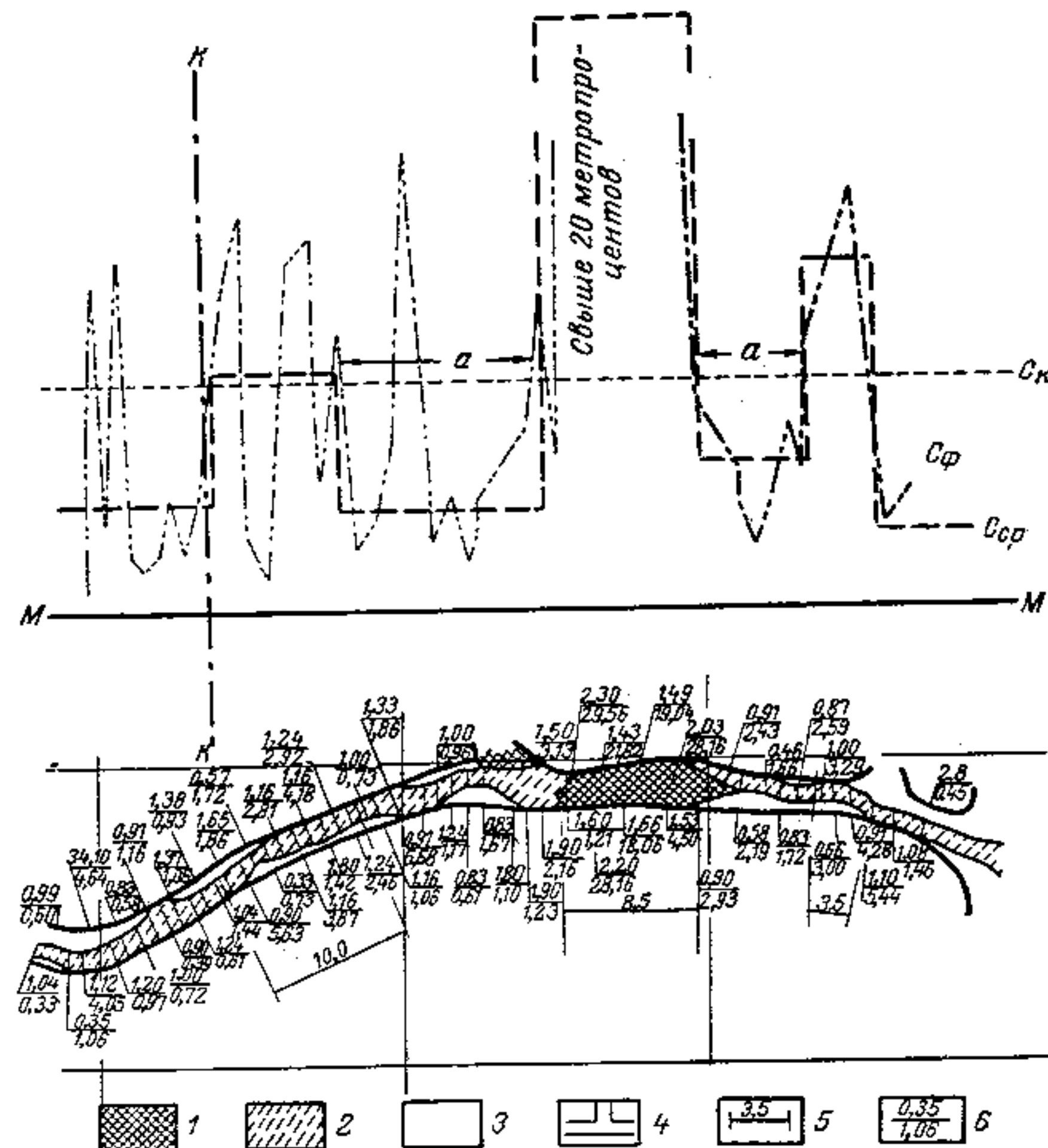


Рис. 17. План опробования части рудной зоны с гнездовым типом оруденения
1 — массивная руда; 2 — вкрапленная руда; 3 — вмещающие породы; 4 — горные выработки; 5 — интервалы с промышленным оруденением (сверху — длина интервала в метрах); 6 — данные опробования (сверху — мощность в метрах, внизу — содержание в процентах)

Нередки случаи, когда в пределах контура рудного тела содержание полезного компонента колеблется, как показано на рис. 19; тогда все приведенные выше замечания о безрудных участках a должны быть отнесены и к этим случаям.

К месторождениям с подобным характером распределения полезного компонента относятся многие месторождения вкрапленных сульфидных руд, хромитов, медноколчеданные месторожде-

ия Урала и др. К этой же группе относятся месторождения, на которых имеет место постепенное изменение содержания полез-

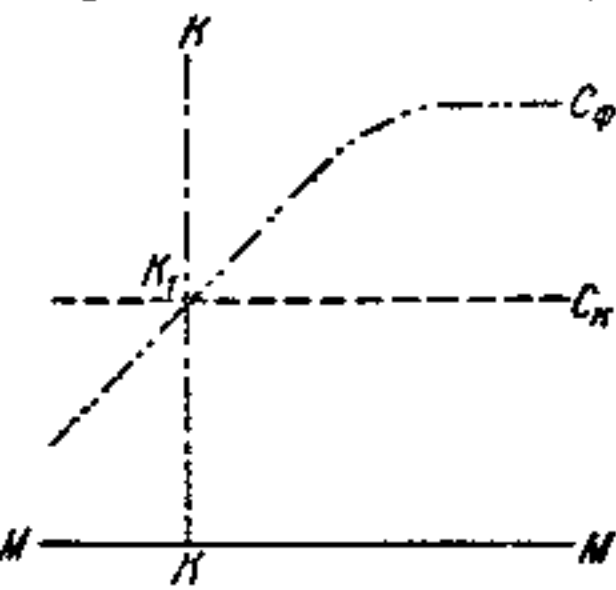


рис. 18. Схема соотношения содержания полезного компонента в рудном теле и во вмещающих породах при отсутствии четкого контакта и равномерном распределении полезного компонента

ного компонента по простирацию, связанное с фациальной изменчивостью, например железорудные месторождения, бокситовые и др.

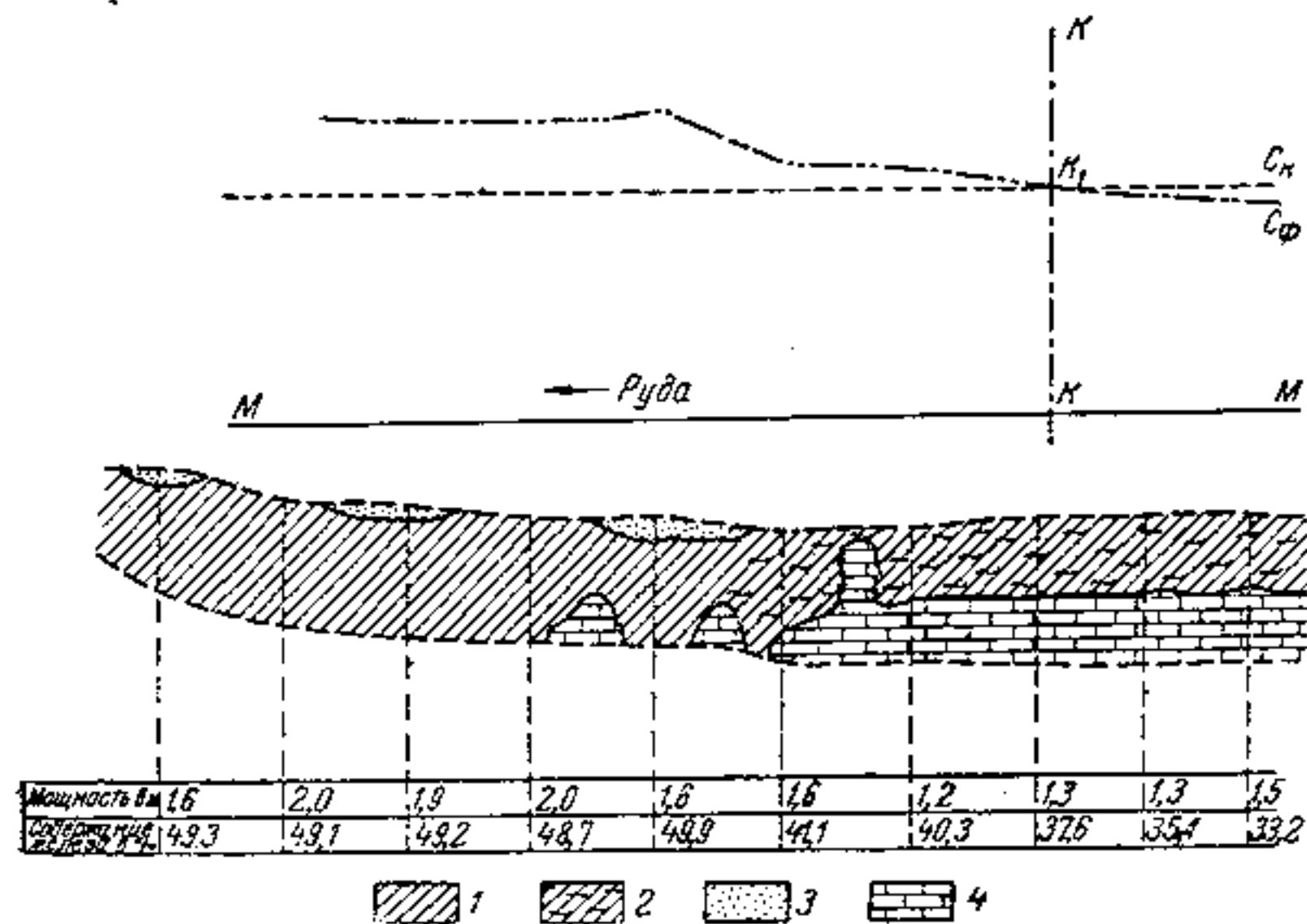


Рис. 20. Фациальный переход железной руды в песчано-глинистые отложения (зарисовка стенки штрека)

1 — железная руда; 2 — песчано-глинистые отложения с содержанием железа; 3 — пески; 4 — известняки

На рис. 20 приведена схема железорудного пласта с постепенным снижением содержания полезного компонента в связи

с фациальной изменчивостью, а также пример построения кривой соотношения содержания полезного компонента для такого пласта.

Месторождения, на которых рудные тела не имеют четких границ и распределение полезного компонента неравномерное. Аналогично месторождениям предыдущей группы, вещественный состав рудного тела здесь не отличается от вещественного состава вмещающих пород. Различие между рудным телом и вмещающими породами заключается только в концентрации полезного компонента; четких границ рудное тело не имеет. При этом на общем фоне постепенного снижения концентрации полезного компонента наблюдаются локальные изменения содержания, которые вуалируют границу перехода рудного тела во вмещающие породы.

Эта группа месторождений является наиболее сложной для оконтуривания. Схема распределения полезного компонента для месторождений данной группы в общем виде представлена на рис. 21. Все приведенные выше рассуждения относительно необходимости изучения безрудных участков a остаются в силе и здесь, причем нередко приобретают особенную остроту.

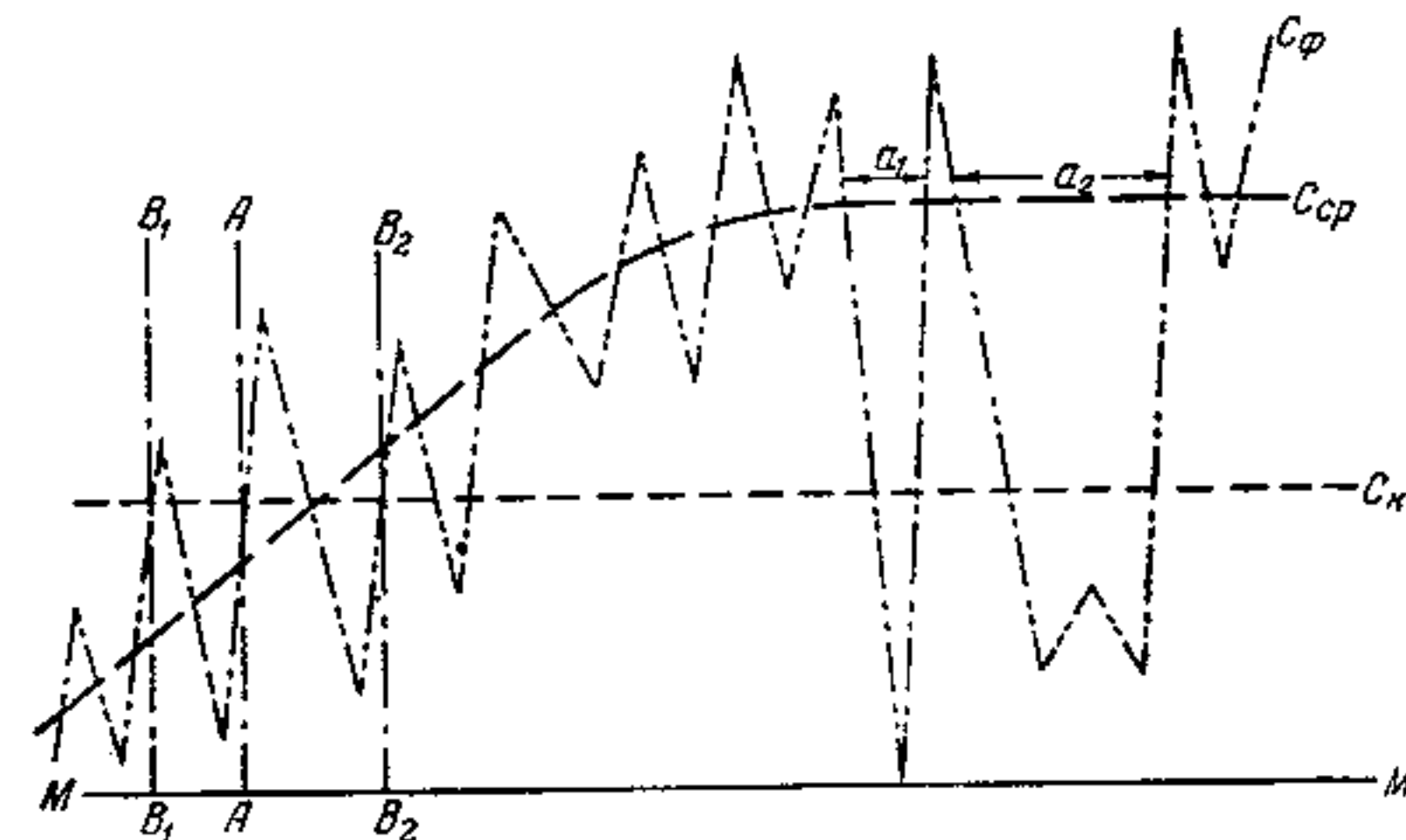


Рис. 21. Схема соотношения содержания полезного компонента в рудном теле и во вмещающих породах при отсутствии четкого контакта и неравномерном распределении полезного компонента

Исходя из схемы (рис. 21), можно сказать, что контур рудного тела должен пройти где-то между линиями B_1B_1 и B_2B_2 , но более точно наметить его без предварительного изучения поведения безрудных участков a не представляется возможным. Если, например, участки a при отработке месторождения или при обработке руды могут быть изолированы, то контур, очевидно, пройдет по линии B_1B_1 . Если же участки a неизбежно попадут в руду,

то контур должен пройти по некоторой линии AA_1 , положение которой определяется специальными расчетами. В частности, чтобы провести линию AA_1 , необходимо определить бортовое содержание, т. е. минимальное содержание полезного компонента в крайних пробах, включение которых в подсчетный контур обеспечит получение руды на данном участке ($AA_1-B_2B_2$) со средним содержанием не ниже установленного кондициями.

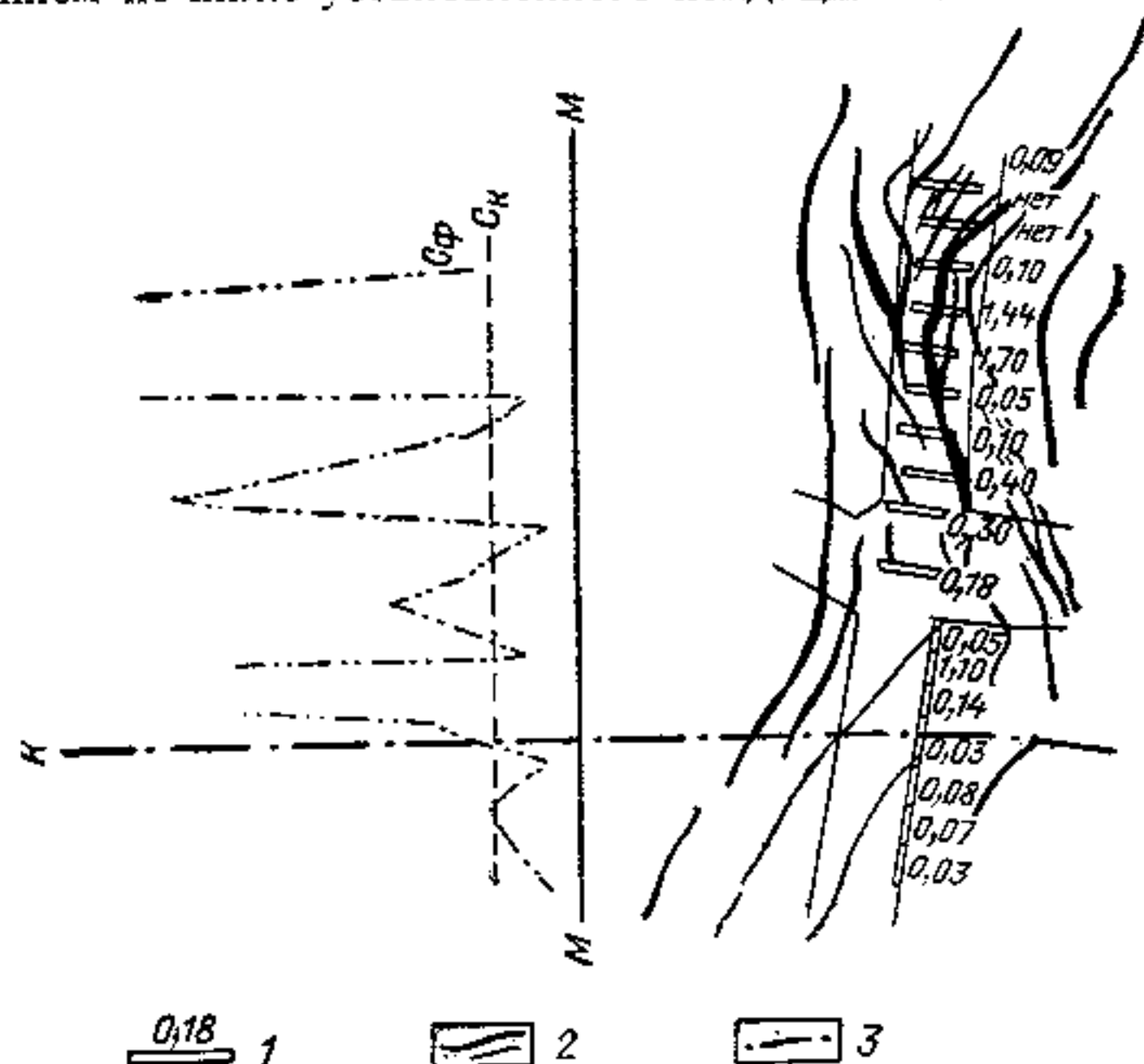


Рис. 22. Схема строения рудной зоны и кривая соотношения содержания полезного компонента

1 — бороздовые пробы (цифры показывают содержание полезного компонента в пробе); 2 — рудные жилы; 3 — контур промышленных руд

К этой группе месторождений относятся месторождения штокверкового типа, многие месторождения редких металлов, большинство золоторудных месторождений нежилыного типа (штокверки, зоны, россыпи) и многие другие, отличающиеся сложным распределением полезного компонента. Пример построения кривой для рудной зоны приведен на рис. 22.

Охарактеризованные основные типы распределения полезных компонентов могут различным образом комбинироваться и осложнять оконтуривание. Так, например, часто встречаются случаи, когда один из контактов рудного тела достаточно четкий, а другой отличается сложным характером взаимоотношений с вмещающими породами. Примером могут служить оруденелые зальбанды висячего или лежащего бока рудного тела, придонные сульфидные залежи и др. Могут быть случаи, когда

характер распределения полезного компонента в направлении простирания рудного тела резко отличен от распределения того же компонента по мощности рудного тела или в направлении его падения. На полиметаллических месторождениях различные полезные компоненты могут иметь различный характер распределения.

Нередко совместно с мощным рудным телом распространены более мелкие тела, расположенные в непосредственной близости от основного рудного тела. В таких условиях мелкие рудные участки должны рассматриваться как самостоятельные рудные тела, если они отделены от основного рудного тела безрудными участками, превышающими по мощности интервалы, включаемые, согласно кондициям, в контур рудного тела.

Распределение естественных сортов и типов руд

Различные участки месторождения могут иметь различную концентрацию полезного или других компонентов, в результате чего одно и то же месторождение может содержать различные по качеству руды (например, баритизированные, сернистые и др.). Это обстоятельство приобретает особенно важное значение, когда различные по качеству или составу руды требуют применения различной технологии обработки; в этом случае при подсчете запасов необходимо отдельно оконтуривать и подсчитывать различные естественные сорта и типы руд.

Взаимоотношения между отдельными сортами и типами руд на месторождении аналогичны разобранным выше взаимоотношениям между рудными телами и вмещающими породами, поэтому останавливаться на их разборе нет необходимости. Принципы и приемы оконтуривания рудных тел полностью применимы и для отдельных типов и сортов руд, выделяемых внутри рудного тела. Ниже приводим только наиболее характерные и часто встречающиеся случаи выделения сортов и типов руд при подсчете запасов.

Для многих месторождений, главным образом — сульфидных руд, большую роль при подсчете запасов играет надежное оконтуривание зоны окисления, так как руды верхней части месторождения качественно резко отличаются от сульфидных.

Особенно важно знать глубину распространения окисленных руд на молибденовых, сурьмяных, полиметаллических месторождениях, медноколчеданных, железорудных и некоторых других. Для месторождений цинка, например, необходимость отдельного оконтуривания и подсчета окисленных руд связана с тем, что для этих руд в настоящее время еще не разработана удовлетворительная методика обогащения.

Пример необходимости отдельного оконтуривания и подсчета запасов окисленных руд можно видеть на медно-никелевом месторождении Ниттис-Кумужье, где зона окисления распространена

до глубины 13—15 м. Представлена эта зона в основном гидрогетитом, и остаточные сульфиды в ней встречаются очень редко. От первичных сульфидов зона окисления отделена небольшой (15—20 см) зоной сажистых руд и зоной вторичного марказита. В связи с почти полным выщелачиванием сульфидов зона окисления по содержанию никеля промышленного интереса не представляет. В то же время значительное обогащение этой зоны

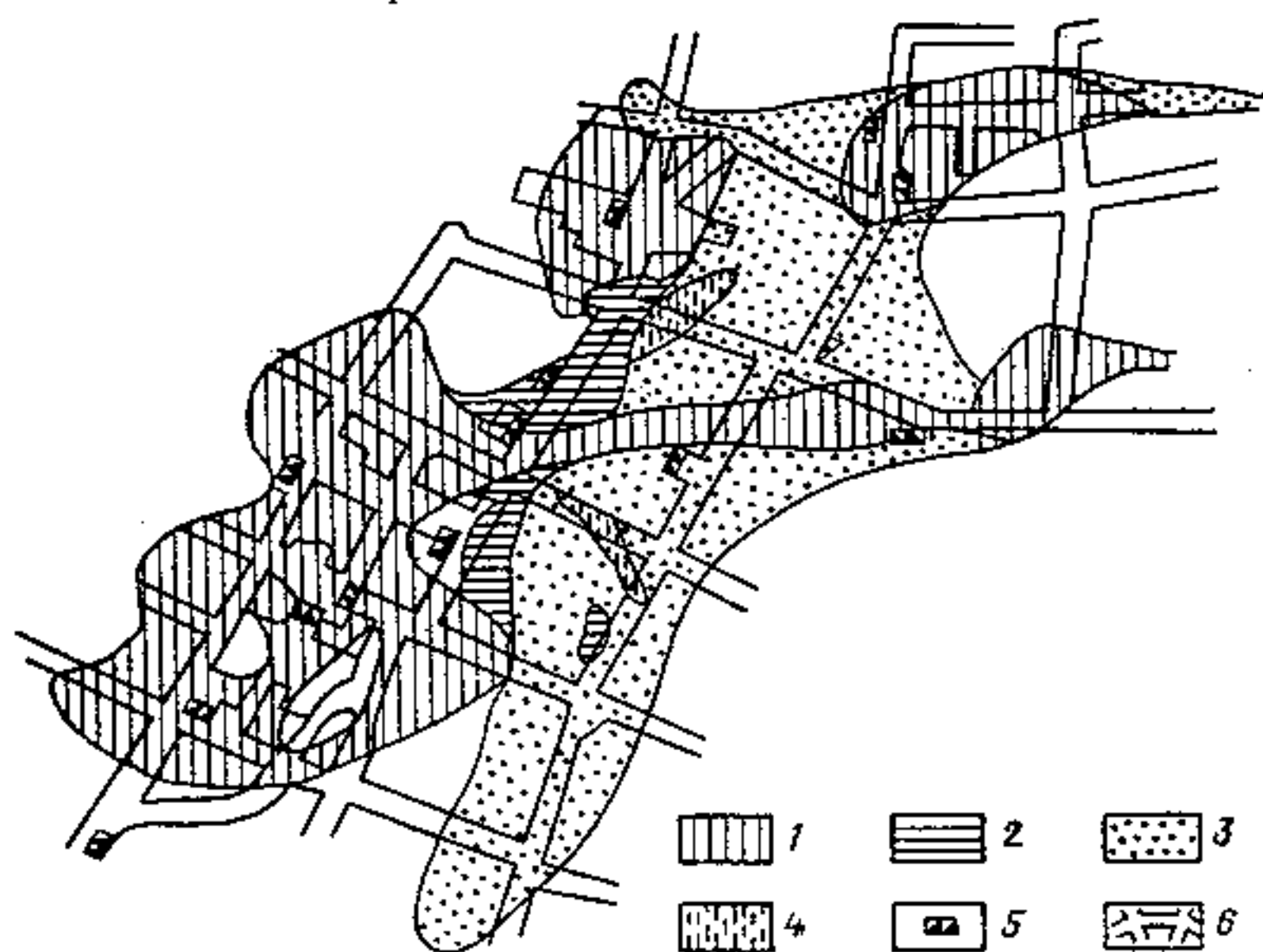


Рис. 23. План первого горизонта полиметаллического месторождения (по В. Г. Соловьеву)

1—свинцовые руды; 2—смешанные свинцово-цинковые руды; 3—цинковые руды с содержанием Zn ниже 10%; 4—цинковые руды с содержанием Zn выше 10%; 5—шахты; 6—штреки и рассечки

благородными металлами сохраняет за ней промышленную ценность. Однако, поскольку технология обработки этой руды резко изменяется, ясно, что и оконтуривать ее при подсчете запасов необходимо отдельно.

Кроме того, на сульфидных месторождениях нередко выделяют сплошные (богатые) и вкрапленные (убогие) руды, обработка которых требует применения различных схем дробления, или существенно цинковые, существенно свинцовые и смешанные руды. Часть такого сортового плана приведена на рис. 23.

Для бокситовых месторождений большую роль играет наличие на месторождении различных сортов руд, соответствующих ГОСТ 972-50, и характер их распределения. В тех случаях, когда детальная разбивка на сорта и раздельное их оконтуривание невозможны, количественное соотношение различных сортов руд определяется статистически, а при подсчете запасов выделяют

в таблицах и оконтуривают на графике только основные типы руд, каждый из которых объединяет несколько сортов бокситов, требующих применения одинаковой технологической схемы. Например, выделяют руды, которые требуют применения способа спекания, и руды, не требующие спекания. Нередко на боксито-

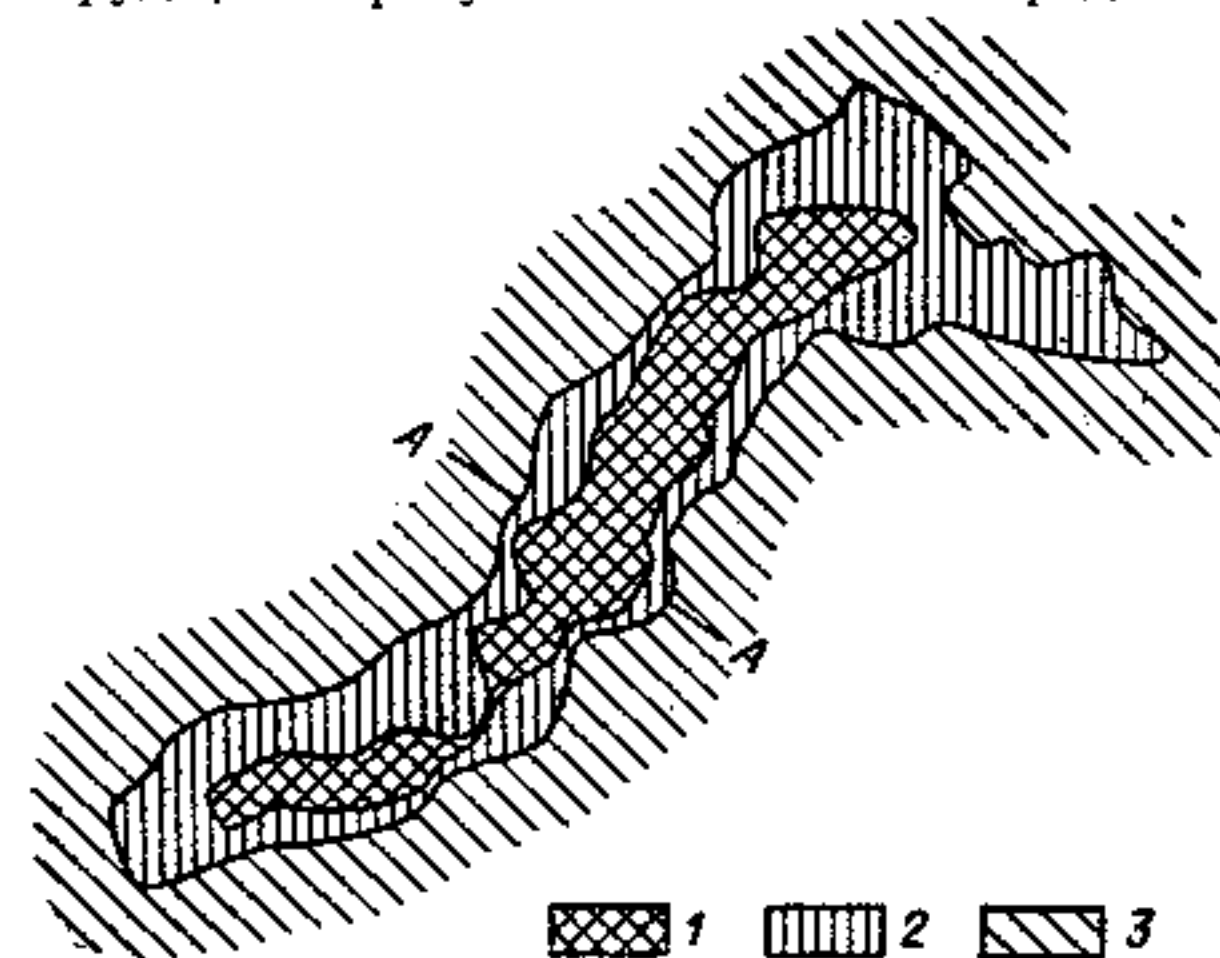


Рис. 24. Схематический план залежи бокситов (по В. И. Смирнову)

1—малокальциевые бокситы (абразивное сырье); 2—бокситы; 3—вмещающие породы

Разрез по AA

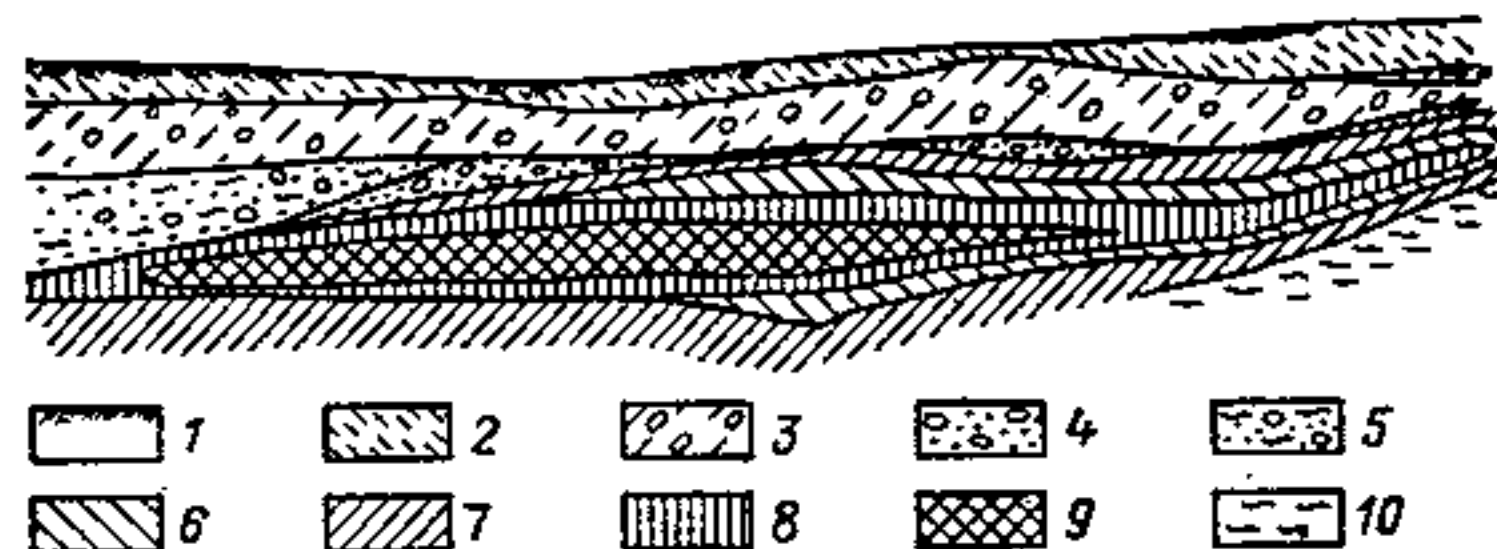


Рис. 25. Геологический разрез к плану залежи бокситов, изображенному на рис. 24

1—почвенный слой; 2—глины безвалунные; 3—глины валунные; 4—известковые валуны; 5—пески; 6—аллиты; 7—сиаллиты; 8—бокситы; 9—малокальциевые бокситы (абразивное сырье); 10—глины

вых месторождениях представляется возможным выделить и отдельно подсчитать запасы малокальциевых бокситов, которые используются в качестве сырья для абразивов. Схематический план и геологический разрез залежи бокситов, при подсчете запасов которых малокальциевые бокситы оконтурены отдельно, приведены на рис. 24 и 25.

Кроме того, для месторождений бокситовых руд большое значение имеет содержание серы. Распределение серы на месторождении нередко подчинено определенной закономерности, и в некоторых случаях можно наблюдать хорошо выдержанные

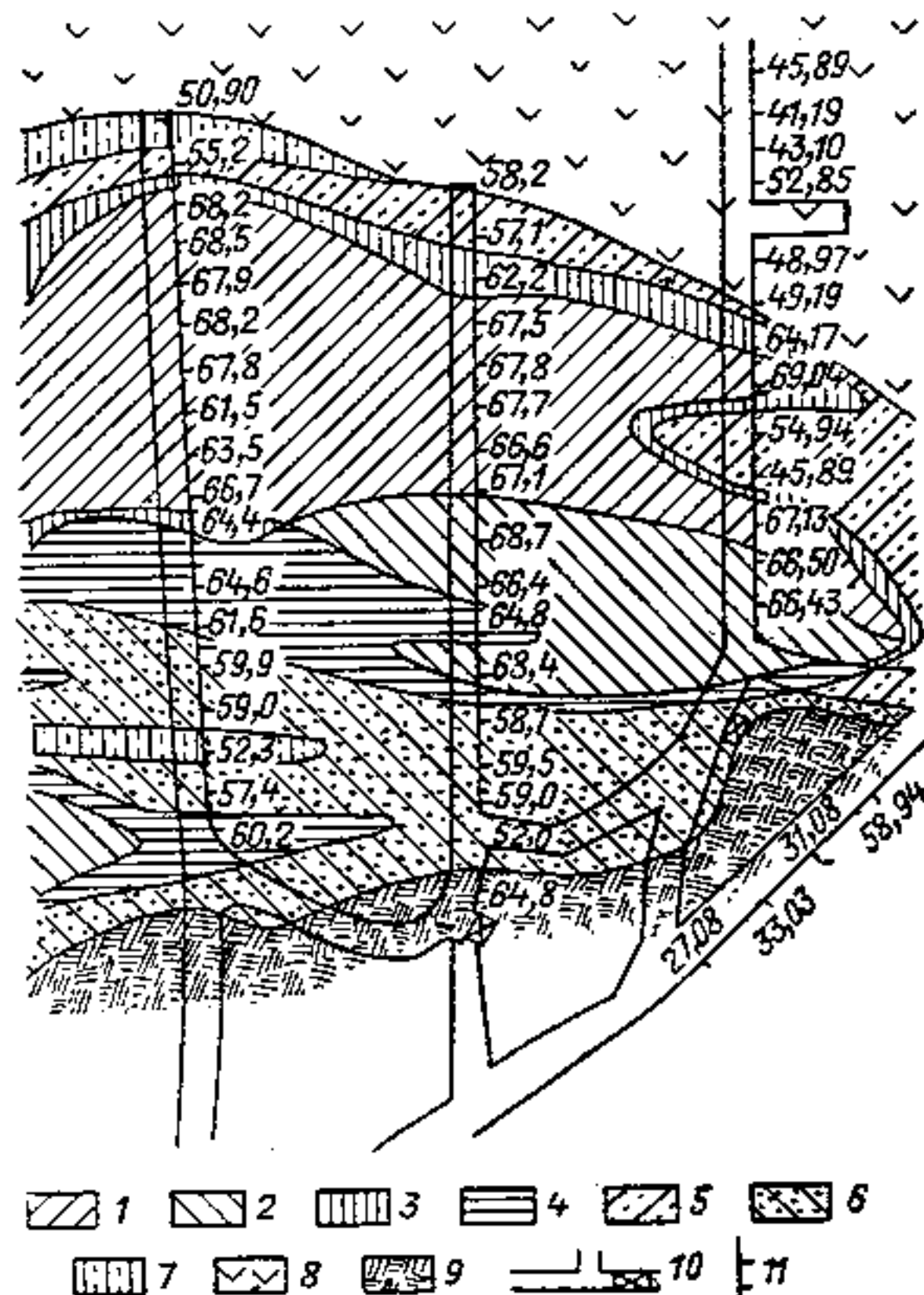


Рис. 26. Часть сортового плана горизонта горных выработок (по Ю. Г. Гершойгу)

Руды с содержанием железа более 65%: 1—синька; 2—красковая; руды с содержанием железа 65—60%: 3—синька; 4—красковая; руды с содержанием железа 60—55%: 5—синька; 6—красковая; 7—руда синька с содержанием железа менее 55%; 8—джеспилиты; 9—красковые роговики; 10—горные выработки; 11—места взятия проб

горизонты, обогащенные серой. При оконтуривании и подсчете запасов такие горизонты, несомненно, должны быть выделены отдельно.

На железорудных месторождениях особенно важно отдельно оконтурить и подсчитать запасы руд, пригодных для мартеновской плавки. Для этой цели составляют специальные сортовые планы, аналогичные приведенному на рис. 26. Кроме повышенных требований к содержанию железа, мартеновские руды должны обладать определенной крепостью и кусковатостью. Для

определения крепости руд проводят специальные испытания, и на основании их составляют планы распределения руд по сортам в зависимости от крепости. Часть такого плана изображена на рис. 27.

На марганцевых месторождениях важно выяснить возможность выделения и отдельного подсчета запасов руды, пригодной для выплавки ферромарганца.

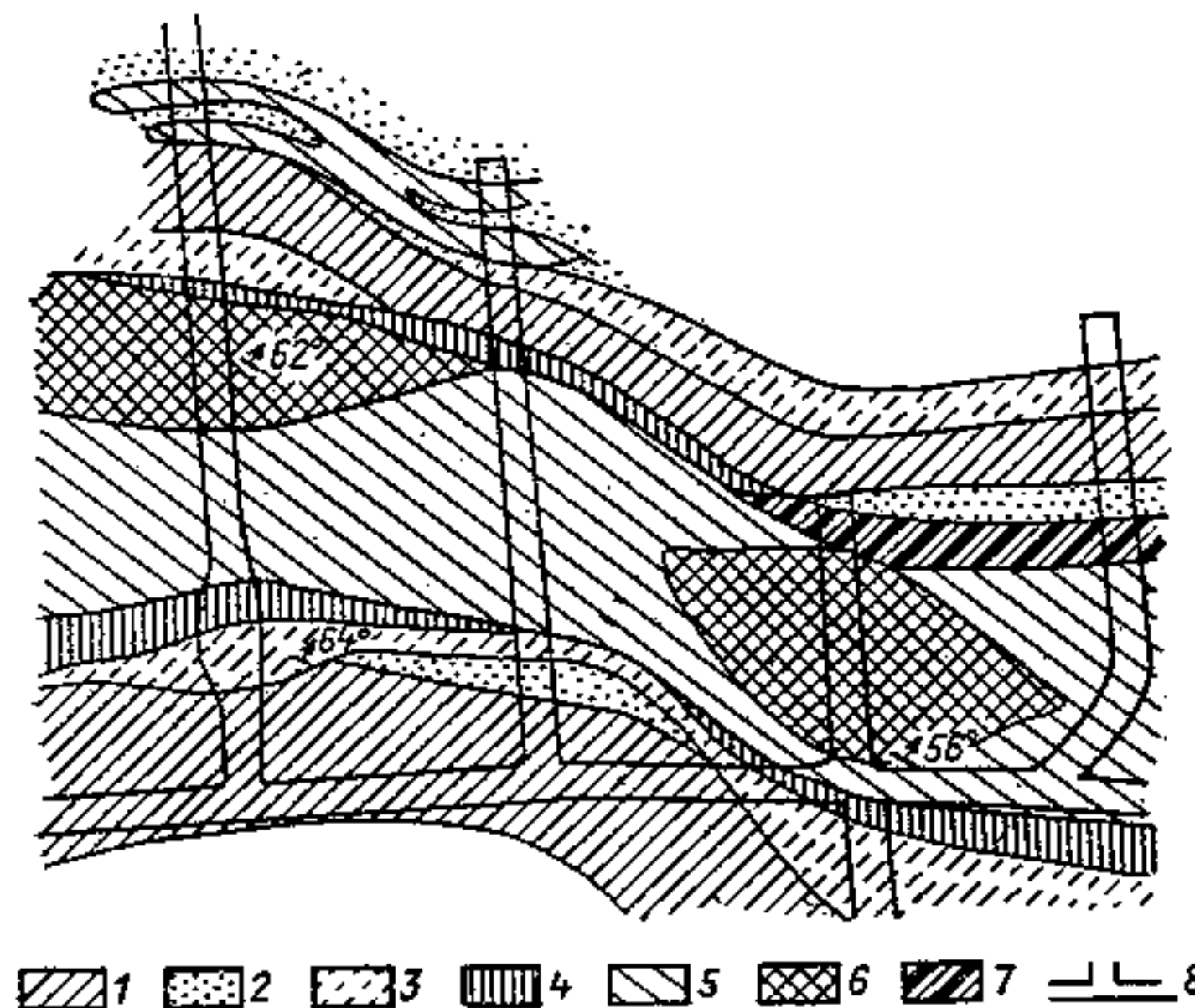


Рис. 27. Часть геологического плана горизонта горных выработок (по Ю. Г. Гершойгу)

1—красковые роговики выше средней крепости; 2—джеспилиты; 3—руда красково-мартитовая средней крепости; 4—руда краско-синька выше средней крепости; 5—руда синька средней крепости; 6—руда синька крепкая; 7—руда синька рыхлая; 8—горные выработки

На некоторых месторождениях имеет место закономерное изменение содержания полезных компонентов с глубиной, что изменяет качество руды и должно учитываться как при оконтуривании, так и при подсчете запасов. В некоторых случаях снижение содержания одного из полезных компонентов компенсируется повышением содержания другого. Такую картину можно видеть, например, на некоторых полиметаллических месторождениях, где содержание свинца с глубиной падает, а цинка — увеличивается. Аналогичное явление наблюдается на некоторых вольфрамово-молибденовых месторождениях, на которых содержание вольфрама с глубиной снижается, а молибдена — увеличивается.

На россыпных месторождениях, например месторождениях золота, часто отдельно оконтуривают и подсчитывают запасы обогащенных струй или пластов с целью первоочередной их отра-

ботки подземным способом, в то время как общая, более бедная масса рыхлых отложений предназначена для отработки гидравлическим, дражным или другими механизированными способами.

Выклинивание рудных тел

При определении общих контуров рудного тела, особенно при подсчете запасов категорий C_1 и C_2 , необходимо учитывать общие закономерности выклинивания рудных тел. Вопрос о выклинивании рудных тел тесно связан с общими структурными особенностями месторождения, его генезисом и распределением полезных компонентов. Несмотря на их большое практическое значение, вопросы выклинивания рудных тел до сего времени слабо разработаны.

Основные виды выклинивания рудных тел могут быть представлены следующей схемой:

Эндогенные месторождения		Экзогенные месторождения	
Магматические	Гидротермальные	Осадочные	Выветривания
а) Постепенное обеднение	а) Прекращение благоприятного пласта	а) Генетическое выклинивание (берег)	а) Размыв коры выветривания
б) Изменение структуры	б) Дорудное нарушение или барьер	б) Последующий размыв	б) Прекращение трещиноватости, с которой связано оруденение
в) Прекращение материнской породы	в) Послерудное нарушение	в) Фациальный переход	в) Прекращение материнской породы
	г) Генетическое выклинивание: структурное расщепление, структурное утонение, физико-химическое выклинивание: изменение минерализации, появление дорудных брекчий		

Приведенная схема может быть значительно развита, но для наших целей достаточно рассмотреть следующие основные случаи: 1) прекращение оруденения, связанное с дорудными и послерудными нарушениями; 2) постепенное выклинивание; 3) сложное выклинивание, а также некоторые их комбинации, встречающиеся при подсчете запасов.

Прекращение оруденения, связанное с дорудными и послерудными нарушениями. Прекращение оруденения может быть связано с тектоническими нарушениями, как дорудными, так и после-

рудными, что хорошо видно на рис. 28 и 50. Положение срезающих оруденение плоскостей в пространстве обычно фиксируется на основании непосредственных наблюдений в разведочных выработках, и определение контура рудного тела в этом случае осо-

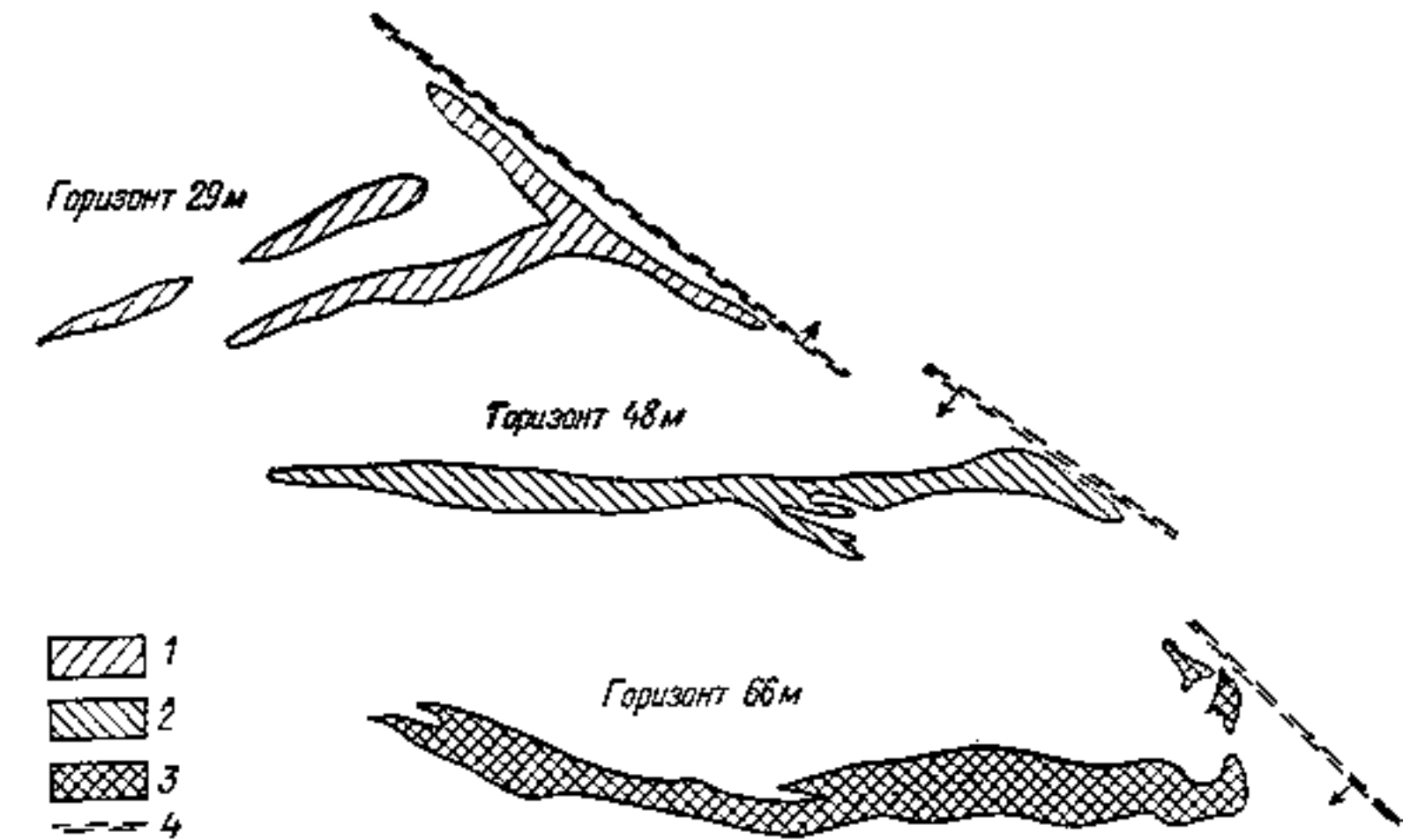


Рис. 28. Выклинивание жильных тел при встрече дорудных нарушений (по А. П. Смолину)
1, 2, 3 — сечения жильных тел на различных горизонтах; 4 — дорудные нарушения

бых затруднений не вызывает. Такие тектонические нарушения могут иметь место на месторождениях всех известных типов — жильных, пластовых, линзовидных, столбообразных, неправильной формы, гнездовых и др. Однако наличие как дорудных, так и послерудных нарушений еще не может служить основанием для

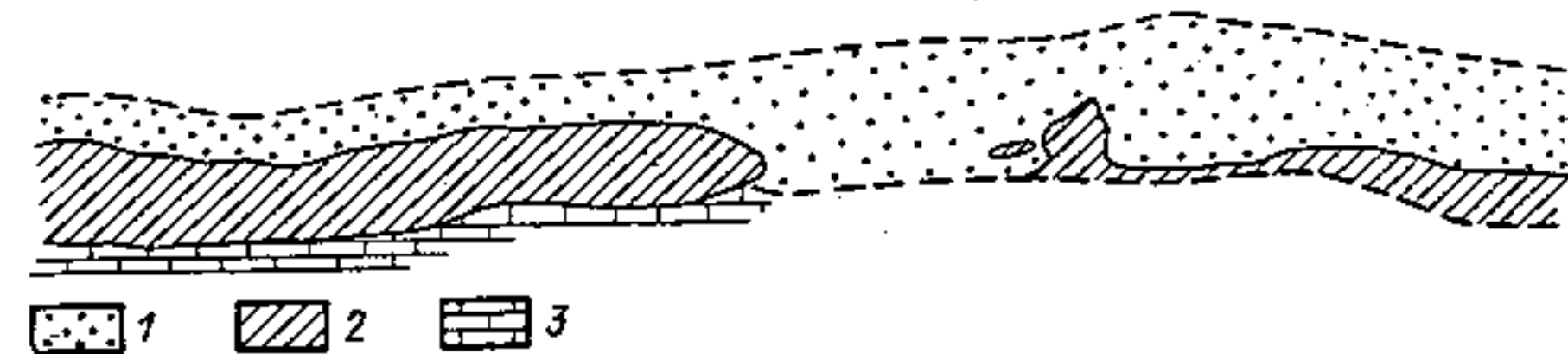


Рис. 29. Размыв железорудного пласта (зарисовка стенки штрека)
1 — пески; 2 — рудный слой; 3 — известняки

оконалирования рудных участков, так как эти нарушения не всегда оказывают отрицательное влияние на оруденение. Нередки случаи, когда в результате недостаточного изучения связи оруденения с тектоникой и переоценки роли тектонических нарушений производится неправильная промышленная оценка месторождения и запасы руды резко занижаются.

Прекращение оруденения может быть связано и с другими видами нарушений, например с послерудными размывами (рис. 29).

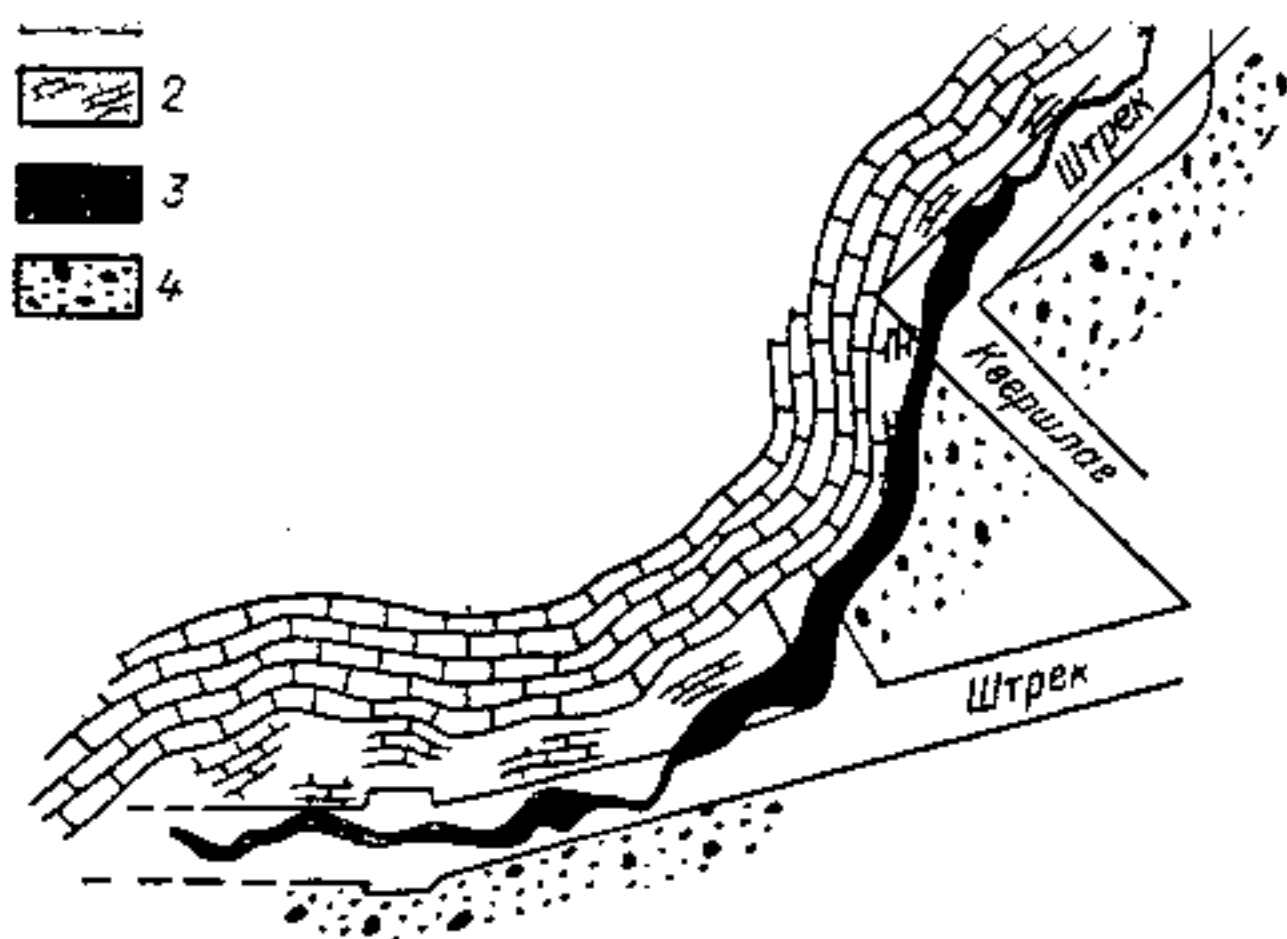


Рис. 30. Церусситовая жила. Геологический план горизонта 15 м

1—доломиты; 2—разрушенные филлиты с прослоями разрушенного доломита и охристой глины; 3—церуссит; 4—охристые глины с конкрециями бурого железняка

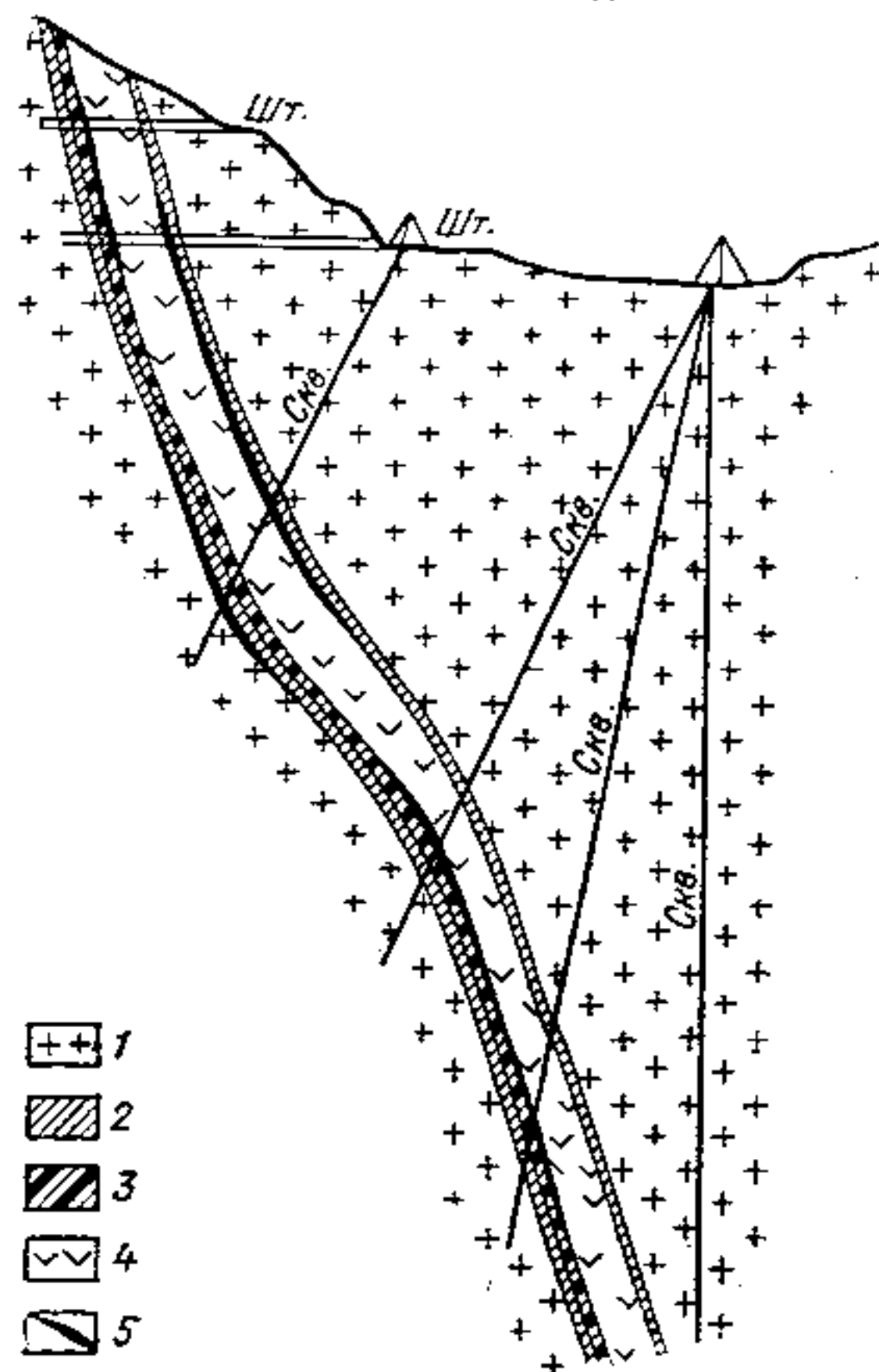


Рис. 31. Геологический разрез вкрест простирания рудных жил

1—кварцевые порфиры; 2 и 3—порфиры двух этапов внедрения; 4—микродиориты; 5—рудные жилы

Постепенное выклинивание. Постепенное выклинивание рудных тел может быть связано как с постепенным уменьшением мощности рудного тела по простиранию или падению, так и с постепенным снижением содержания полезного компонента.

Постепенное выклинивание мощности характерно для большинства известных типов месторождений. Примеры постепенного выклинивания пластообразных тел можно наблюдать на многих месторождениях железных руд, бокситов (см. рис. 25) и др. Постепенное уменьшение мощности жильного тела по простиранию хорошо видно на рис. 30, а по падению — на рис. 31.

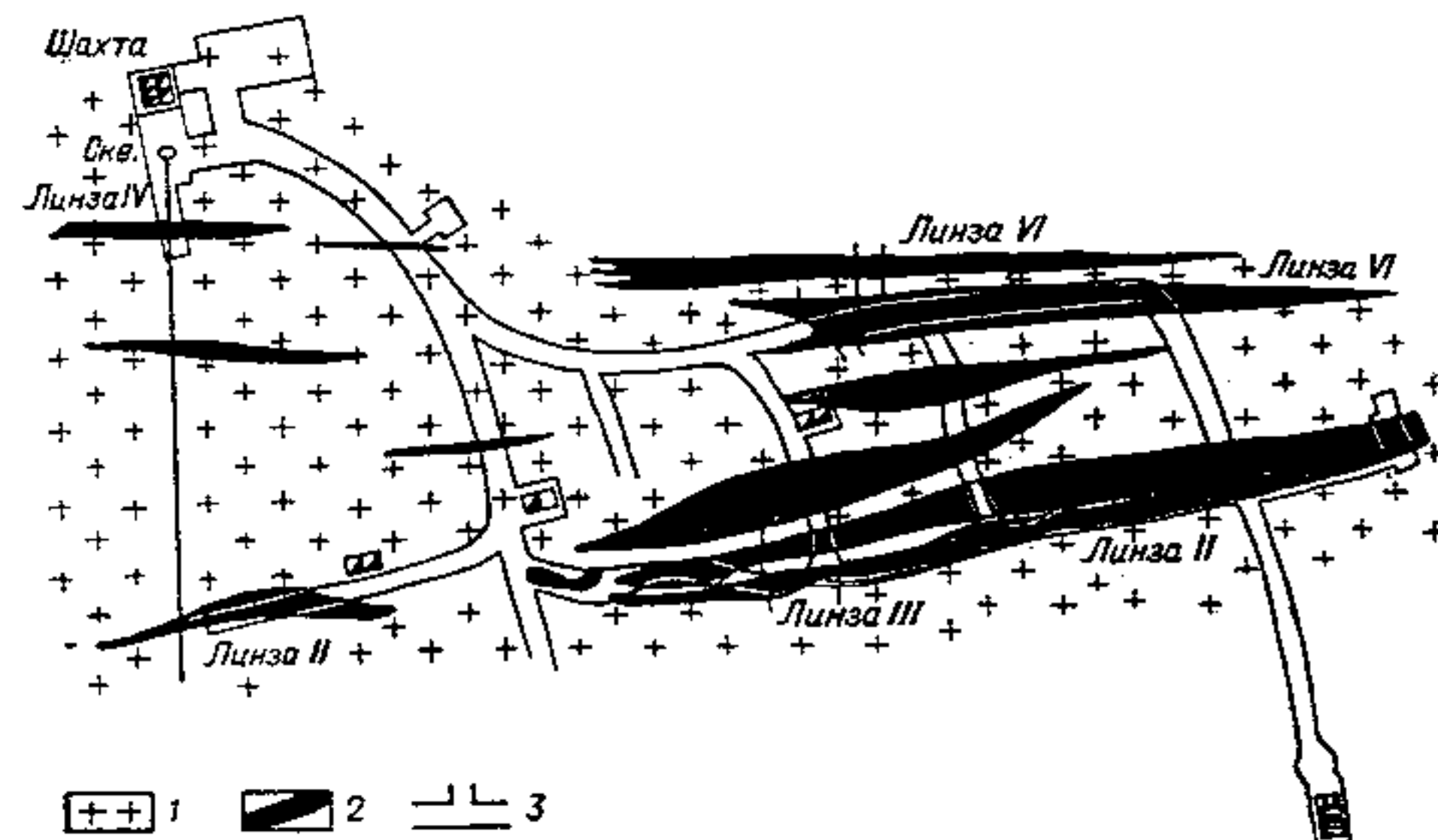


Рис. 32. Рудно-геологический план одного из горизонтов. Медный рудник (по П. С. Саакяну)

1—расланцованные альбитофиры с прослоями хлоритовых и серицитовых сланцев; 2—массивный колчедан; 3—горные выработки

Постепенное выклинивание линзовидных тел показано на рис. 32 (по простиранию) и на рис. 33 (по падению). В плоскости линзы выклинивание по мощности хорошо иллюстрируется проекцией изолиний мощностей, как это сделано на рис. 34.

Выклинивание рудных тел неправильной формы также может быть связано с постепенным уменьшением мощности и в разрезе напоминает выклинивание линзовидных тел, однако в плане контуры их обычно значительно сложнее.

Постепенное снижение содержания полезного компонента, например, в рудных пластах может быть связано с фациальной изменчивостью, что нередко наблюдается на железорудных осадочных месторождениях (см. рис. 20). В жильных и линзообразных телах снижение содержания полезного компонента может

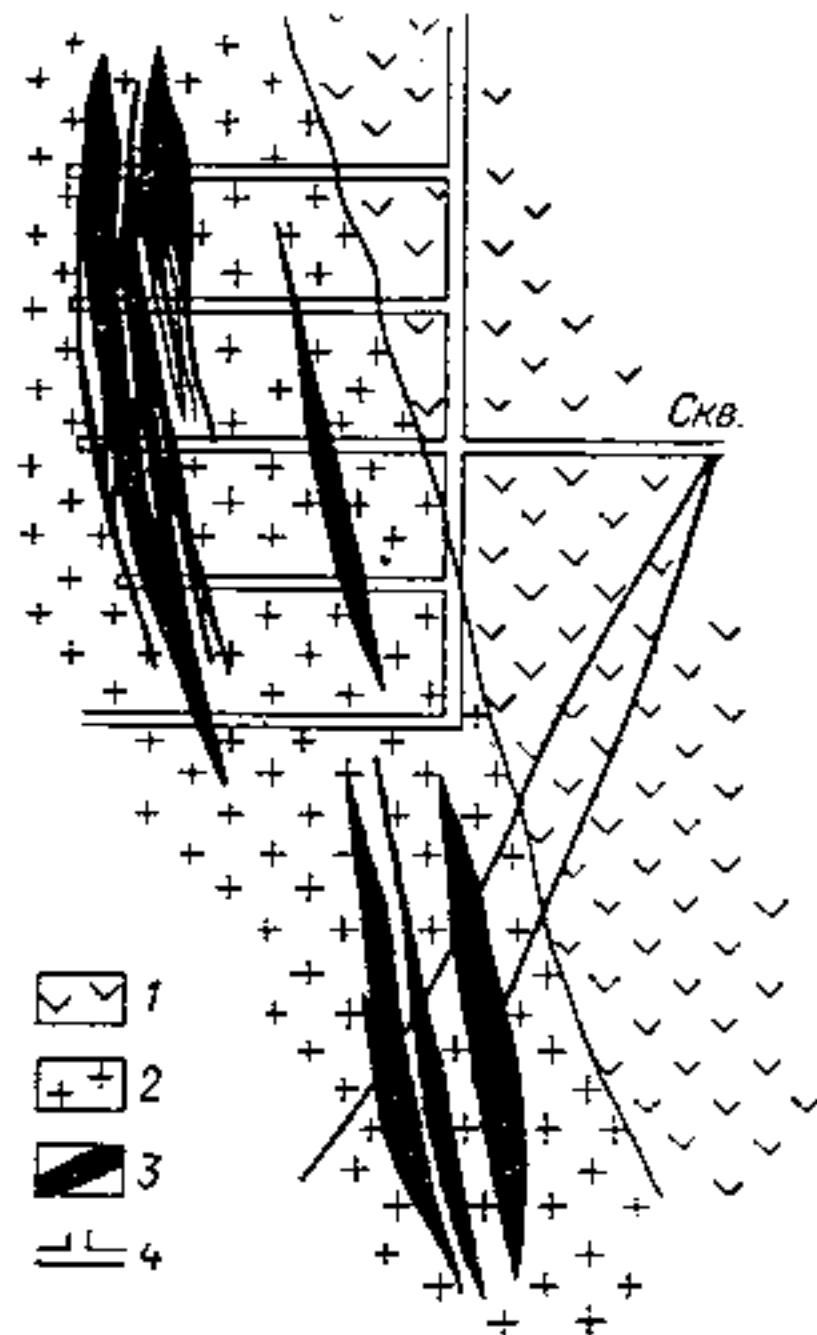


Рис. 33. Геологический разрез линзовидных рудных тел. Медный рудник (по П. С. Саакяну)

1—альбитофиры; 2—рассланцованные альбитофиры с прослоями хлоритовых и серицитовых сланцев; 3—массивный колчедан; 4—горные выработки

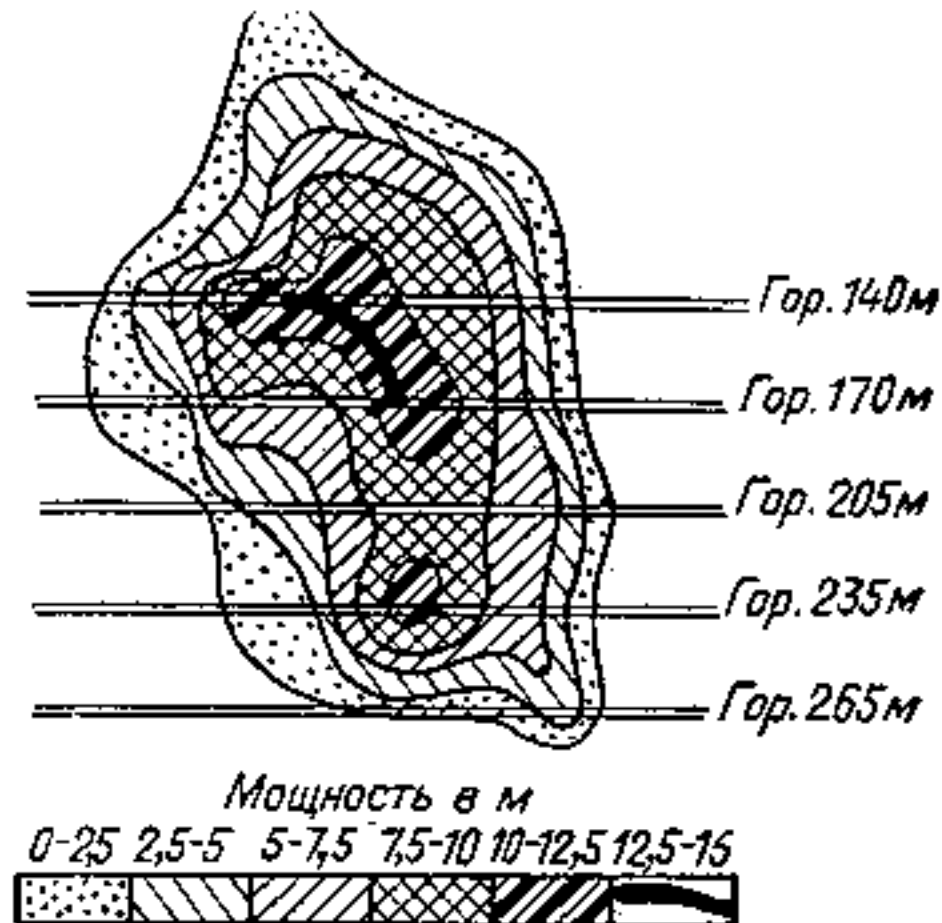


Рис. 34. Проекция изолиний мощностей медноколчеданной линзы на вертикальную плоскость (по П. С. Саакяну)

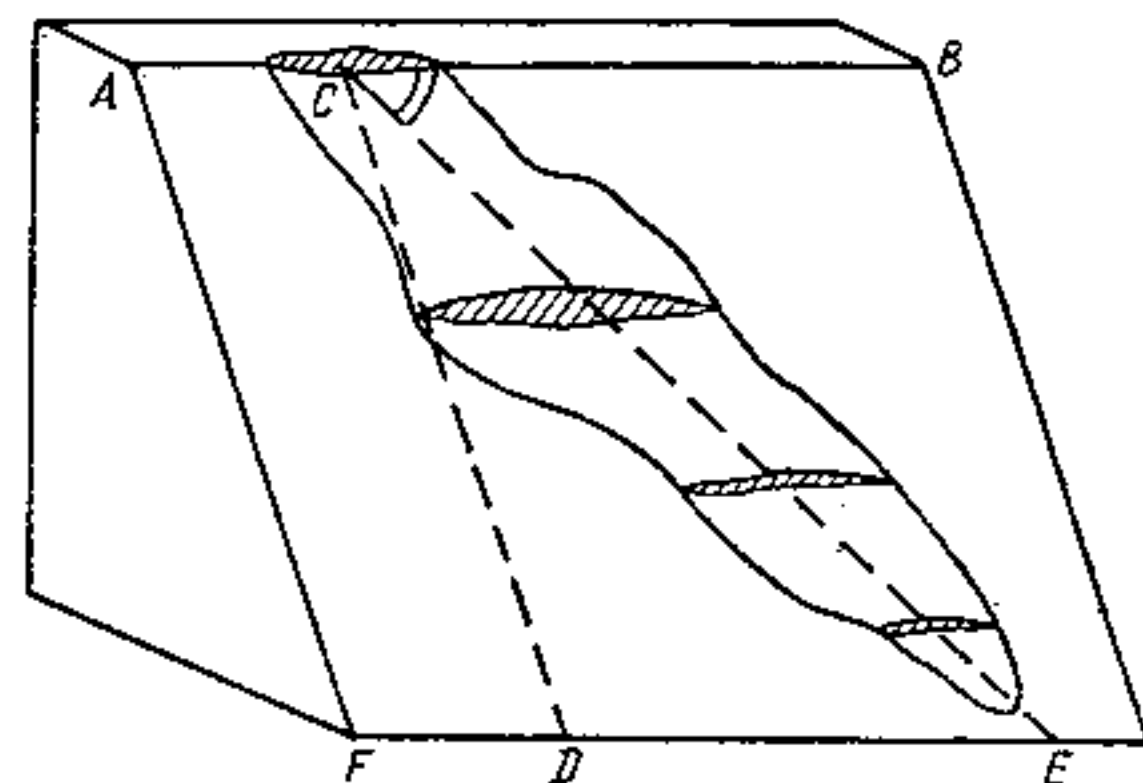


Рис. 35. Схематическое изображение линзовидного рудного тела, имеющего склонение (по П. М. Татаринкову) АВ—линия простирания; СД—линия падения; СЕ—линия склонения; $\angle BCE$ —угол склонения. Заштрихованы сечения линзы на различных горизонтах

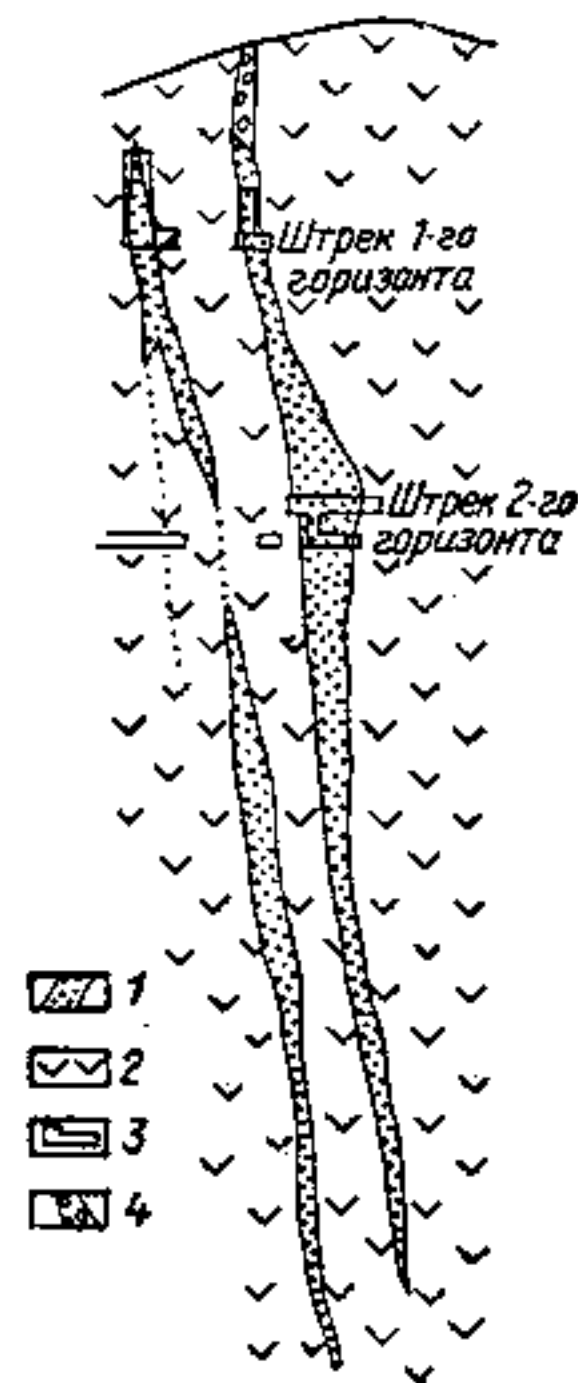


Рис. 36. Вертикальный разрез рудных тел столбообразной формы

1—рудные тела; 2—вмещающие породы; 3—горные выработки; 4—завалы

происходить как по простиранию, так и по падению. На глубоких горизонтах рудные жилы могут переходить в безрудные тела, примерами чему служат многие месторождения олова, вольфрама и других металлов.

Нередко в рудных зонах можно наблюдать склонение столбов или линз с промышленным оруденением или обогащенных участков, которое следует учитывать при оконтуривании и подсчете запасов. Пример склонения линзовидных тел приведен на рис. 35.

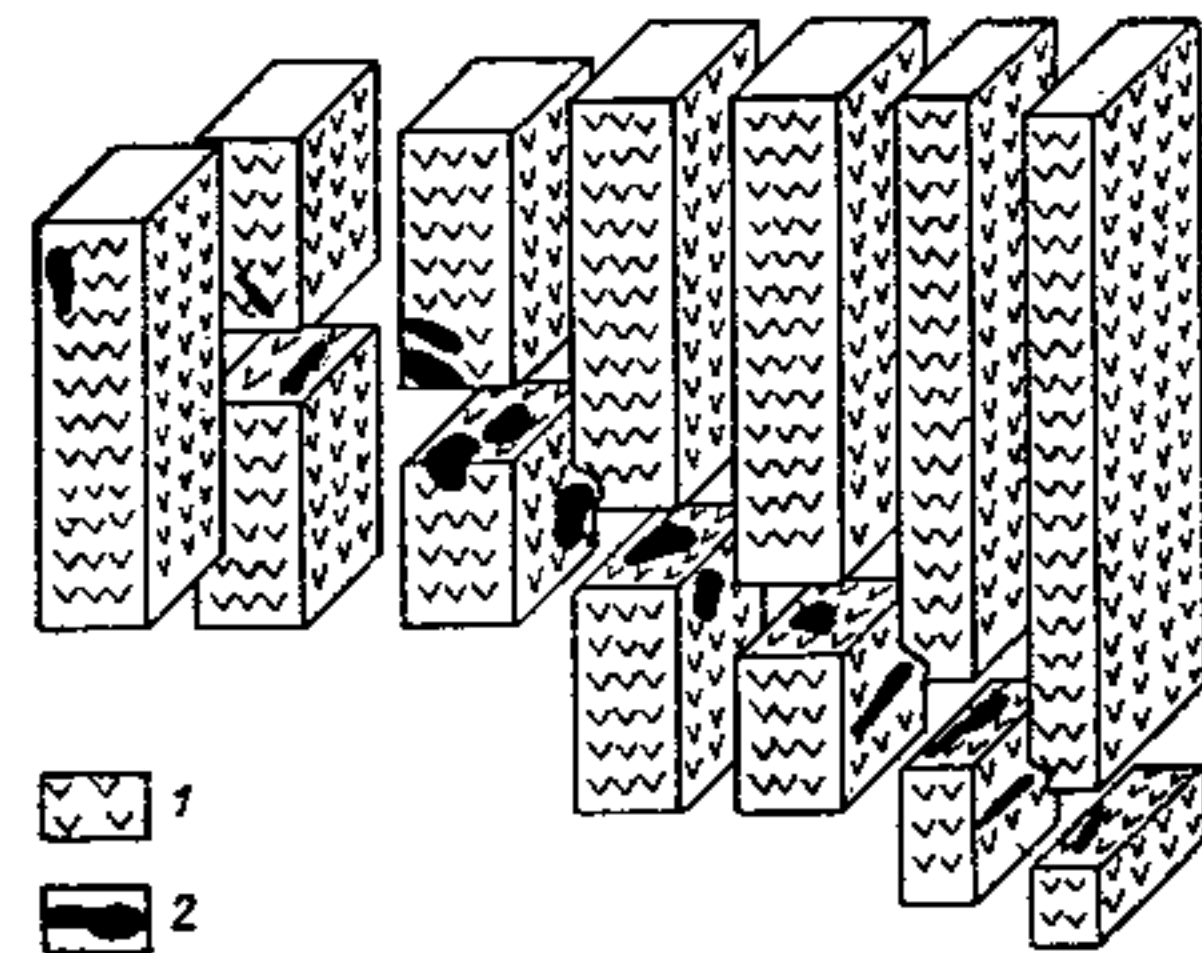


Рис. 37. Блок-диаграмма столбообразного рудного тела хромистого железняка
1—вмещающие перидотиты; 2—рудное тело

В жильных рудных телах промышленные участки могут иметь форму столбов, также имеющих определенное склонение, нередко контролируемое дорудными тектоническими нарушениями. Выклинивание столбообразных рудных тел может быть выражено постепенным сокращением площади оруденения, что видно на рис. 36 и 37.

Сложное выклинивание рудных тел. Виды сложного выклинивания крайне разнообразны и недостаточно изучены. При сложном выклинивании рудное тело может разветвляться или расщепляться на несколько маломощных тел, которые в дальнейшем могут вести себя по-разному. Такое расщепление характерно для пластообразных и особенно для жильных тел.

Иногда мощные рудные жилы, разветвляясь, переходят в серию постепенно выклинивающихся маломощных жил, представляя в целом так называемую структуру «конского хвоста».

Сложное выклинивание может быть выражено уменьшением мощности рудного тела с одновременным снижением содержания полезного компонента. Пример такого сложного выклинивания

показан на рис. 38. Здесь резкое сокращение мощности рудных тел связано с переходом контролирующих их тектонических нарушений из более благоприятных горизонтов вмещающих пород

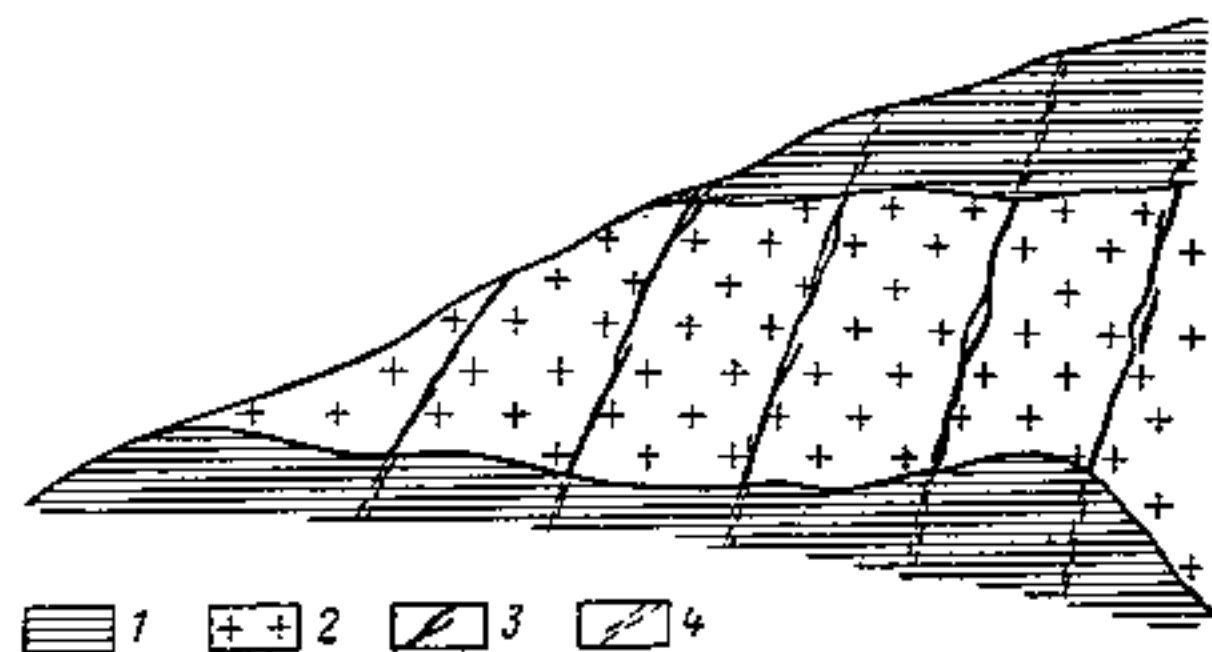


Рис. 38. Схематический разрез месторождения редких металлов
1—сланды; 2—граниты; 3—рудные жилы; 4—кварцевые прожилки и трещины

в менее благоприятные. При этом одновременно с резким изменением мощности рудных тел зафиксировано изменение их вещественного состава, в частности снижение содержания полезного компонента.

Сложное выклинивание рудных залежей неправильной формы в ряде случаев выражается расчленением или расщеплением залежей и переходом их на глубине в ряд отдельных более мелких рудных тел, как, например, показано на рис. 39. Иногда наблюдается не постепенный, а резкий переход рудной залежи в систему жильных тел, что имеет место, например, на одном из рудных месторождений в Калифорнии (см. рис. 1).

Выклинивание рудных тел с гнездовым типом оруденения и рудных жильных зон обычно бывает весьма сложным и часто характеризуется снижением интенсивности оруденения с сохранением отдельных участков, представляющих промышленный интерес.

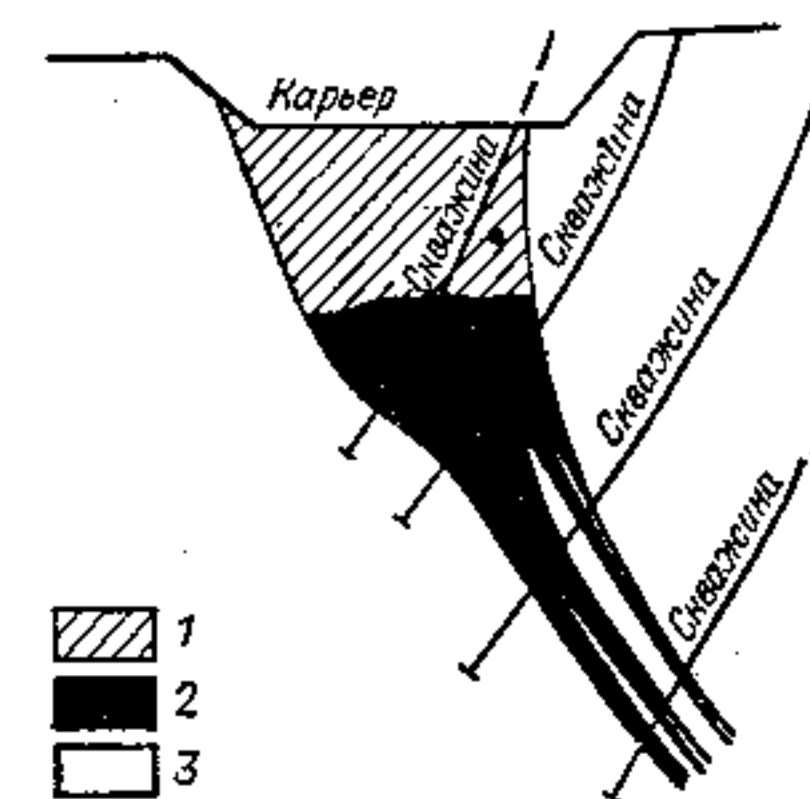


Рис. 39. Геологический разрез полиметаллической залежи по буровым скважинам
1—окисленные свинцово-цинковые руды; 2—сульфидные руды; 3—вмещающие породы

Выклинивание каждого гнезда отдельно прослеживают только в том случае, если гнезда или шилы имеют достаточно крупные размеры и могут представить промышленный интерес для самостоятельной их отработки. Чаще же прослеживают и разведуют

определенную зону, к которой приурочено оруденение и с которой связано присутствие рудных гнезд или прожилков.

Рудные зоны могут иметь неправильную форму, форму крупных жил или столбов. Выклинивание зон с гнездовым оруденением может выражаться уменьшением количества рудных гнезд и сокращением их размеров до полного перехода во вмещающие породы. Выклинивание жильных рудных зон может происходить в результате постепенного снижения интенсивности минерализации, сокращения мощностей отдельных прожилков и уменьшения их количества. Граница промышленных руд часто определяется степенью насыщенности жильной рудной массой вмещающих пород зоны.

Приведенные примеры выклинивания далеко не исчерпывают всего разнообразия этого важного явления и лишь наглядно показывают необходимость специального его изучения.

ГЛАВА V

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОКОНТУРИВАНИИ РУДНЫХ ТЕЛ ПРИ ПОДСЧЕТЕ ЗАПАСОВ

Как указано выше, оконтуривание рудных тел является одной из наиболее ответственных операций при подсчете запасов. От правильности оконтуривания зависит правильность промышленной оценки месторождения и его перспектив.

В зависимости от разведанности месторождения (или его части) подсчетный контур может быть либо построен в пределах площади, освещенной разведочными выработками, либо экстраполирован за пределы разведочных выработок. Запасы, оконтуренные в пределах площади, освещенной разведочными выработками, обычно относятся к высоким категориям А и В и только на некоторых сложных месторождениях редких металлов—к кат. С₁. Запасы, оконтуренные за пределами разведочных выработок, относятся к низким категориям С₁ и С₂ и только на некоторых простых месторождениях могут быть частично отнесены к кат. В. Возможность отнесения запасов к той или иной категории зависит также от густоты разведочной сети и определяется соответствующими инструкциями ГКЗ.

При оконтуривании тел полезных ископаемых различают следующие виды контуров:

1. Контур, характеризующий полное окончание (выклинивание) рудного тела; который называют **нулевым контуром**. Он строится путем соединения крайних внешних точек, в которых мощность рудного тела или содержание полезного компонента равно нулю.

2. Контур, отделяющий **промышленные участки** рудного тела от непромышленных, который определяется понятиями «минимальная промышленная мощность и минимальное промышлен-

ное содержание». Этот контур проводится через точки, характеризующиеся наименьшими промышленными значениями показателей, т. е. точки с минимальной мощностью, минимальным промышленным содержанием или же минимальными значениями метропроцента. Определение положения контура промышленных балансовых руд имеет наибольшее значение при подсчете запасов.

3. Контур, разделяющий различные сорта руд внутри общего промышленного контура, который называют **сортovým контуром**. Он проводится по точкам, характеризующим границы распределения различных сортов руд. Способы определения опорных точек для проведения сортового контура аналогичны способам определения опорных точек промышленного контура и отдельно не разбираются.

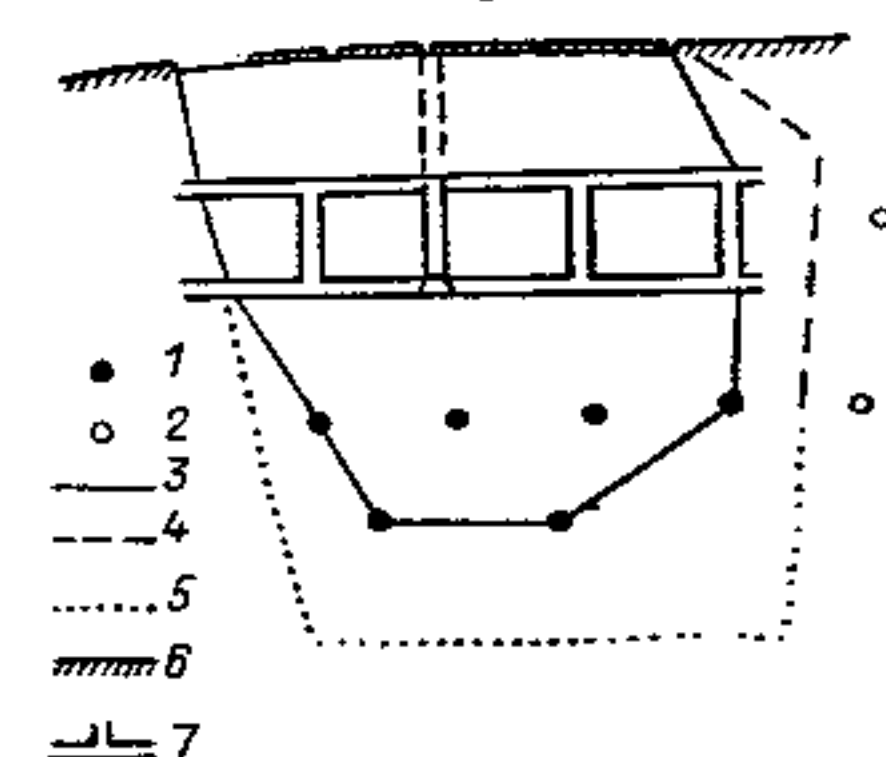


Рис. 40. Оконтурирование крутопадающего рудного тела для подсчета запасов на вертикальном продольном разрезе (по В. И. Смирнову)

1—скважины, пересекающие рудное тело; 2—скважины, показавшие отсутствие рудного тела; 3—внутренний контур интерполяции; 4—внешний контур ограниченной экстраполяции; 5—внешний контур неограниченной экстраполяции; 6—наносы, вскрытые канавами; 7—горные выработки

а) внешний контур ограниченной экстраполяции, если за пределами рудных выработок имеются выработки безрудные, и б) внешний контур неограниченной экстраполяции, если за рудными выработками безрудных выработок нет.

Оконтурирование рудных тел заключается в производстве двух последовательных операций; а) в установлении опорных точек контура по естественным обнажениям, горным выработкам, скважинам и другим данным и б) в проведении через опорные точки линий контура.

При любом из основных методов подсчета запасов оконтуривание рудных тел и определение контуров подсчета запасов производится на планах, проекциях или разрезах на основании совокупности данных разведочных выработок.

Фактическими материалами, которые ложатся в основу оконтурирования рудных тел, служат данные отдельных разведочных выработок; поэтому для того, чтобы правильно оконтурировать руд-

ное тело в плане или на разрезе, необходимо вначале рассмотреть способы и приемы определения контуров рудного тела в пределах отдельно взятой выработки.

ГЛАВА VI

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТУРОВ РУДНОГО ТЕЛА В ПРЕДЕЛАХ ОТДЕЛЬНОЙ РАЗВЕДОЧНОЙ ВЫРАБОТКИ

При определении контуров рудного тела в пределах отдельно взятой выработки основную роль играет характер распределения полезного компонента в рудном теле и взаимоотношения рудных участков с вмещающими породами. С этой точки зрения можно выделить следующие основные случаи.

1. Рудные тела имеют четкие границы при равномерном распределении полезного компонента.

2. Рудные тела имеют четкие границы при неравномерном распределении полезного компонента.

3. Рудные тела не имеют четких границ; распределение полезного компонента равномерное.

4. Рудные тела не имеют четких границ; распределение полезного компонента неравномерное.

Разведочные выработки обычно либо пересекают рудные тела по мощности, либо непрерывно прослеживают рудное тело по простиранию или падению. При этом разведочная выработка может или вскрывать или не вскрывать полную мощность рудного тела. В последнем случае с целью вскрытия полной мощности рудного тела проходят специальные выработки—орты или короткие скважины, данные которых и используются для оконтурирования.

Оконтурирование в пределах выработок, пересекающих рудное тело по мощности

1. При равномерном распределении полезного компонента в тех случаях, когда границы рудного тела или залежи достаточно четкие и подсчетные контуры совпадают с геологическими, опорные точки устанавливаются по данным непосредственных наблюдений в горных выработках и по образцам пород, отобраным при бурении.

Промышленный характер руды подтверждается данными опробования; при этом рудное тело должно удовлетворять условиям как по содержанию полезного компонента, так и по мощности (при низком выходе керна мощность рудного тела может быть подтверждена данными кароттажа). Для маломощных рудных тел промышленный характер определяется метропроцентом. В случае мощных рудных тел, не удовлетворяющих условиям по содержанию полезных компонентов, должна быть доказана невозможность выделения обогащенных участков.

2. При неравномерном распределении полезного компонента в рудном теле в тех случаях, когда границы последнего с вмещающими породами достаточно четкие, большую роль приобретает изученность распределения полезного компонента внутри рудного тела. Внешние границы рудного тела в этих условиях могут быть установлены достаточно просто непосредственными наблюдениями, но, в отличие от предыдущего случая, здесь нередко бывает необходимо выделить безрудные прослои или окна внутри рудного тела. Мощность таких прослоев лимитируется возможностью применения рудоразборки и устанавливается специальными кондициями.

Опробование рудных тел в горных выработках часто производится бороздовым методом. Для правильного оконтуривания большую роль играет длина борозды; она должна соответствовать интервалам безрудных участков, которые исключаются из подсчетных контуров. Так, например, если длина борозды для одной пробы принята равной 2—3 м, а кондициями предусматривается исключение безрудных участков мощностью 1,0 м, то многие такие участки окажутся невыявленными и, будучи включены в контур рудного тела, исказят качественную характеристику руды; в частности, влияние безрудных прослоев может привести к тому, что часть балансовых руд может быть неправильно отнесена в группу забалансовых.

В месторождениях сложной формы замер мощности требует особенно внимательного и вдумчивого подхода. Например, на Советском руднике седловидные жилы в забое часто представляют собой отдельные небольшие линзы и обрывки. Определение мощности в таких условиях производится путем установления общей площади рудного тела по зарисовке и деления ее на высоту горной выработки (рис. 41).

В целях получения наиболее точного изображения рудных тел могут быть использованы фотоснимки, применение которых особенно целесообразно при скоростных методах проходки.

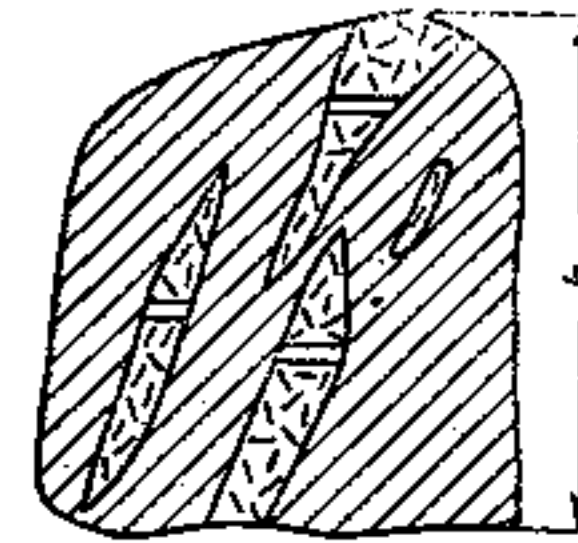
Если рудное тело делится на ветви (рис. 42), то общая мощность его получается как сумма мощностей отдельных ветвей. В этом случае полезно делать несколько измерений мощности, например сверху забоя, посередине и внизу.

К включениям пустых пород внутри рудного тела относятся по-разному в зависимости от их величины. Если эти включения (линзы, прослои, прожилки и т. д.) невелики и в процессе сортировки не могут быть удалены, то они включаются в мощность рудного тела при замере и в пробу наравне с рудным телом (рис. 43). Включения пустых пород значительных размеров, которые подлежат удалению, при замере мощности и опробовании не учитываются (рис. 44).

3. При равномерном распределении полезного компонента, но отсутствии между рудным телом и вмещающими породами четких геологических границ последние определяются по резуль-

татам опробования. При этом надо различать два основных случая:

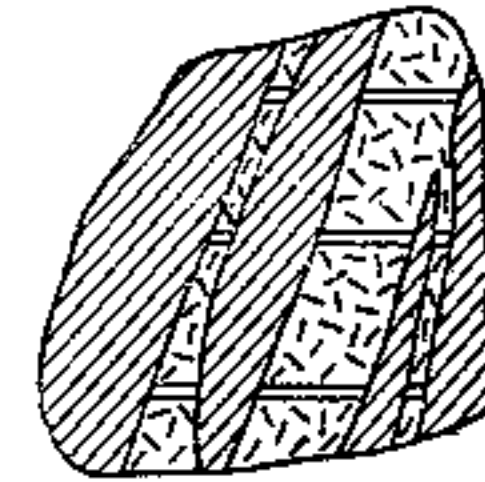
- 1) опробование производится непрерывной бороздой;
- 2) опробование производится с интервалами между пробами.



1 2 3

Рис. 41. Зарисовка сложной линзующейся кварцево-золоторудной жилы в забое

1—вмещающие породы; 2—кварцево-золоторудная жила; 3—места отбора бороздовых проб; h—высота забоя



1 2 3

Рис. 42. Опробование отдельных ветвей сложной жилы

1—вмещающие породы; 2—рудное тело; 3—места отбора бороздовых проб

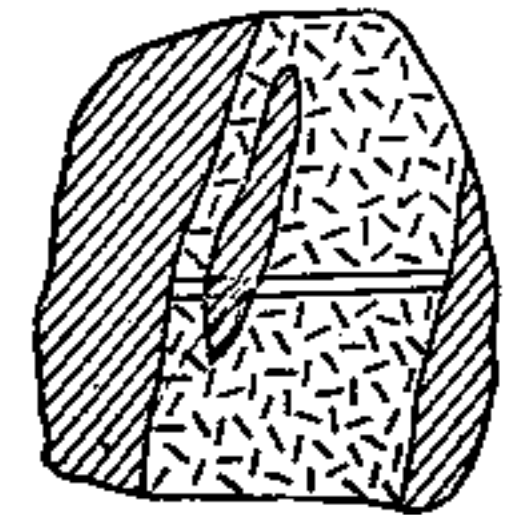


Рис. 43. Опробование рудного тела с небольшими участками безрудных пород

Обозначения те же, что и на рис. 42

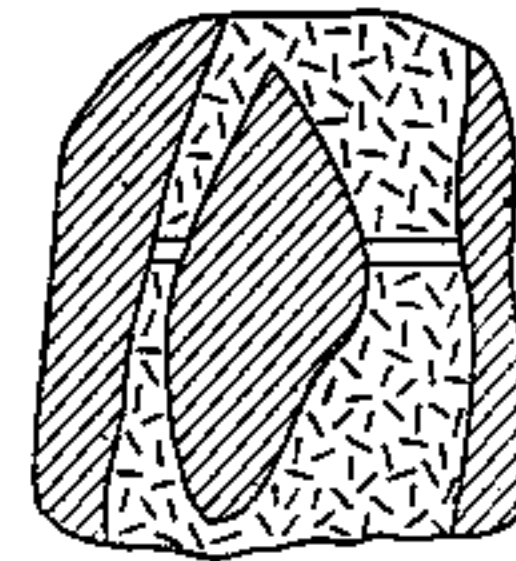
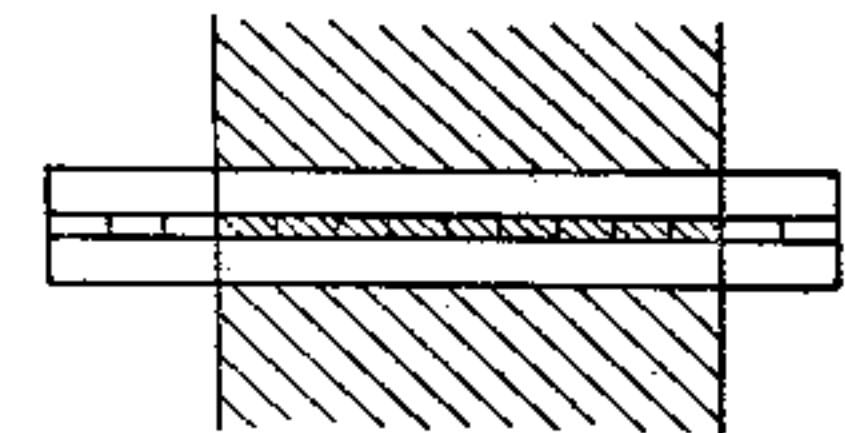


Рис. 44. Исключение крупных безрудных участков внутри рудного тела при опробовании

Обозначения те же, что и на рис. 42



1 2 3

Рис. 45. Схема проведения контура рудного тела по данным химических анализов при опробовании сплошной бороздой

1—пробы с кондиционным содержанием полезного компонента; 2—пробы с некондиционным содержанием полезного компонента; 3—рудное тело

В первом случае контур рудного тела проводится по границе последней пробы, показавшей минимальное промышленное содержание полезного компонента, как указано на рис. 45. Безрудные участки включаются в общий контур или исключаются, как указано выше, в зависимости от их мощности и установленных кондиций. Во втором случае, когда опробование производится с интервалами между пробами (например, задиркой или бороздой

по забою, валовыми пробами и др.), граница промышленной части рудного тела проводится между пробой, показавшей кондиционное содержание, и пробой, показавшей некондиционное содержание полезного компонента, как указано на рис. 46. Опорные точки этого контура определяются способом интерполяции по формуле¹:

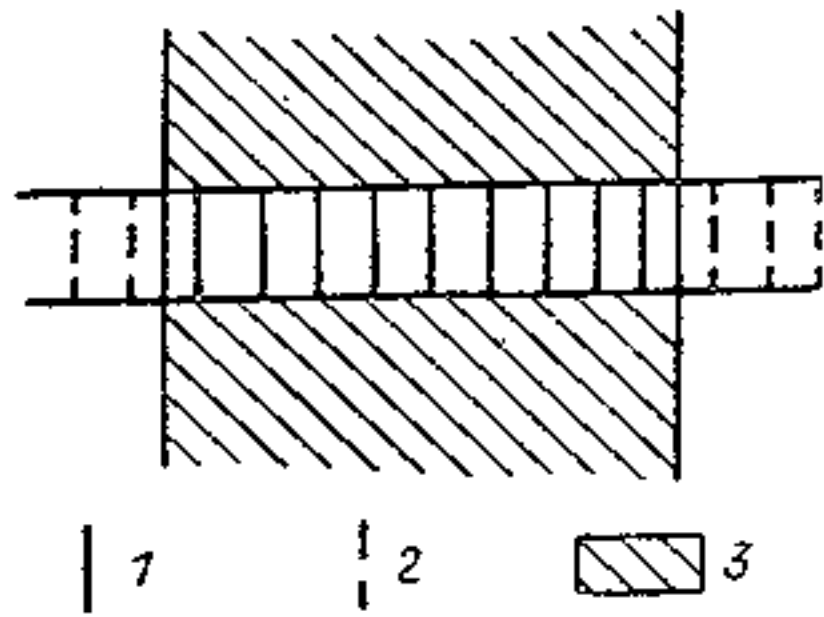


Рис. 46. Схема проведения контура рудного тела по данным химических анализов при наличии интервалов между пробами

1—места отбора проб (позабойных), показавших кондиционное содержание полезного компонента; 2—места отбора проб, показавших некондиционное содержание полезного компонента; 3—рудное тело

$$x = \frac{C_{\text{мин}} - C_B}{C_A - C_B} l,$$

где x — расстояние от точки B отбора пробы с некондиционным содержанием до границы рудного тела (рис. 47);

C_A и C_B — содержание полезного компонента соответственно в точках A и B (на рис. 47 величины C_A и C_B отложены в произвольном масштабе);

$C_{\text{мин}}$ — минимальное кондиционное содержание полезного компонента;

l — расстояние между точками A и B .

Разумеется, эта формула должна применяться только в том случае, если граница промышленной руды не может быть определена визуально.

Указанный способ интерполяции основан на принципе постепенного, плавного изменения показателя (в данном случае — содержания полезного компонента), поэтому при неравномерном распределении полезного компонента в рудном теле этот способ лучше не применять.

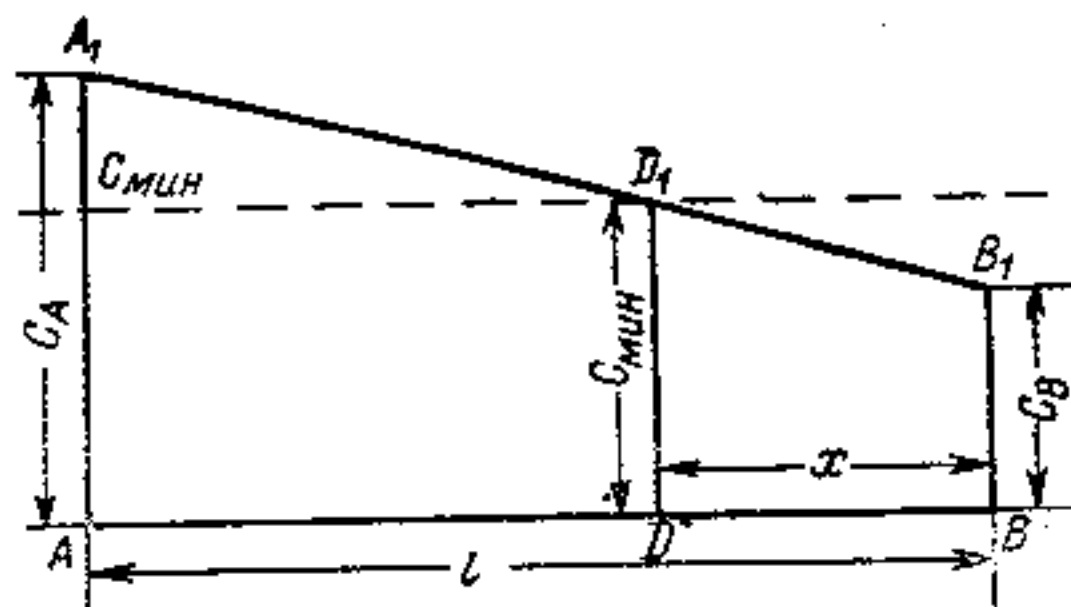


Рис. 47. Схема определения опорных точек между пробами

AA_1 — содержание полезного компонента в крайней кондиционной пробе, выраженное в условном масштабе (C_A); BB_1 — то же в некондиционной пробе (C_B); AB — расстояние между пробами (l); DD_1 — минимальное кондиционное содержание полезного компонента, выраженное в том же масштабе ($C_{\text{мин}}$); DB — длина отрезка x , отложенного от точки B к точке A , определяющая границу рудного тела

¹ Опорные точки могут быть определены также графически или с помощью транспаранта; однако чаще эти способы используются для проведения контура между выработками (см. главу VII).

4. Неравномерное распределение полезного компонента при отсутствии четких границ между рудными телами и вмещающими породами представляет наибольшие трудности для определения положения промышленного контура. Эта группа месторождений требует самого тщательного изучения распределения полезного компонента и характера перехода рудного тела во вмещающие породы.

Обычно промышленный контур в этих условиях определяют по совокупности проб, опираясь не только на минимальное промышленное, но и на бортовое содержание полезного компонента. Внешний контур рудного тела при сплошном опробовании должен включать пробы, показавшие бортовое содержание, при условии, что среднее содержание по периферии блока находится в пределах минимального промышленного. При опробовании с интервалами между пробами внешний контур рудного тела, учитывая ограниченное расстояние между пробами, можно проводить с достаточной для подсчета запасов точностью через середину расстояния между пробой с кондиционным и пробой с некондиционным содержанием полезного компонента (также при условии, что среднее содержание по периферии блоков будет находиться в пределах минимального промышленного).

Ниже приводим пример оконтуривания золотоносной россыпи.

Пример. Золотоносная россыпь отличается сложным строением; общая ее протяженность около 2 км при средней ширине 200 м. Мощность золотоносного пласта изменяется от 1,0 до 6 м, составляя в среднем 2 м. Плотик представлен сильно разрушенными сланцами, в которых концентрируется основная масса золота.

Разведка россыпи осуществлена бурением с применением станка Кийстон. Расстояния между разведочными линиями 100—400 м, расстояния между скважинами на линиях 10 м. Всего пройдено 10 разведочных линий. Опробование производилось в основном по интервалам 20 см и в отдельных случаях 50 см.

Установлено, что минимальное промышленное содержание золота в песках равно 10 г/м³. Бортное содержание золота в пробе составляет 2,5 г/м³. Минимальная промышленная мощность 1,5 м.

Оконтуривание промышленной части россыпи по отдельным выработкам выполняется в следующей последовательности (рис. 48).

По скважине 1. Пробы 2, 3, 4, 5 и 6 превышают установленный нижний предел содержания золота в пробе 2,5 г/м³ и должны быть включены в контур подсчета промышленных запасов. Граница подсчета должна быть проведена между пробами 1—2 вверху и пробами 6—7 внизу. К северо-западу имеются скважины, не обнаружившие промышленного содержания золота (на чертеже эти скважины не показаны), поэтому подсчетный

контур ограничивается серединой расстояния между скв. 1 и безрудной скважиной, т. е. проходит в 5 м к северо-западу от скв. 1.

Среднее содержание на пласт по скв. 1, вычисленное как среднее арифметическое, составляет $15,2 \text{ г/м}^3$. Мощность пласта равна 1 м, т. е. меньше установленной кондиции (1,5 м). Поэтому необходимо проверить среднее содержание на выемочную мощность; оно составит $\frac{15,2 \times 1,0}{1,5} = 10,1 \text{ г/м}^3$,

т. е. будет несколько выше установленного минимального промышленного. Следовательно, участок скв. 1 может быть отработан.

По скважине 2. Верхний контур подсчета должен пройти между пробами 2—3, так как в пробе 2 содержание золота меньше установленного нижнего предела $2,5 \text{ г/м}^3$. Нижняя граница должна пройти между пробами 9—10. Пробы 6 и 7, как расположенные внутри контура подсчета, должны быть включены в подсчетный контур. Среднее содержание на пласт составит $12,2 \text{ г/м}^3$, среднее содержание на выемочную мощность $10,9 \text{ г/м}^3$.

Скважина также подлежит включению в контур подсчета запасов.

Выделенные по скв. 1 и 2 промышленные участки соединяются прямыми линиями обычным способом с учетом геоморфологических особенностей строения россыпи.

По скважине 3. В подсчетный контур должны войти пробы с 2-й до 10-й включительно. Мощность пласта 1,8 м, т. е. несколько больше установленной минимальной промышленной мощности 1,5 м. Среднее содержание на пласт будет равно $13,4 \text{ г/м}^3$. Среднее содержание на выемочную мощность сохранится равным $13,4 \text{ г/м}^3$. Поскольку фактическая мощность превышает минимальную промышленную, никаких пересчетов делать не следует.

Скважина должна войти в контур подсчета промышленных запасов.

По скважине 4. Проб с содержанием, отвечающим установленному нижнему пределу содержания золота, нет. Мощность пласта 0,5 м, среднее содержание золота $2,4 \text{ г/м}^3$. Среднее содержание на выемочную мощность составит всего $0,8 \text{ г/м}^3$.

Запасы с таким содержанием подлежат отдельному подсчету и оконтуриванию как забалансовые. Однако, учитывая наличие соседней скважины 5 с промышленным содержанием золота, окончательное решение вопроса об отнесении запасов по скв. 4 в группу забалансовых следует отложить до проверки результатов опробования скв. 5 и совместного рассмотрения данных обеих скважин.

По скважине 5. В контур подсчета следует включить пробы от 2 до 10-й включительно. Общая мощность пласта по скважине составит 2,4 м. Среднее содержание золота на пласт и на

выемочную мощность будет $19,3 \text{ г/м}^3$. Следовательно, скв. 5 необходимо включить в контур промышленных запасов.

Возвращаясь к скв. 4, проверяем возможность включения ее в промышленный контур, уже учитывая данные скв. 5.

Среднее содержание золота на пласт по скв. 4 и 5 будет

$$\frac{2,4 + 19,3}{2} = 10,9 \text{ г/м}^3,$$

а на выемочную мощность:

$$\frac{0,8 + 19,3}{2} = 10,1 \text{ г/м}^3,$$

т. е. несколько выше установленного минимального промышленного содержания 10 г/м^3 .

Поскольку скв. 4 находится между скважинами с достаточно высоким содержанием золота и совместная их отработка снизит среднее содержание золота в пределах допустимого минимального промышленного, а также ввиду крайне неравномерного характера распределения золота и возможности случайного пересечения скв. 4 пласта с низким содержанием (так как никаких признаков выклинивания или крупного перерыва пласта нет и к юго-востоку он продолжается), скв. 4, несмотря на некондиционное содержание золота, должна быть включена в общий контур промышленных запасов.

По скважине 6. В контур подсчета запасов должны быть включены пробы с 3 до 9-й включительно. Мощность пласта равна 1,4 м. Среднее содержание золота на пласт $16,4 \text{ г/м}^3$, среднее содержание на выемочную мощность $14,4 \text{ г/м}^3$.

Скважина должна быть включена в контур подсчета запасов.

Скважины 7 и 8 из подсчетного контура следует исключить, так как значительный интервал шириной 20 м совершенно не содержит золота и отработка его не обеспечивается высоким содержанием в следующей скважине 9. Кроме того, разрез указывает на существование на этом уровне незолотоносной террасы или наличие здесь местного размыва (или другой причины перерыва пласта).

По скважине 9. Все три пробы показывают промышленное содержание золота и могут быть включены в подсчетный контур. Мощность пласта будет 1,3 м. Среднее содержание на пласт, вычисленное как среднее взвешенное, будет равно $15,0 \text{ г/м}^3$. Среднее содержание на выемочную мощность составит $13,0 \text{ г/м}^3$.

Скважину следует включить в контур подсчета запасов промышленных руд.

По скважине 10. В подсчет следует включить пробы с 1-й до 4-й включительно. Мощность пласта будет равна 0,8 м. Среднее содержание на пласт составит $24,5 \text{ г/м}^3$, среднее содержание на выемочную мощность $13,1 \text{ г/м}^3$. Следовательно, скважина может быть включена в подсчетный контур балансовых запасов.

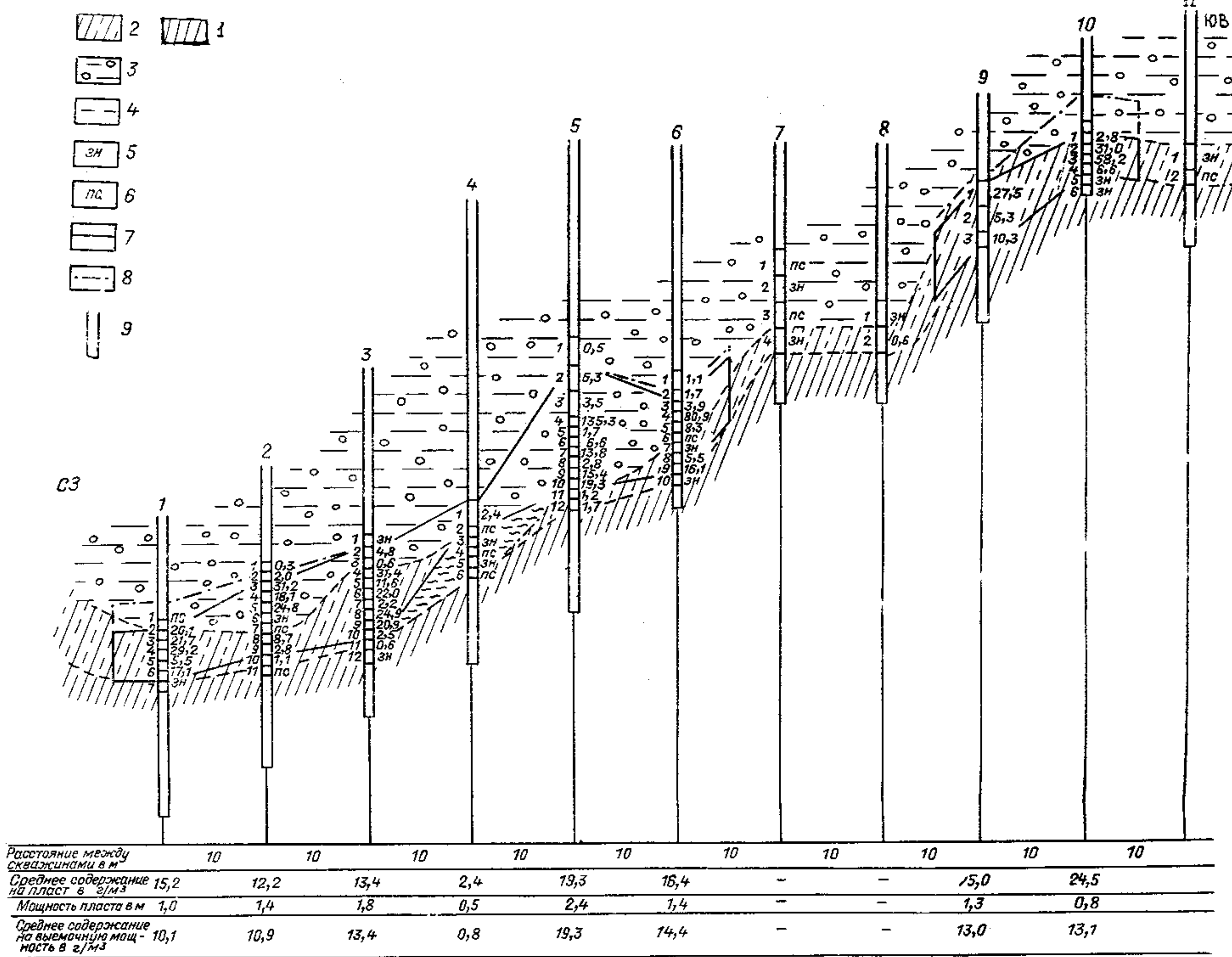


Рис. 48. Схема оконтуривания промышленной части россыпи

1—коренные породы; 2—разрушенная часть коренных пород; 3—рыхлые отложения; 4—граница разрушенной части коренных пород; 5—знаки золота; 6—пусто*; 7—граница подсчета запасов пласта; 8—граница подсчета запасов пласта; 9—граница подсчета запасов пласта; 10—граница подсчета запасов пласта; 11—граница подсчета запасов пласта.

По скважине 11. В этой скважине и далее к юго-востоку пласт отсутствует. Контур подсчета промышленных руд проходит посередине между скв. 10 и 11.

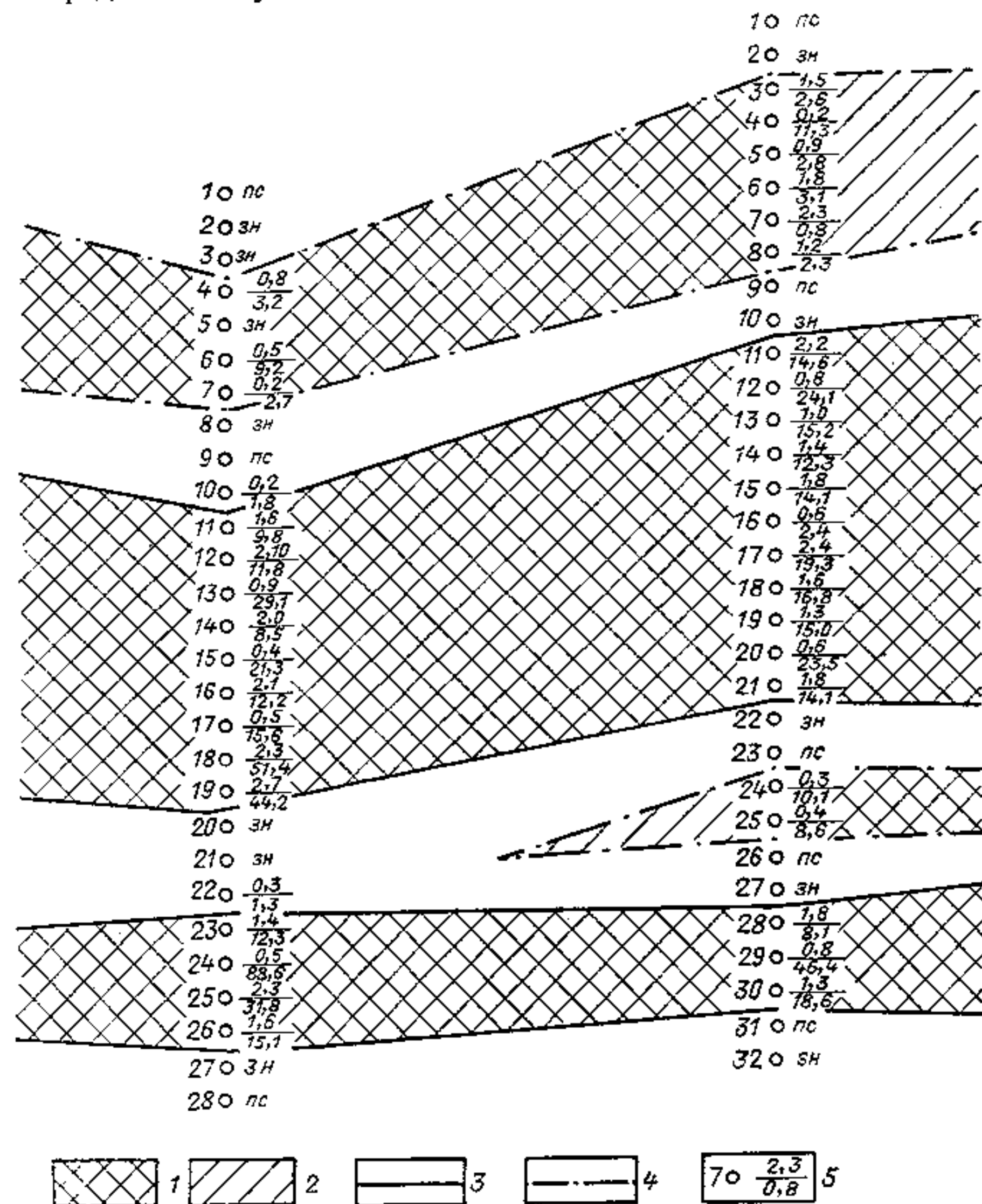


Рис. 49. Схема части подсчетного плана россыпи

1—запасы кат. В; 2—запасы кат. С; 3—контур балансовых запасов; 4—контур забалансовых запасов; 5—буровые скважины; слева—номер скважины, справа в числителе—мощность пласта в метрах, в знаменателе—содержание золота в г/м³

Забегая несколько вперед, следует указать, что оконтуривание промышленной части россыпи в плане в данном случае специального описания не требует. После переноса промышленных конту-

ров и результатов подсчета по отдельным выработкам с разрезов на план нетрудно, соединив промышленные контуры соседних разрезов, получить подсчетные блоки. Схема части подсчетного плана россыпи приведена на рис. 49.

Оконтуривание в пределах выработок, прослеживающих рудное тело по простиранию

При определении контура рудного тела в выработках, прослеживающих рудное тело по простиранию или падению, кроме распределения полезного компонента в рудном теле, необходимо учитывать характер выклинивания последнего. Непосредственно в выработках можно наблюдать резкое, постепенное и сложное выклинивание.

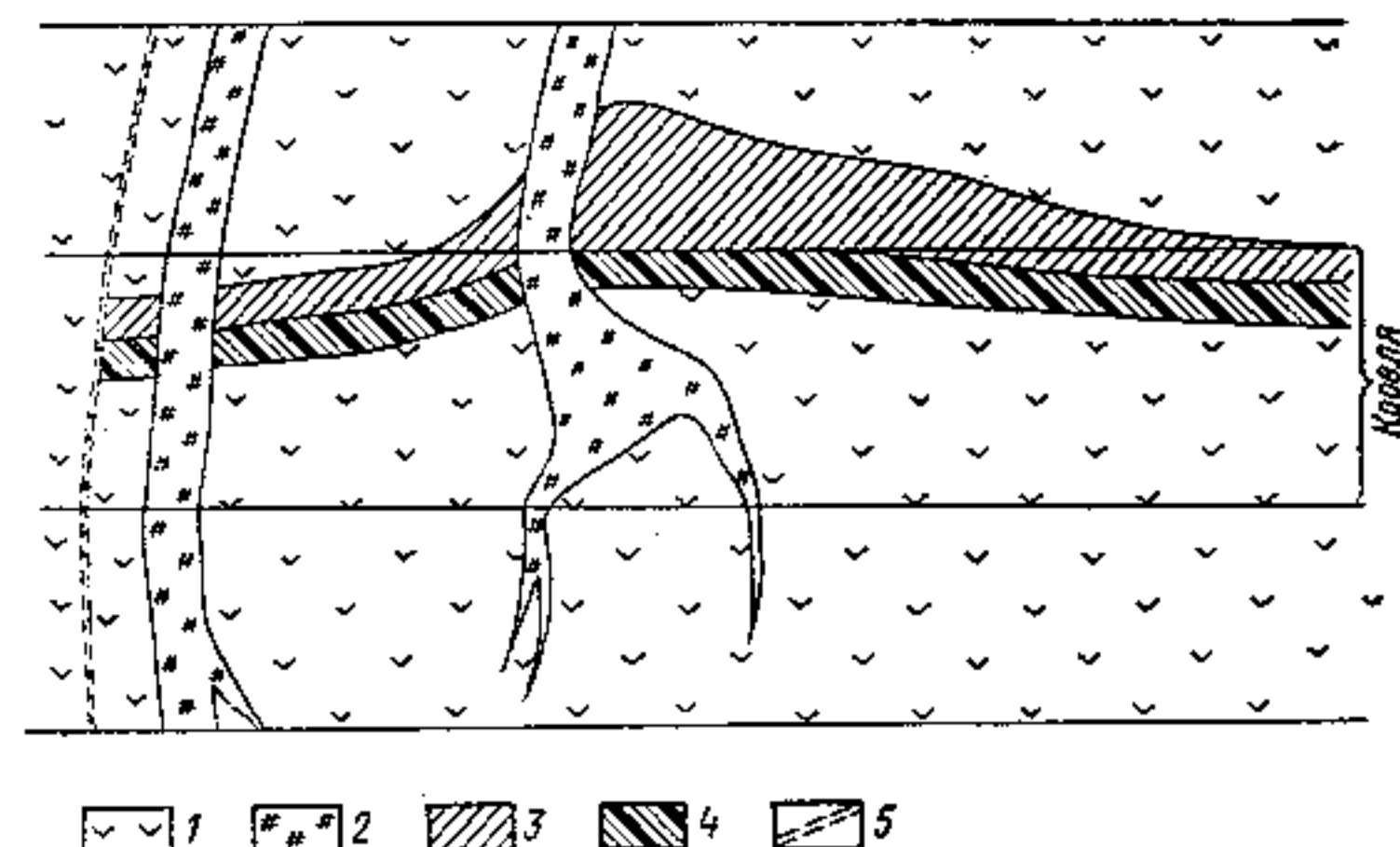


Рис. 50. Зарисовка выработки, прослеживающей рудное тело по простиранию

1—порфириты; 2—дайки диабазы; 3—кварцево-золоторудная жила; 4—сульфидная часть жилы; 5—тектоническое нарушение

При резком прекращении рудного тела контур последнего может быть намечен независимо от характера распределения полезного компонента по данным непосредственных наблюдений. Граница подсчетного контура обычно совпадает с геологическим контуром и легко устанавливается макроскопически. Пример резкого прекращения оруденения показан на рис. 50.

Все сказанное выше о возможности включения безрудных участков, расположенных внутри рудного тела, в контур подсчета применимо и в данном случае.

При постепенном выклинивании рудного тела следует различать:

1. Постепенное снижение содержания полезного компонента до полного перехода рудного тела во вмещающие породы при

сохранении мощности рудного тела (например, смена фаций и др.).

В зависимости от принятого метода опробования при постепенном обеднении руды промышленные контуры рудного тела определяются двумя способами:

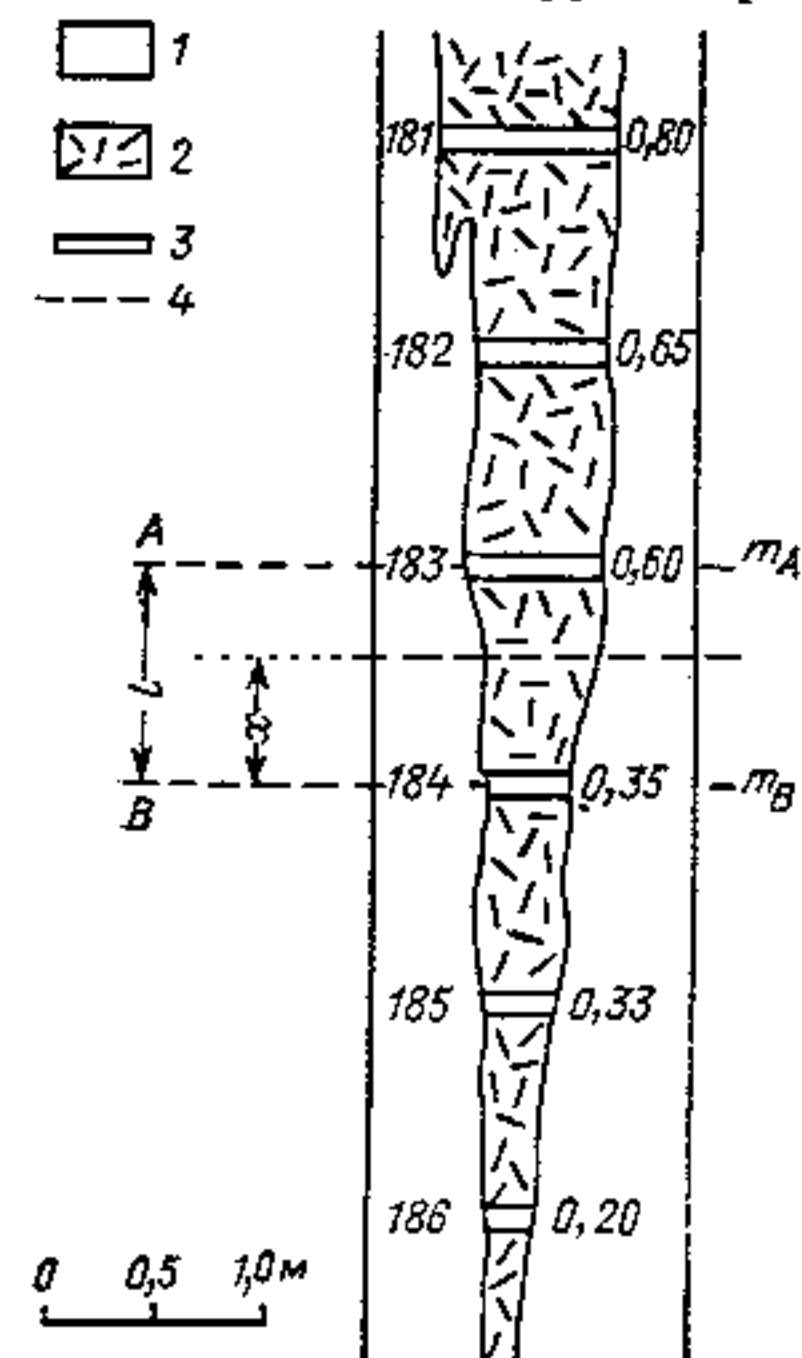


Рис. 51. Схема определения промышленного контура в выработках, прослеживающих рудное тело по падению

1 — вмещающие породы; 2 — рудное тело; 3 — места отбора проб: слева — номера проб, справа — мощность рудного тела в метрах; 4 — граница промышленной части рудного тела

бования и непосредственных наблюдений с помощью формулы:

$$x = \frac{m_{\min} - m_B}{m_A - m_B} l,$$

где x — расстояние от точки B с некондиционной пробой до контура рудного тела (на рис. 51 оно равно 0,6 м); m_A и m_B — мощности рудных тел в точках A и B отбора кондиционной (A) и некондиционной (B) проб;

$m_{\min}$ — минимальная мощность, установленная кондициями (на рис. 51 принята равной 0,5 м);

l — расстояние между кондиционной (A) и некондиционной (B) пробами (на рис. 51 пробы 183, 184).

Кроме того, положение контура рудного тела может быть намечено по данным непосредственных замеров мощности в выработках.

3. Постепенное уменьшение мощности рудного тела с одновременным уменьшением содержания полезного компонента. В этом случае оконтуривание производят по минимальному метропроценту (метрограмму), установленному кондициями, с помощью следующей формулы:

$$x = \frac{K_{\min} - K_B}{K_A - K_B} l,$$

где $K_{\min}$ — минимальный метропроцент, установленный кондициями;

K_A и K_B — значение метропроцента соответственно в точках A и B ;

остальные обозначения те же, что и выше.

Положение контура рудного тела между двумя точками может также определяться описанным ниже графическим способом или специальным транспарантом.

Приведенные формулы интерполяции могут быть использованы только при равномерном распределении полезного компонента в рудном теле при условии постепенного и плавного изменения мощности рудного тела или содержания полезного компонента.

Учитывая, что расстояния между пробами обычно бывают небольшими, особенно для руд цветных, редких металлов и золота, нередко поступают проще: проводят контур посередине между кондиционной и некондиционной пробами.

При неравномерном распределении полезного компонента оконтуривание отличается большой сложностью и контур рудного тела намечается по совокупности проб, аналогично тому, как было описано выше. Контур рудного тела опирается на пробы, показавшие бортовое содержание при допустимой мощности, или, чаще, на пробы, показавшие минимально допустимый метропроцент. Расположение проб не имеет существенного значения, так как обычно в контур промышленной части рудного тела включают только кондиционные пробы.

ГЛАВА VII

ОКОНТУРИВАНИЕ РУДНЫХ ТЕЛ ПО СОВОКУПНОСТИ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК

После определения опорных точек в отдельных выработках производят оконтуривание рудных тел по простиранию и падению на планах, разрезах или проекциях по совокупности данных разведочных выработок. При этом различают следующие основные случаи:

1. Опорные точки нулевого или другого контура устанавливаются непосредственно в выработках.

2. Опорные точки контура находятся между парами крайних выработок, при этом одна из выработок, лежащая на внутреннем контуре, характеризуется промышленными (кондиционными) показателями, а другая — непромышленными, обнаруживая, однако, наличие минерализации.

3. Опорные точки контура находятся между парами крайних выработок, при этом одна из выработок, лежащая на внутреннем контуре, характеризуется промышленными показателями, а другая фиксирует полное отсутствие рудного тела.

Оконтуривание рудных тел по опорным точкам, установленным непосредственно в выработках

При наличии четких геологических границ опорные точки наносятся на планы, разрезы или проекции по данным непосредственных замеров в выработках. Оконтуривание сводится к со-

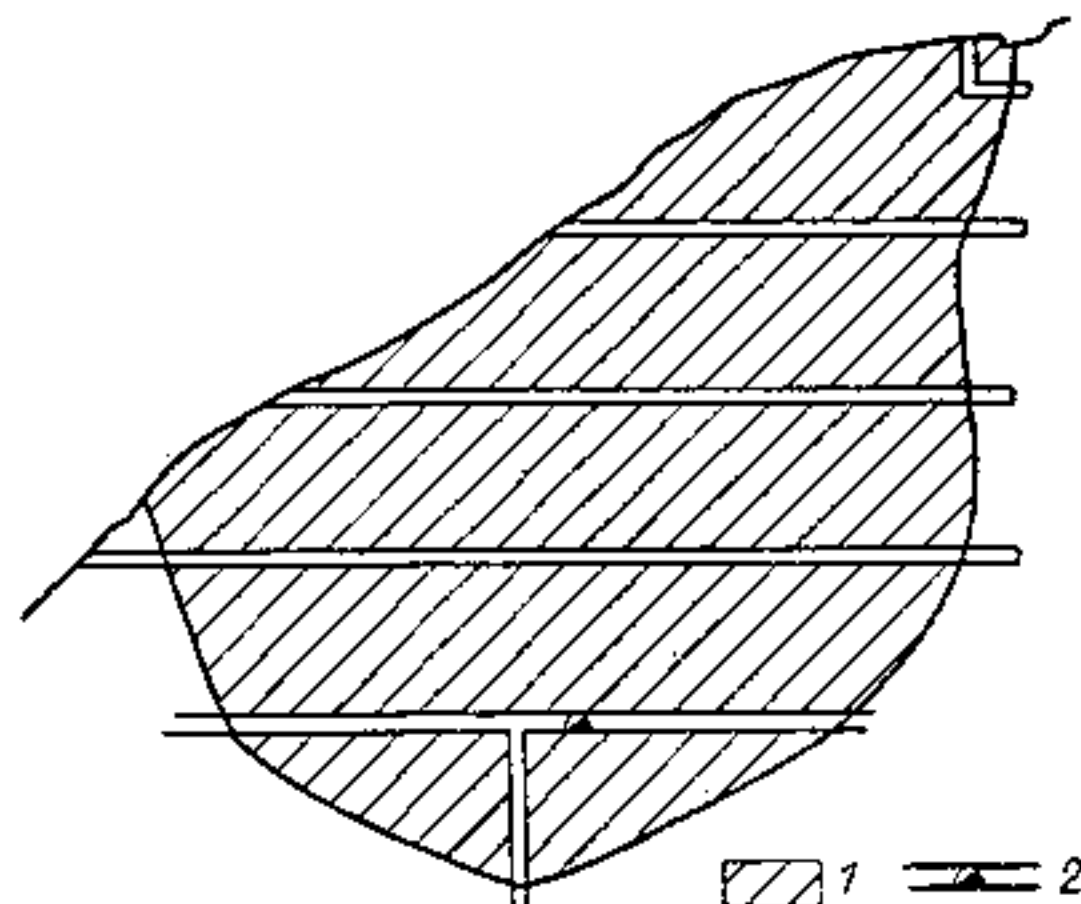


Рис. 52. Интерполирование контура рудного тела на вертикальной проекции по данным непосредственных наблюдений
1—рудное тело; 2—горные выработки

единению опорных точек, установленных в выработках, как показано, например, на рис. 52.

При отсутствии четких геологических границ последние определяются в пределах каждой выработки по данным химических анализов описанными выше способами. Установленные по выработкам опорные точки переносятся на план или разрез и соединяются между собой прямыми или плавно изогнутыми линиями с учетом условий залегания рудного тела.

В зависимости от распределения полезного компонента и расположения проб контур рудного тела может либо опираться на

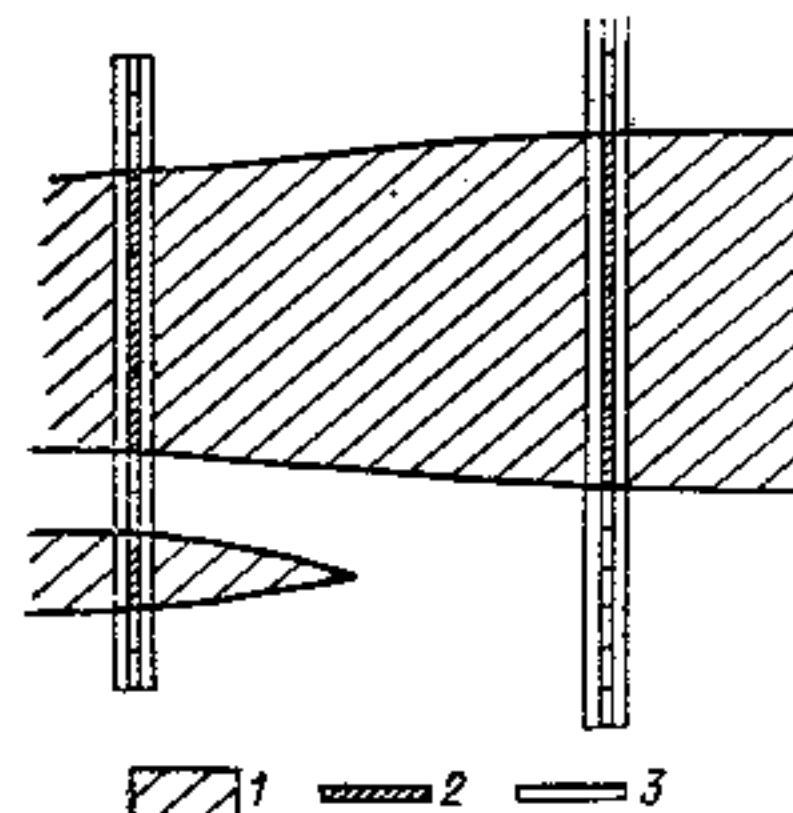


Рис. 53. Интерполирование контура рудного тела в плане между выработками при опробовании сплошной бороздой. Контур рудного тела опирается на кондиционные пробы
1—рудное тело; 2—кондиционные пробы; 3—некондиционные пробы

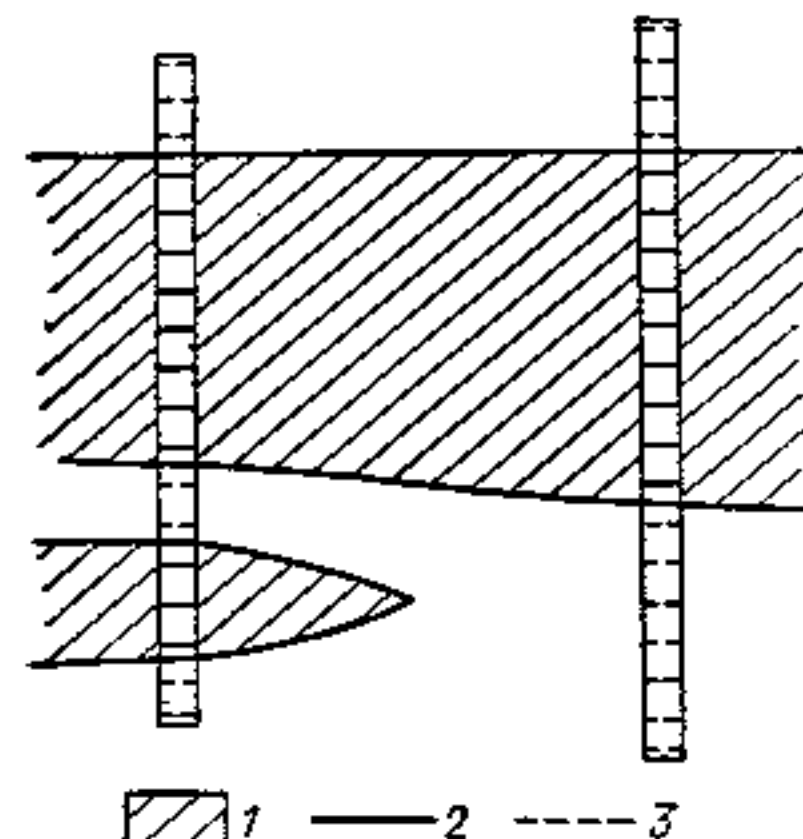


Рис. 54. Интерполирование контура рудного тела в плане между выработками при расположении проб через определенные интервалы. Контур опирается на кондиционные пробы
1—рудное тело; 2—кондиционные пробы; 3—некондиционные пробы

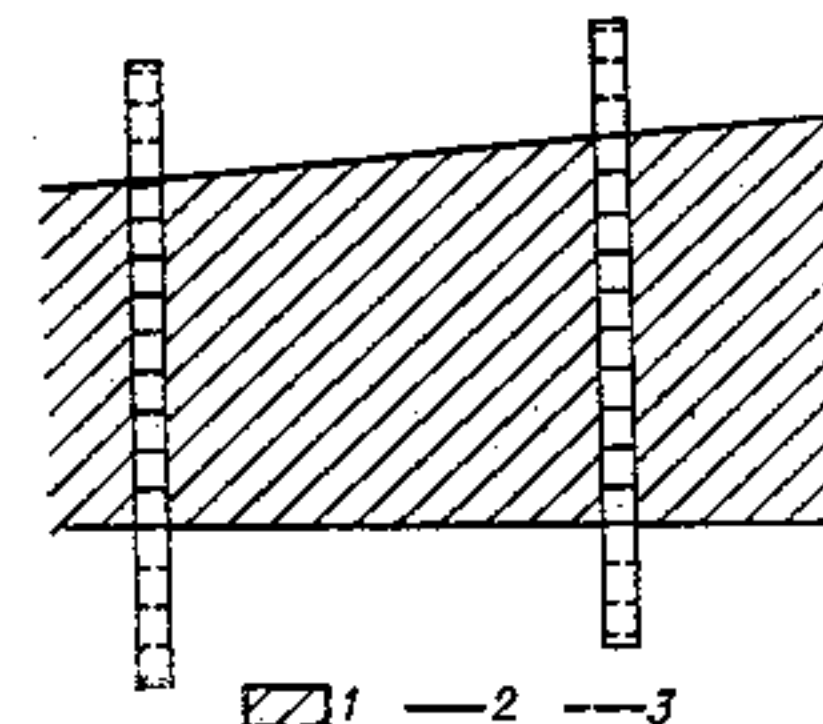


Рис. 55. Интерполирование контура рудного тела в плане между выработками при расположении проб через определенные интервалы. Контур проведен между пробами с кондиционным содержанием полезного компонента и пробами, показавшими некондиционное его содержание или полное отсутствие
1—рудное тело; 2—кондиционные пробы; 3—некондиционные пробы

крайние кондиционные пробы, как показано на рис. 53 и 54, либо проходить между пробами, одна из которых показала кондиционное, а другая — некондиционное содержание полезного компонента или полное его отсутствие (рис. 55).

Проведение контура рудного тела между парами крайних выработок, одна из которых характеризуется кондиционными показателями а другая — некондиционными

Способы проведения промышленного контура зависят от характера распределения полезного компонента.

При равномерном распределении полезного компонента опорные точки промышленного контура рудного тела определяются обычно описанным выше способом интерполяции с использованием приведенных формул.

Кроме того, положение контура рудного тела между выработками может быть в этом случае определено и графически. Для этого на профиле, на плане или на специальном вспомогательном чертеже, аналогичном приведенному на рис. 47, соединяют пару выработок, между которыми определяется положение контура, прямой линией AB . В точках A и B восстанавливают перпендикуляры, откладывают на них в условном масштабе содержание, мощность или метропроцент (в зависимости от того, какой показатель является ведущим) и соединяют верхние точки перпендикуляров прямой A_1B_1 . Далее от точки A с кондиционными показателями на линии AA_1 откладывают в том же масштабе отрезок $C_{мин}$, равный минимальным кондициям (напри-

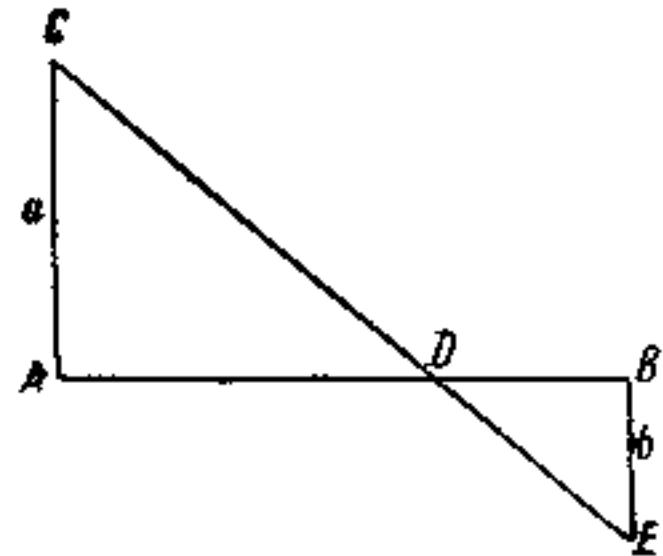


Рис. 56. Графический (второй) способ определения положения рудного контура между выработками

мер, содержанию). Проведя через точку $C_{мин}$ прямую, параллельную AB , пересекают линию A_1B_1 в точке D_1 . Проекция точки D_1 на прямую AB даст точку D , которая и укажет положение промышленного контура рудного тела между выработками (см. рис. 47).

Если ведущим показателем является содержание полезного компонента или метропроцент, иногда применяют другой, более простой графический способ. На разрезе или плане соединяют прямой линией две соседние выработки, из которых одна имеет кондиционные показатели (точка A), а другая — некондиционные (точка B), как показано на рис. 56.

От точки A с кондиционными показателями восстанавливают к линии AB перпендикуляр AC и на нем в условном масштабе откладывают вверх отрезок a , равный разности между фактическими показателями и минимальными кондициями. От точки B с непромышленными показателями опускают перпендикуляр BE и на нем в том же условном масштабе откладывают отрезок b , равный разности между минимальными кондициями и фактическими показателями. Концы отрезков a и b соединяют прямой CE ; последняя пересечет линию AB в точке D , которая покажет положение границы рудного тела, удовлетворяющей минимальным кондициям.

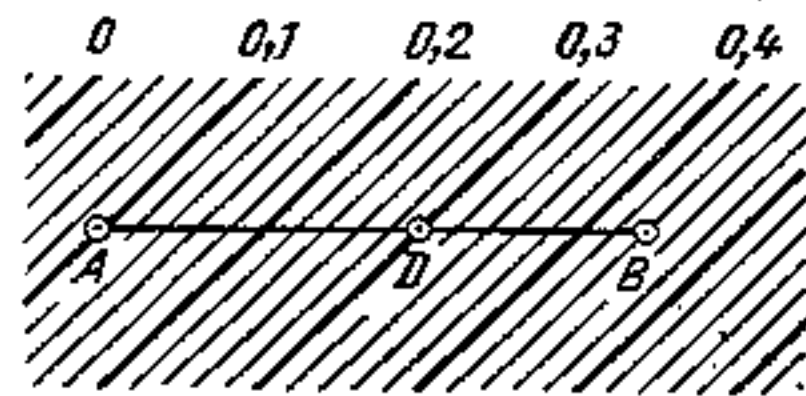


Рис. 57. Транспарант для определения положения контура рудного тела между выработками

Положение точки D может быть также определено с помощью транспаранта, который представляет собой кальку с прочерченными на ней параллельными линиями, отстоящими одна от другой на равных расстояниях (рис. 57). Пусть содержание полезного компонента в пробе A равно 0,1%, а в пробе B — 0,44%. Требуется на линии AB найти точку D с содержанием 0,3%. Накладываем транспарант на разрез или план опробования, совмещая одну из точек линии, имеющей отметку 0,1%, с точкой A плана (или разреза) опробования. Прикалываем к этой точке транспарант иглой и поворачиваем его по направлению к точке B до тех пор, пока эта точка не окажется на линии транспаранта с отметкой 0,44. Пересечение линии AB с прямой транспаранта, отвечающей отметке 0,3, и даст искомую точку D .

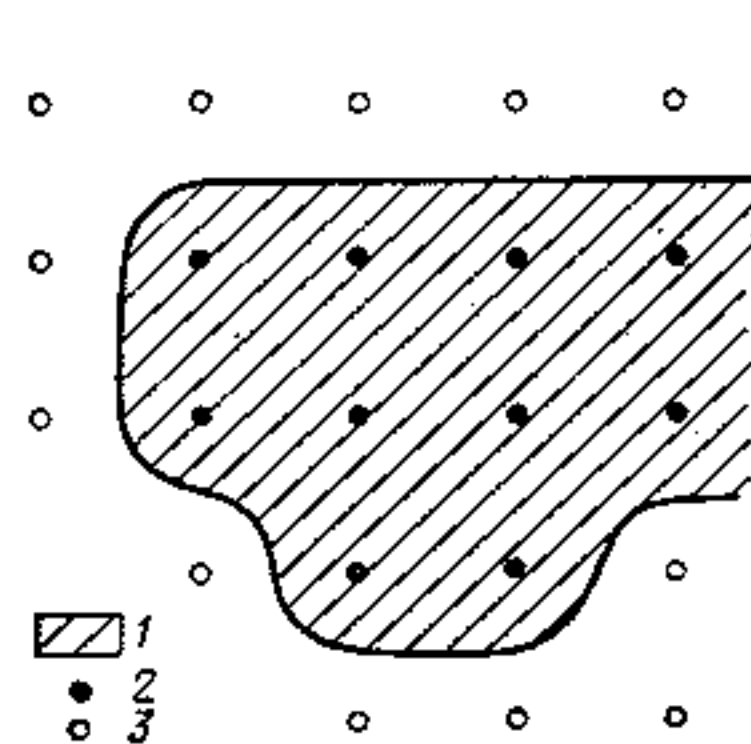


Рис. 58. Схема проведения контура рудного тела (в плане) через середину расстояния между выработками
1 — рудное тело; 2 — выработки, вскрывшие кондиционную руду; 3 — выработки, вскрывшие некондиционные руды

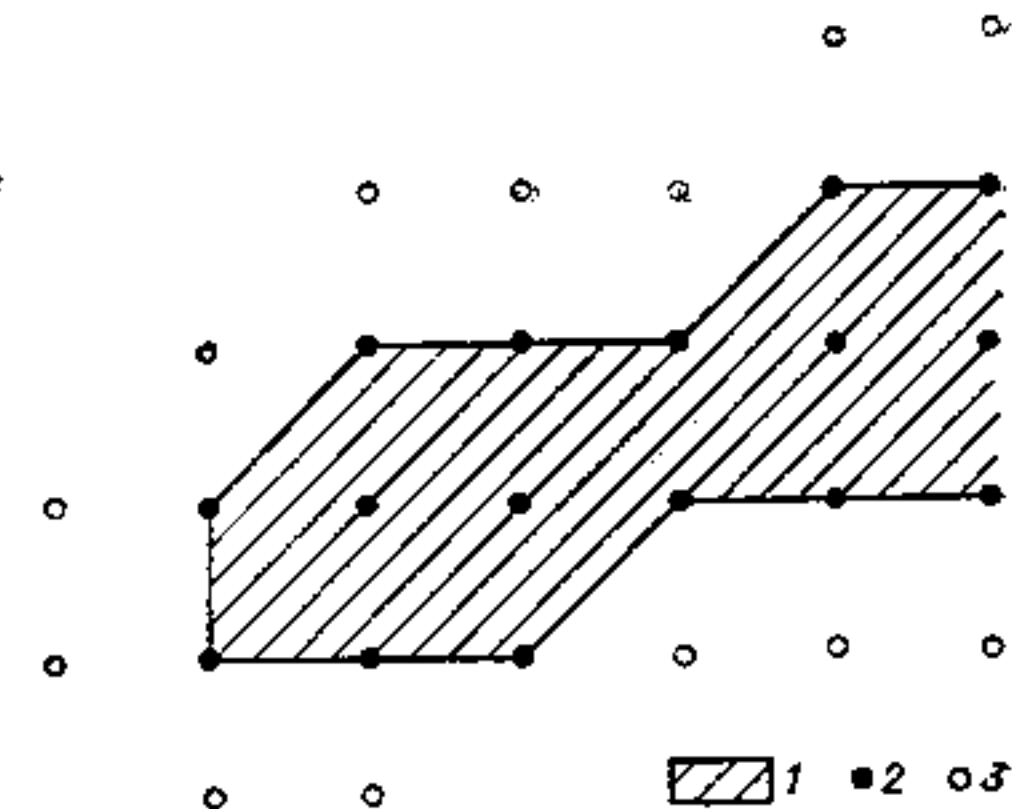


Рис. 59. Схема проведения контура рудного тела (в плане) через крайние выработки, вскрывшие кондиционную руду
1 — рудное тело; 2 — выработки, вскрывшие кондиционную руду; 3 — выработки, вскрывшие некондиционную руду

Рассмотренные способы интерполяции могут применяться только на месторождениях с достаточно равномерным характером оруденения. При неравномерном распределении полезного компонента или неравномерном изменении мощности нет возможности точно определить положение рудного контура, так как данные отдельных проб, а также данные отдельных выработок недостаточно надежны. На этих месторождениях контур рудного тела обычно проводят через середину расстояния между выработкой с кондиционными и выработкой с некондиционными показателями (рис. 58).

На месторождениях с крайне неравномерным распределением полезного компонента контур рудного тела часто проводят через крайние кондиционные выработки, как показано на рис. 59. Очень редко (и только для кат. C_2) допускается экстраполяция за пределы выработок.

Проведение контура рудного тела между парами крайних выработок, одна из которых характеризуется кондиционными показателями, а другая фиксирует полное отсутствие рудного тела

В случаях, когда одна выработка вскрывает кондиционную руду, а другая фиксирует отсутствие рудного тела, при оконтуривании используют следующие приемы в зависимости от характера выклинивания рудного тела.

При резком выклинивании рудных тел промышленный контур проводят через середину расстояния между выработками, так как точно положение точки выклинивания определить не представляется возможным.

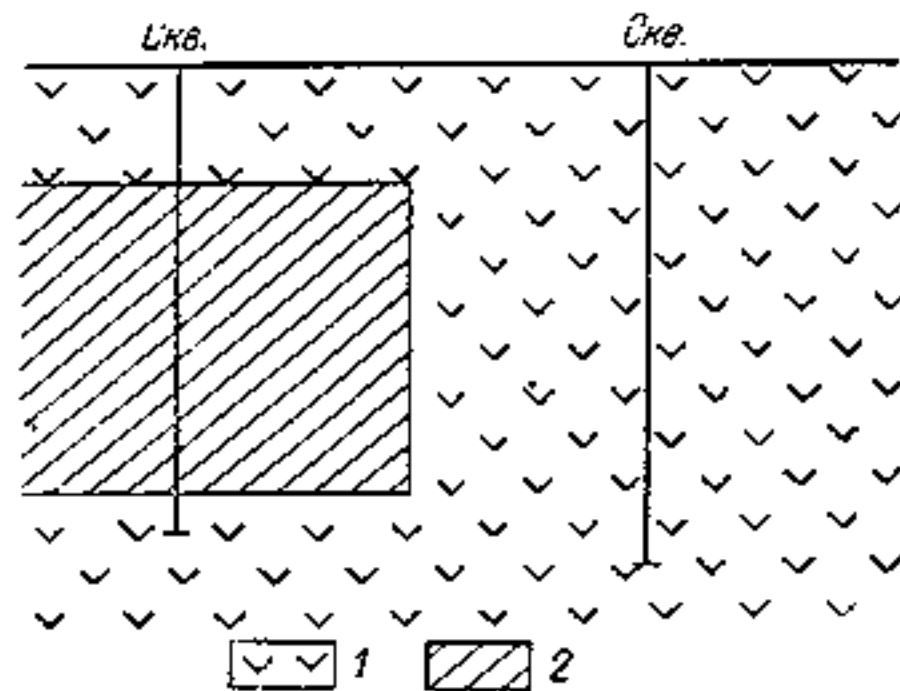


Рис. 60. Схема проведения контура рудного тела (на разрезе), при резком выклинивании последнего, через середину расстояния между выработками

1—вмещающие породы; 2—рудное тело

Мощность рудного тела, вскрытую кондиционной выработкой, следует распространить также до середины расстояния между выработками, т. е. до промышленной границы рудного тела, как показано на рис. 60.

Точность этого способа экстраполяции, или, как его часто называют, «метода ограниченной экстраполяции», зависит от густоты разведочных выработок, степени изменчивости залежи или рудного тела и в значительной степени от количества оконтуривающих выработок: чем больше выработок, тем точнее результаты.

При редкой разведочной сети и значительной изменчивости рудного тела линия контура, проведенная этим способом, не может быть достаточно точной, и запасы приконтурных блоков относят к низким категориям (C_1 и C_2). Исходя из этого, иногда проводят контур не через середину расстояния между выработками, а через точку, отстоящую от выработки с промышленным оруденением на четверть расстояния между выработками. Последний прием продиктован излишней осторожностью и не может быть рекомендован.

При закономерном, постепенном выклинивании рудного тела опорные точки контура могут быть намечены несколькими способами.

1. Нулевой контур, т. е. контур полного выклинивания рудного тела, проводят через крайние выработки, показавшие отсутствие рудного тела. Опорные точки подсчетного контура, т. е. контура кондиционных руд, находят одним из описанных выше

способов интерполяции. Схема проведения контура показана на рис. 61.

В этом случае построенный подсчетный контур чаще всего проходит несколько ближе к выработке, показавшей отсутствие руды. В действительности выклинивание рудного тела происходит между выработками и прохождение нулевого контура через данную выработку может быть только случайным. Поэтому указанный способ проведения контура приводит к систематической ошибке в сторону завышения запасов и не может быть рекомендован, особенно для месторождений, на которых приконтурная полоса относительно велика.

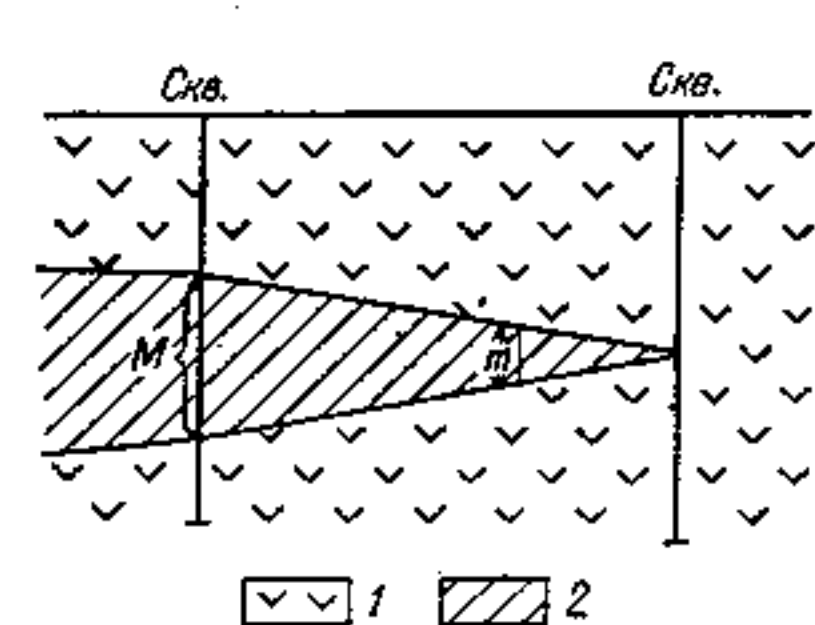


Рис. 61. Схема проведения контура рудного тела, при постепенном выклинивании последнего, между двумя выработками, одна из которых, не вскрывшая рудного тела, принимается лежащей на нулевом контуре

1—вмещающие породы; 2—рудное тело; M —мощность рудного тела, вскрытая выработкой с кондиционной рудой; m —минимальная кондиционная мощность рудного тела в точке, местоположение которой определяется одним из способов интерполяции

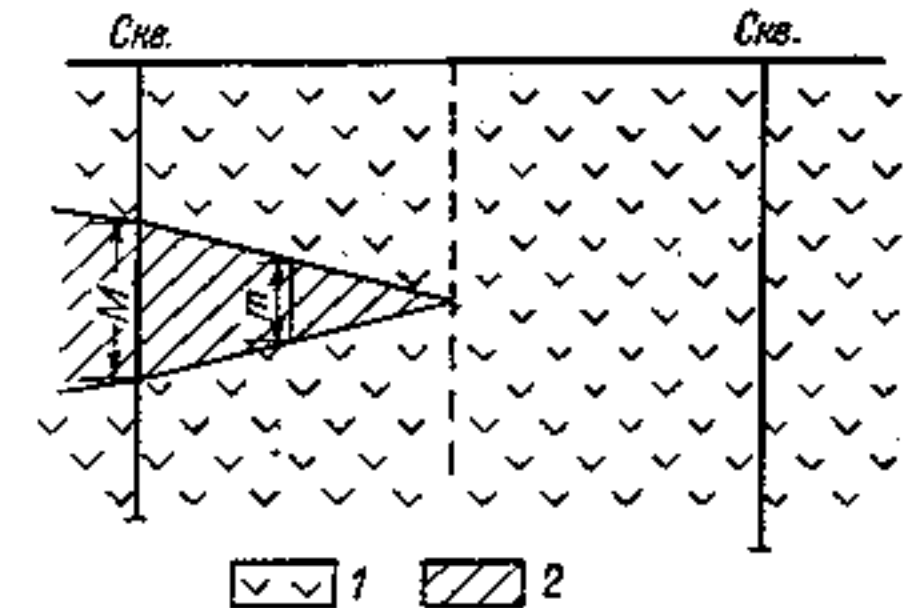


Рис. 62. Схема проведения нулевого контура через середину расстояния между выработками

1—вмещающие породы; 2—рудное тело; M —мощность рудного тела, вскрытая выработкой с кондиционной рудой; m —минимальная кондиционная мощность рудного тела в точке, местоположение которой определяется одним из способов интерполяции

2. Другим, более правильным способом оконтуривания является способ, при котором нулевой контур рудного тела проводят через середину расстояния между выработками, как показано на рис. 62. Подсчетный контур, т. е. контур кондиционных руд, определяется описанными выше способами интерполяции и проходит между выработкой, встретившей промышленные руды, и принятым нулевым контуром. На рис. 62 приведена схема проведения контура по мощности рудного тела, но аналогичные рассуждения и построения могут быть произведены и по метропроценту и по содержанию полезного компонента.

В плане проведение нулевого контура между выработками показано на рис. 63. Опорные точки между выработками могут быть определены графически как середины прямых, соединяющих крайние рудные выработки с соседними безрудными. Линия, соединяющая опорные точки, будет линией нулевого контура. Безрудные выработки, удаленные от выработок, пересекших руд-

ное тело, на значительно большее расстояние, по сравнению с принятой разведочной сетью (например, выработки 16 и 26 на рис. 63), если это не противоречит геологическим условиям залегания, в расчет не принимаются.

Зная положение внешнего нулевого контура рудного тела и проведя внутренний контур путем соединения крайних рудных выработок, находят подсчетный, или промышленный, контур по заданной мощности, содержанию или метропроценту.

Например, если на плане проведен внутренний контур через крайние выработки, характеризующиеся промышленной мощностью (пунктир с точками на рис. 64), и внешний нулевой контур, установленный ограниченной экстраполяцией или другим

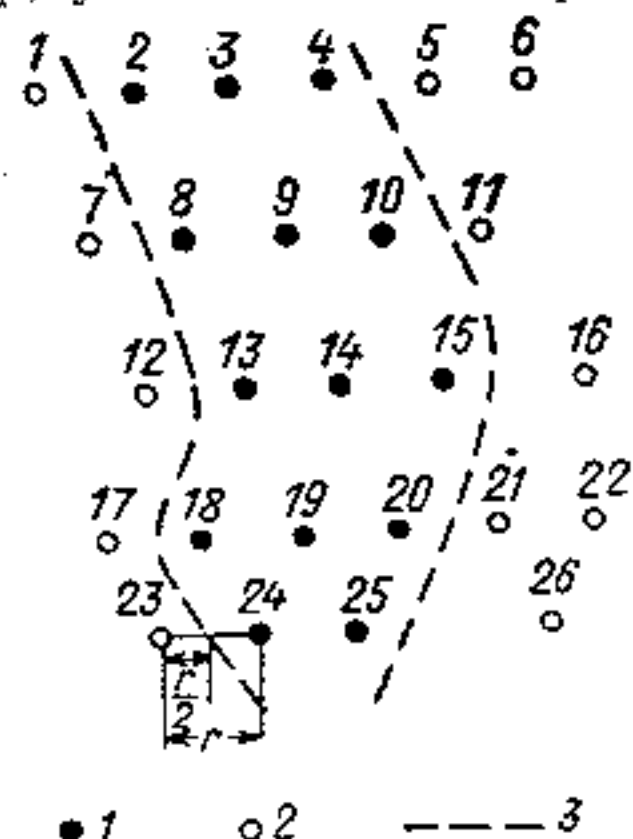


Рис. 63. Проведение нулевого контура рудного тела (в плане) посередине расстояния между выработками 1—выработки, пскрывающие руду; 2—выработки безрудные; 3—нулевой контур

способом (сплошная линия), то построение промышленного контура залежи, отвечающего заданной минимальной промышленной мощности (например, 0,5 м), производится следующим образом:

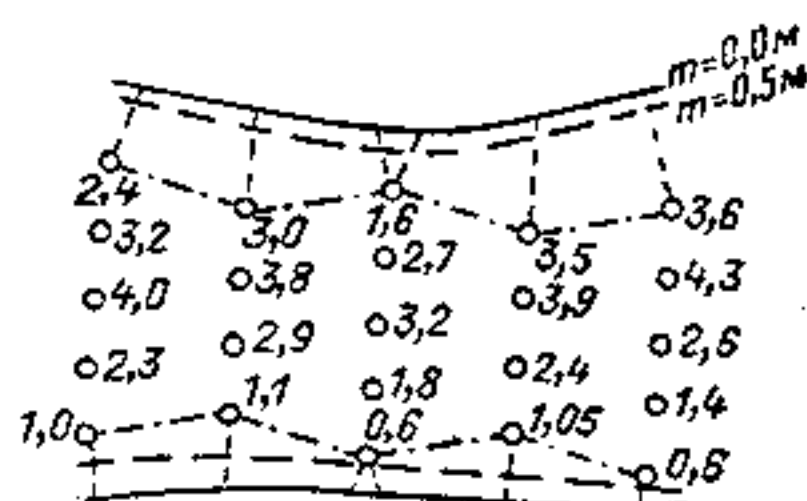


Рис. 64. Оконтурирование рудного тела в плане по заданной минимальной промышленной мощности

а) крайние разведочные выработки, подсекшие рудное тело, соединяются прямыми линиями (на чертеже соответствуют внутреннему контуру);

б) из вершин углов полученного вспомогательного контура восстанавливают перпендикуляры или проводят биссектрисы, как показано на рис. 64, и продолжают те и другие до пересечения с нулевым контуром ($m=0,0$ м);

в) одним из описанных выше способов интерполяции находят на перпендикулярах и биссектрисах опорные точки, отвечающие заданной мощности (в примере 0,5 м);

г) соединив эти точки линиями, получают искомый контур ($m=0,5 \text{ м}$), показанный на чертеже простым пунктиром.

В тех случаях, когда разведочными выработками доказано закономерное изменение рудного тела от центра к периферии, например постепенное выклинивание линзовидного тела с глуби-

ной (рис. 65), эта закономерность должна быть учтена. В приведенном примере точка выклинивания рудного тела может быть найдена графически, как продолжение достаточно точно установленных контуров рудного тела; как видно на рисунке, она не совпадает с серединой расстояния между выработками.

При четко установленном разведочными выработками постепенном выклинивании залежи от центра к периферии экстраполяция рудного контура может быть также произведена по способу среднего угла выклинивания.

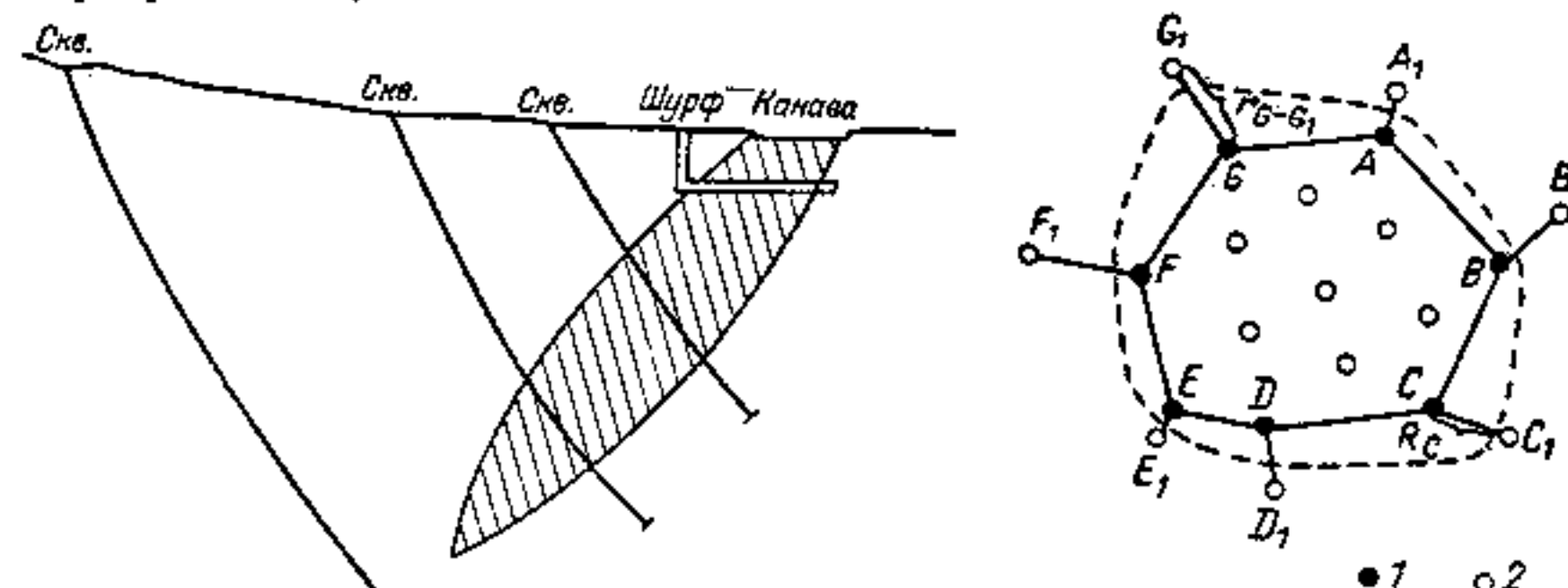


Рис. 65. Схема определения нулевого контура графическим способом при закономерном выклинивании линзовидного рудного тела

Пусть мощности (или содержания) в крайних выработках $A, B, C, D, E, F, G, \dots$, расположенных по периферии тела, будут соответственно равны m_a, m_b и т. д., а в выработках $A_1, B_1, C_1, D_1, E_1, F_1, G_1, \dots$ рудное тело не обнаружено (рис. 66). Для нахождения среднего угла выклинивания определяют среднюю мощность залежи (или среднее содержание в ней полезного компонента) по контуру крайних, периферийных выработок, равную:

$$m_{cp} = \frac{m_a + m_s + \dots + m_n}{n},$$

и среднее расстояние между крайними рудными и безрудными выработками:

$$r_{cp} = \frac{r_{A-A_1} + r_{B-B_1} + \dots + r_{n-n_1}}{n},$$

где n — число рудных выработок.

Принимая, что в среднем выклинивание рудного тела должно происходить на расстоянии $\frac{r_{cp}}{2}$ от контура, проведенного через

крайние рудные выработки, можно найти средний угол выклинивания (рис. 67) из формулы:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\frac{m_{cp}}{2}}{\frac{r_{cp}}{2}} = \frac{m_{cp}}{r_{cp}}.$$

Отсюда расстояние от какой-либо выработки A до точки выклинивания рудного тела, расположенной на линии между рудной выработкой A и безрудной выработкой A_1 , будет равно

$$R_A = \frac{m_A}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}},$$

где m_A — мощность рудного тела (или содержание полезного компонента) в выработке A .

Соединив найденные точки линиями, получим нулевой контур.

Этот прием является сугубо формальным. Однако положительной его стороной является то, что он учитывает мощность рудного тела, вскрытую крайней выработкой, и, возможно, несколько уточняет подсчетную площадь. Правда, как справедливо отмечает В. И. Смирнов (1950), поскольку запасы приконтурной полосы обычно относят к низким категориям (C_1 и C_2), некоторое уточнение размеров площадей не является существенным.

Описанные примеры оконтуривания рудного тела обычно применяются для определения положения контура не только между разведочными выработками, но и между разведочными разрезами (линиями). Так, например, А. А. Крениг, А. А. Розин и К. Л. Пожарицкий указывают, что если верхняя разведочная линия на россыпи устанавливает кондиционное промышленное содержание золота, а нижняя — некондиционное, то промышленную границу россыпи можно определять графически одним из описанных выше способов, опираясь при этом на данные совокупности разведочных выработок. Ширина участка при оконтуривании определяется шириной россыпи с промышленным содержанием золота в верхней линии и шириной, на которой выработки показали хотя и не промышленное, но заметное содержание по нижней линии.

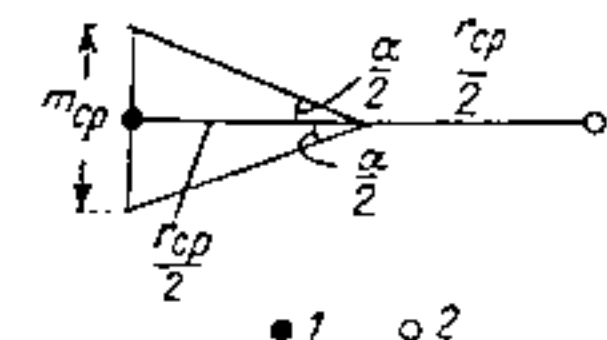


Рис. 67. Определение среднего угла выклинивания

1—выработка, вскрывшая рудное тело; 2—безрудная выработка

Неправильные приемы оконтуривания рудных тел в пределах разведочных выработок

Описать все случаи неправильного оконтуривания рудных тел не представляется возможным, да и вряд ли это необходимо. Поэтому ниже приводим только наиболее характерные и часто встречающиеся случаи неправильного оконтуривания в пределах разведочных выработок.

1. При определении положения контура рудного тела между двумя выработками нельзя допускать искусственного увеличения мощности, так как это приводит к необоснованному увеличению запасов. Такое увеличение мощности может получиться в результате неправильной интерполяции мощности рудного тела, как показано на рис. 68, где мощность m_4 , полученная графическими построениями, значительно превосходит пересеченные выработками фактические мощности m_1 , m_2 и m_3 . Очевидно, в этом случае следовало рассматривать одно рудное тело только в пределах контуров m_1 , m_3 (или m_1 , m_2), а m_2 (или m_3) надо было рассматривать как новое рудное тело, параллельное первому.

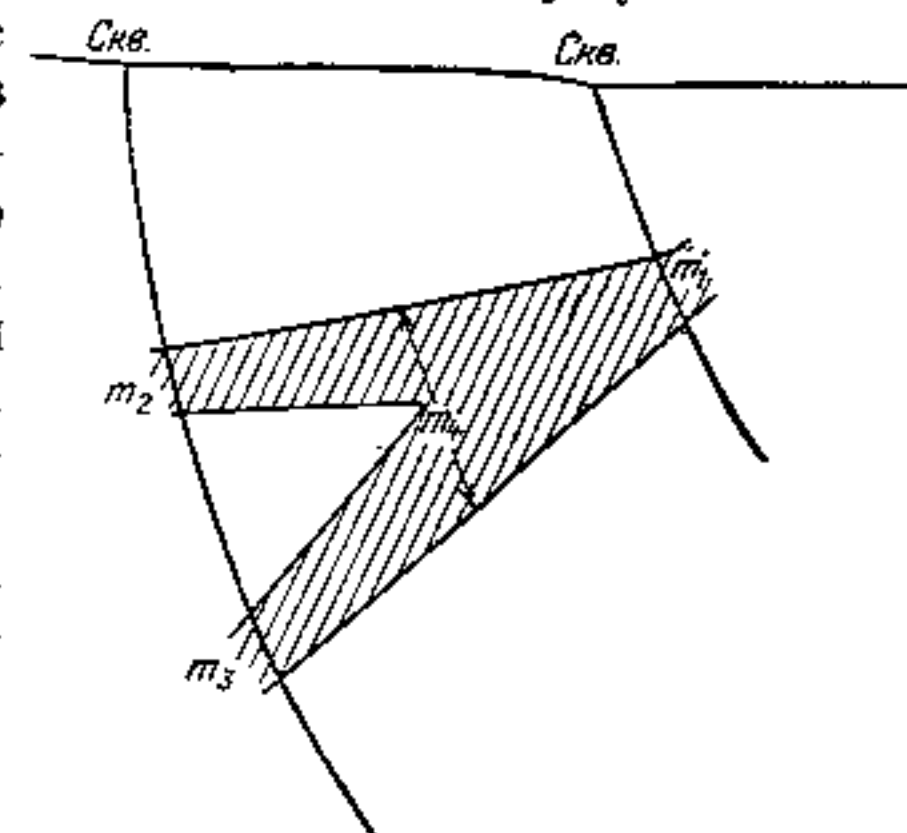


Рис. 68. Схема неправильного оконтуривания рудного тела между выработками

2. Отдельные самостоятельные пласты, пропластки и рудные тела, разделенные между собой значительными безрудными интервалами, нельзя объединять в единое рудное тело, так как это приводит к неправильной квалификации запасов по степени их разведанности и вуалирует пространственное размещение подсчетных блоков и запасов. В практике такое объединение отдельных рудных тел получило название «прессование»; к сожалению, оно до сего времени еще встречается. Сущность этого способа заключается в том, что, например, мощности отдельных рудных тел, показанные в разрезе на рис. 69, суммируются и на плане изображается единая залежь значительной мощности, запасы которой и подсчитываются. В качестве примера можно указать на Рудногорское железорудное месторождение, где в результате применения этого способа вкрапленные руды со стороны висячего и лежащего боков рудного тела и расположенные внутри жилы суммировались и рассматривались как одно рудное тело. Объединялись также в одно тело разобщенные прослои и мелкие жилы магнетита, и, таким образом, совершенно не учитывались ни морфология рудных тел, ни распределение руд по типам (сортам) в пространстве.

Необходимо каждое рудное тело, каждый тип оруденения оконтуривать особо и подсчитывать по ним запасы отдельно.

3. В случаях, когда закономерности распределения отдельных сортов или типов руд (например, скоплений богатых сульфидных руд в общей массе вкрапленных) не изучены, а разведочная

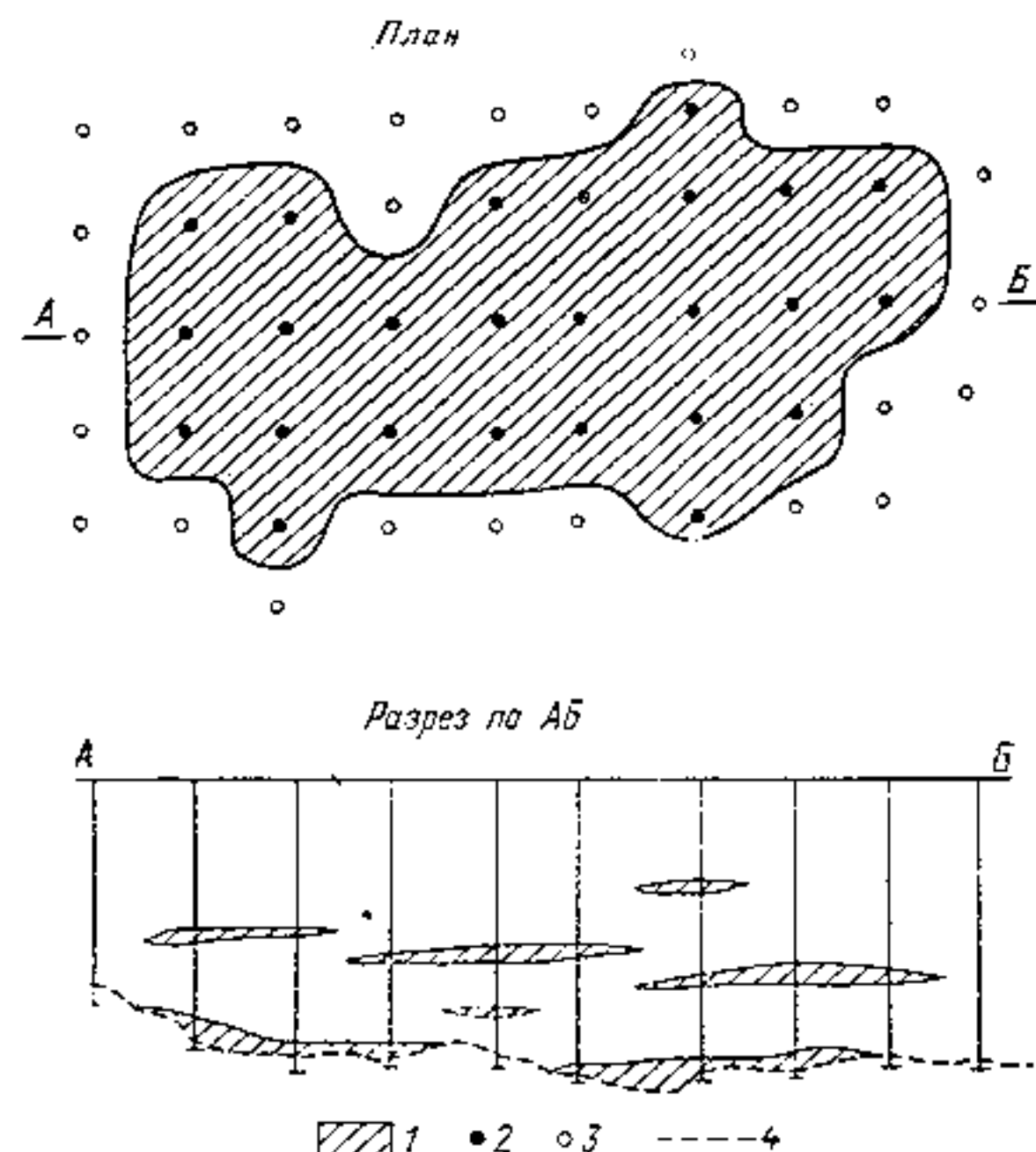


Рис. 69. Пример неправильного оконтуривания рудных тел (в плане) способом „прессования“
1—рудные тела; 2—буровые скважины, вскрывающие рудное тело;
3—безрудные буровые скважины; 4—нижняя граница рудного горизонта

сеть недостаточна для самостоятельного оконтуривания отдельных типов, количество последних следует определять только ориентировочно, статистическим путем, как описано выше, без отражения и искусственного оконтуривания отдельных типов на графике, так как это приводит к искажению результатов. Например, тремя скважинами (рис. 70) вскрыта рудная залежь мощностью 10 м, в том числе скв. 2 вскрыта 3 м богатых руд. Определяя количество богатых руд статистически, получаем: общая длина выработок, вскрывших руду, — 30 м; в том числе по богатым рудам 3 м; относительное количество богатых руд составит 10%.

При условии отдельного оконтуривания богатых руд естественно предположить выклинивание их на середине расстояния между выработками, как показано на рис. 70. Вычисляя площадь, занимаемую богатыми рудами, получим 30 м², что по отно-

шению к общей рудной площади, установленной по скважинам (400 м²), составит только 7,5%. Если предположить резкое выклинивание богатых руд и распространить полную фактически вскрытую мощность (3 м) до середины расстояния между выработками, то площадь, занимаемая богатыми рудами, удвоится и относительное количество богатых руд составит 15%.

Нередко в геологически выдержанном горизонте или пласте концентрация полезных компонентов представлена в виде мелких линз, гнезд или пропластков, как показано на рис. 71. В этих условиях иногда включают в контур подсчета запасов только часть рудного тела, искусственно исключая неоруденелые участки в кровле и почве пласта. В приведенном примере по скв. 1 исключена нижняя часть пласта,

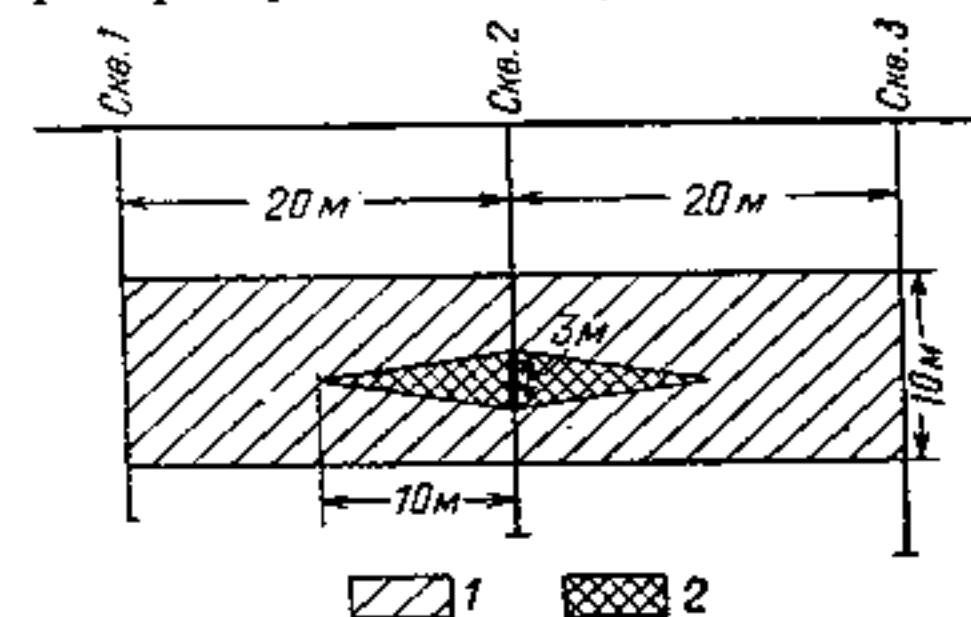


Рис. 70. Пример неправильного оконтуривания отдельных сортов (типов) руд
1—бедные руды; 2—богатые руды

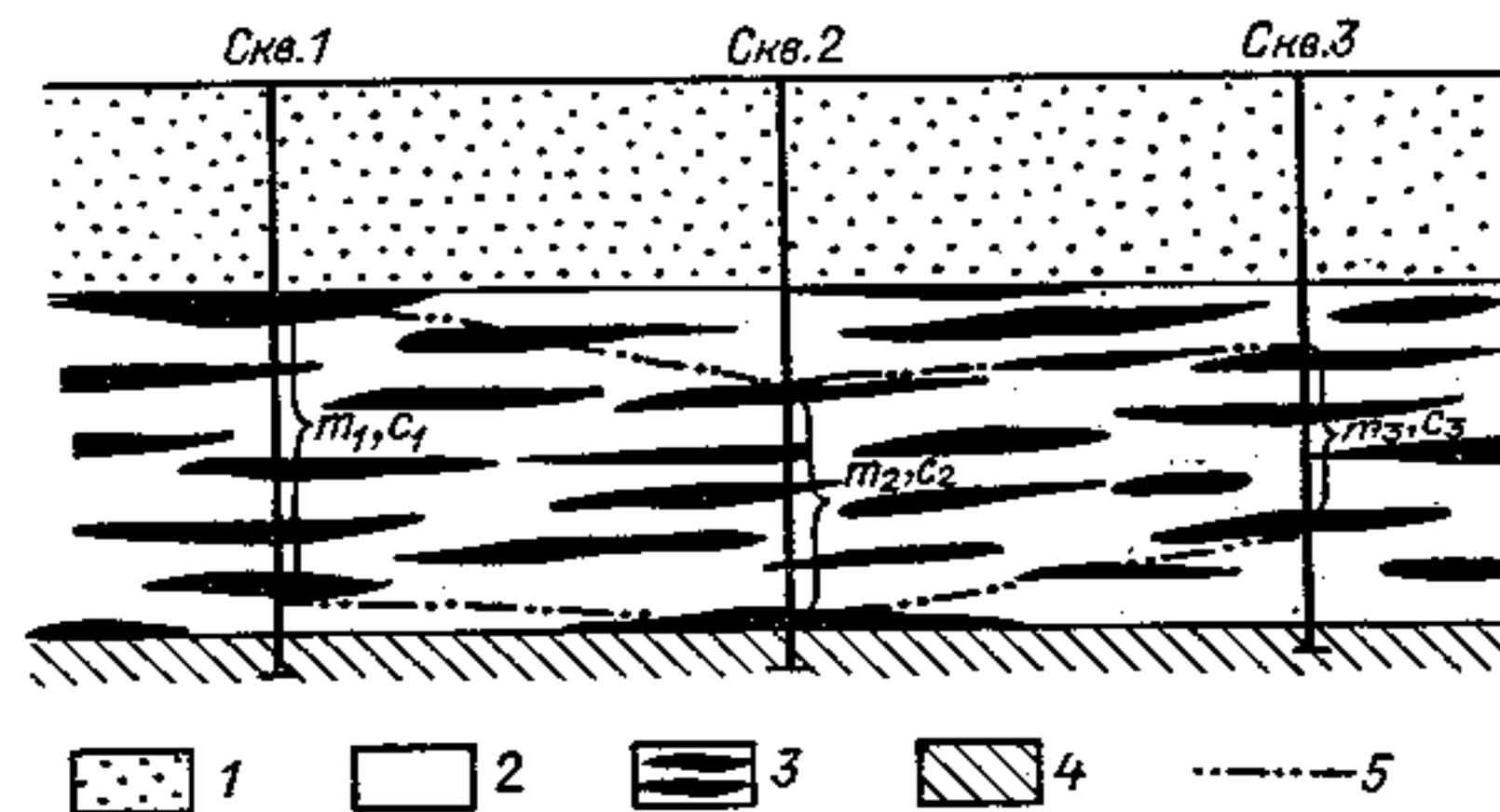


Рис. 71. Неправильное оконтуривание подсчетных участков в пределах рудного горизонта

1—покрывающие породы; 2—рудовмещающие породы; 3—обогащенные участки рудного горизонта; 4—подстилающие породы; 5—неправильный контур подсчета запасов

по скв. 2—верхняя, а по скв. 3—и верхняя и нижняя. Средняя мощность M пласта и среднее содержание C определяются как средние арифметические величины:

$$M = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{3}; C = \frac{c_1 + c_2 + c_3}{3}.$$

Такой подход к оконтуриванию нельзя признать правильным, так как он может резко исказить мощность и содержание, а следовательно и запасы месторождения. При этом мощности обычно значительно занижаются, что приводит к преуменьшению общих запасов руды, а содержание искусственно преувеличивается, необоснованно завышая качество руды.

В качестве примера разберем частный случай. Допустим, что рудный пласт состоит из 50% обогащенных участков и 50% вмещающих пород. Для простоты расчетов представим эти участки расположенными в шахматном порядке с интервалами, равными 1 м, как показано на рис. 72. В этих условиях

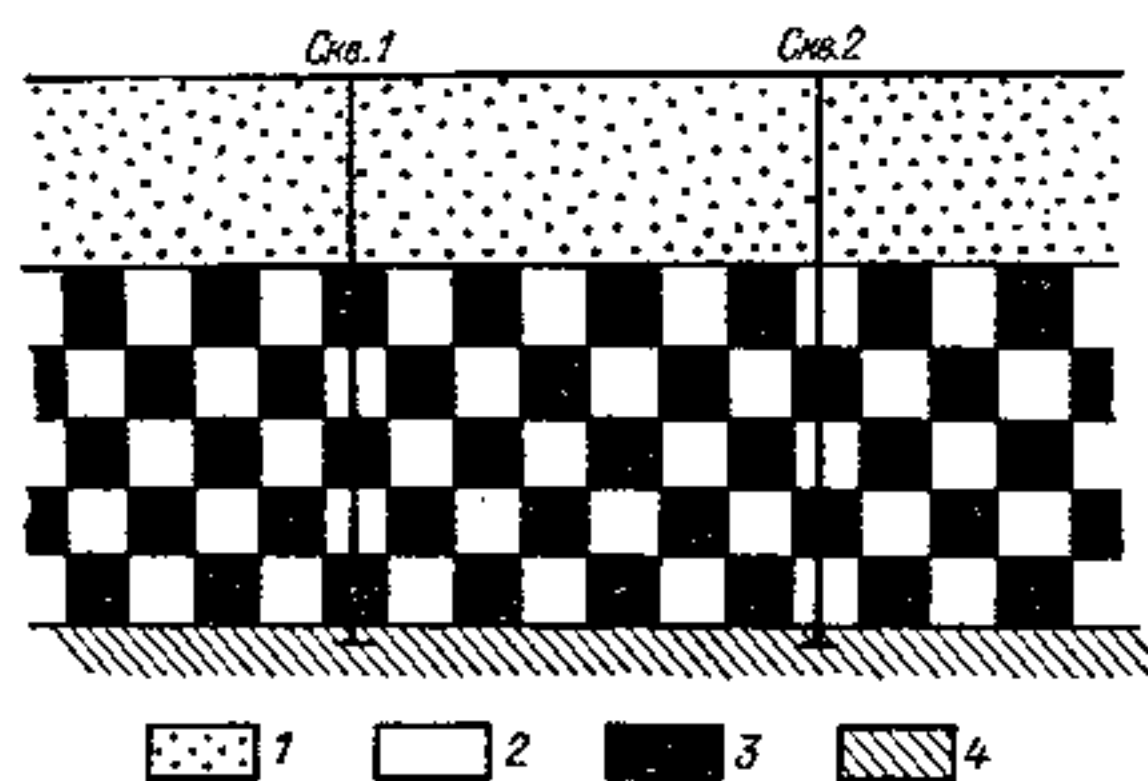


Рис. 72. Упрощенная схема распределения обогащенных участков в рудном горизонте

1—покрывающие породы; 2—безрудные участки; 3—обогащенные рудные участки; 4—подстилающие породы

по скв. 1, пройденной на участке с оруденением, приуроченным как к кровле, так и к подошве пласта, мощность составит 5 м, т. е. будет отвечать действительной мощности пласта, а по скв. 2, пройденной на участке с отсутствием оруденения в кровле и подошве пласта, мощность составит всего 3 м, т. е. будет на 40% меньше действительной. Следовательно, в разобранном случае запасы руды, установленные по обоим скважинам, могут оказаться искусственно заниженными на 20%.

Аналогичным способом можно убедиться и в искажении качества руды. Допустим, что обогащенные участки содержат 40% полезного компонента, а безрудные 10%. Зная соотношение обогащенных и безрудных участков (1:1), легко рассчитать, что среднее содержание полезного компонента в рудном горизонте должно быть равно $\frac{40+10}{2} = 25\%$, но фактически по скв. 1 будет установлено обогащенных участков 3 м, а безрудных 2 м; тогда среднее содержание составит $\frac{3 \times 40 + 2 \times 10}{5} = 28\%$, т. е. больше истинного на 12 относительных процентов; по скв. 2 обо-

гащенных участков 2 м и безрудных 1 м, следовательно, среднее содержание $\frac{2 \times 40 + 1 \times 10}{3} = 30\%$, т. е. больше истинного уже на 20 относительных процентов.

Таким образом, в этих условиях во избежание искажения запасов и их качественной характеристики нельзя искусственно оконтуривать в пределах рудного горизонта только обогащенные участки и отбрасывать безрудную часть; необходимо при подсчете запасов учитывать всю мощность рудного горизонта. При определении среднего содержания нельзя опираться на данные единичных выработок — надо использовать не менее 8—10 выработок.

Кроме того, в охарактеризованных условиях данные буровых скважин всегда искажают содержание полезного компонента, поэтому совершенно необходимо проверять результаты бурения горными выработками.

Иногда при подсчете запасов пытаются погрешности, допущенные при проведении разведочных работ, исправить искусственными графическими построениями, пересчетами с применением «взвешиваний» и т. п. К таким погрешностям разведки относятся, например, неполное пересечение мощностей рудных тел, которое, во-первых, не дает возможности достаточно точно определить запасы месторождения, а во-вторых, не позволяет приступить к его отработке, так как нескрытая часть рудного тела может быть потеряна. Ясно, что никакие графические построения или пересчеты не могут здесь исправить положение. Вообще трудно привести примеры, когда искусственные построения и пересчеты могут исправить упущения в разведочных работах, поэтому от применения их лучше воздержаться. Необходимо уже в начале разведочных работ ставить и решать весь комплекс вопросов, связанных с изучением месторождения, подсчетом запасов и правильной промышленной его оценкой.

ГЛАВА VIII

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТУРОВ РУДНЫХ ТЕЛ ЗА ПРЕДЕЛАМИ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК

К отработке месторождений обычно приступают не ожидая окончания детальной разведки всех его запасов. Да и вряд ли целесообразно требовать детальной разведки всех запасов месторождения до начала отработки, так как это неизбежно приведет к значительной задержке их освоения. Поэтому к моменту составления технических проектов отработки и тем более к моменту ввода месторождения в эксплуатацию чрезвычайно важно иметь правильную прогнозную оценку общих запасов месторождения и его масштабов, полученную на основе изучения геологии месторождения, его генезиса и структурных особенностей.

Оконтуривание запасов низких перспективных категорий C_1 и C_2 , подлежащих в дальнейшем детальной разведке, обычно проводят за пределами разведочных выработок, используя фактические материалы детально разведанных участков месторождения и экстраполируя эти данные на прилегающие площади, на которых, по геологическим соображениям, можно ожидать промышленное оруденение.

К. Л. Пожарицкий указывает на то, что высокая степень производственного риска в горной промышленности цветных, редких металлов и золота в основном связана с возможностью крупных ошибок в определении перспективных неразведанных запасов C_1 и C_2 . Погрешность при подсчете разведанных запасов кат. A_2 и B иногда может являться причиной невыполнения месячных и даже годовых планов предприятий, но случаи, когда запасы этих категорий подсчитаны с такими грубыми ошибками, что месторождение в целом получает неверную промышленную оценку и не оправдываются капиталовложения в строительство горного предприятия, представляют редкое исключение. Следовательно, необходимо быть особенно осторожным при оценке и оконтуривании запасов кат. C_1 и C_2 , чтобы избежать переоценки перспектив месторождения.

В то же время нельзя рекомендовать и чрезмерную осторожность. Перестраховка при оценке запасов кат. C_1 и C_2 может привести к неполному вскрытию перспектив месторождения, неполному использованию сырьевых ресурсов и «замораживанию» последних.

Особенно важна правильная оценка глубины оруденения. В прошлом при оценке глубины оруденения исходили из ряда неправильных с современной точки зрения положений. В частности, при отработке медных, свинцово-серебряных и некоторых других месторождений интересовались только обогащенными участками зоны окисления или зоной вторичного обогащения, которая распространяется на ограниченную глубину.

Отрицательную роль сыграла неверная геологическая теория немецкой школы о происхождении руд из нисходящих растворов метеорных вод. Согласно этой теории, естественно было предполагать обеднение и выклинивание руд на небольшой глубине. Например, долгое время незаслуженным доверием пользовались способы экстраполяции Гувера. По его мнению, основанному, по утверждению автора, на статистической обработке материалов нескольких сот рудников, менее 6% месторождений давали доход на глубинах ниже 600 м. «...Из доходных рудников 80% не указывали промышленных запасов ниже 450 м, а печальное большинство умирало выше 150 м». Даже в пределах детально разведанных запасов Гувер проявляет чрезмерную осторожность и считает «доказанными» запасы только в полосках, непосредственно примыкающих к выработкам, а запасы середины оконтуренного горными выработками блока он выделяет в группу «вероятных»

запасов. Такой сверхосторожный подход при подсчете запасов нельзя признать правильным.

При оценке оруденения глубоких горизонтов необходимо учитывать, что при сохранении благоприятных структурных условий и благоприятного состава вмещающих пород нередко наблюдается стойкое сохранение минерального состава месторождений на большую глубину. Это подтверждается на примере ряда глубоких рудников, в которых структура с глубиной не изменяется. На руднике С. Жен Дель Рей в Бразилии промышленное содержание золота без изменения сохраняется до глубины более 1,5 км; на золотом руднике Колар в Индии, на Материнской жиле в США, на медных рудниках Верхнего Озера в Северной Америке, на золотом руднике Бендиго в Австралии при качественном сохранении минералогического состава происходит очень медленное обеднение руд ценным компонентом при опускании горных работ на большие глубины. На руднике Пшибрам (Богемия), достигшем глубины около 1300 м, с глубиной руда обогащается кварцем, беднеет свинцовым блеском и обнаруживает следы олова, но промышленное содержание металлов в руде сохраняется.

Примерами многих жильных месторождений золота, олова, вольфрама, молибдена и большого количества линзообразных крутопадающих залежей (уральские колчеданные линзы) подтверждается выдержанность состава руд на значительную глубину. Исключительной выдержанностью состава руд на глубину отличаются магматические (инъекционные) залежи и жилы медно-никелевых руд среди ультраосновных пород.

Известны, однако, примеры и более быстрого изменения состава руд с глубиной, и эти изменения необходимо также учитывать.

В мировой литературе описано много случаев, когда месторождение дало в несколько раз больше руды, чем подсчитано так называемых «видимых» запасов. Многие рудники, имеющие, по последним подсчетам, запасы руды на 3 года, имели аналогичные запасы и 10 и 20 лет назад, хотя в течение этих лет они интенсивно эксплуатировались. Примерами могут служить почти все крупнейшие долго разрабатывавшиеся рудники на западе США, особенно рудники Бьют, Кёур д'Элен, Парк Сити, Тинтик, Криппль-Крик, Бисби, Клифтон, Моренси, Глоб, Джером, Кана-неа, а также большинство крупных медных и свинцовых рудников мира. Достаточно примеров может быть приведено и по отечественным месторождениям. Все это указывает, с одной стороны, на возможность более смелого подсчета запасов кат. C_1 и C_2 , а с другой, — на необходимость более тщательного изучения структур месторождений и их генезиса, на необходимость широкого использования глубокого структурного бурения, составления детальных структурных карт и использования геофизических методов разведки для более обоснованного суждения о пер-

спективах как отдельных месторождений, так и рудных полей и районов.

Во многих случаях оконтуривание и подсчет запасов низких категорий C_1 и C_2 производят в пределах выработок, расположенных по редкой разведочной сети, недостаточной для уверенного отнесения запасов к более высоким категориям. В этих случаях при оконтуривании используют приемы и способы, описанные выше; поэтому здесь эти приемы не разбираются.

При оконтуривании и подсчете запасов за пределами разведочных выработок могут быть использованы следующие основные приемы экстраполяции:

геологические, морфологические, геофизические, статистические и геометрические. Основные принципы этих приемов изложены В. И. Смирновым в его работе «Подсчет запасов минерального сырья» (Госгеол-издат, 1950).

Геологические приемы. Эти приемы экстраполяции являются самыми убедительными, и во всех случаях следует стремиться пользоваться именно ими.

Основой для использования этих приемов служат детальные геолого-структурные карты и материалы по изучению геологических и геолого-структур-

ных факторов, контролирующих оруденение. К таким факторам относятся: 1) смена фаций; 2) смена структур; 3) смена вмещающих пород.

1. Смена фаций. Для сингенетических, преимущественно осадочных, месторождений граница внешнего контура часто совпадает с границей смены фаций. Если это совпадение установлено и если имеются фациальные профили, внешний контур проводится по линии смены продуктивной фации на фации непродуктивные. Определение контура по смене состава пород можно рассмотреть на примере месторождения известняков и доломитов, один из участков которого изображен в плане на рис. 73.

На этом месторождении доломиты, развитые в южной и юго-западной его частях, к северо-востоку постепенно переходят в известняки. Смена состава пород установлена по скв. 356. Поэтому северо-восточная граница площади подсчета запасов также проходит через эту скважину и следует вдоль линии смены доломитов известняками.

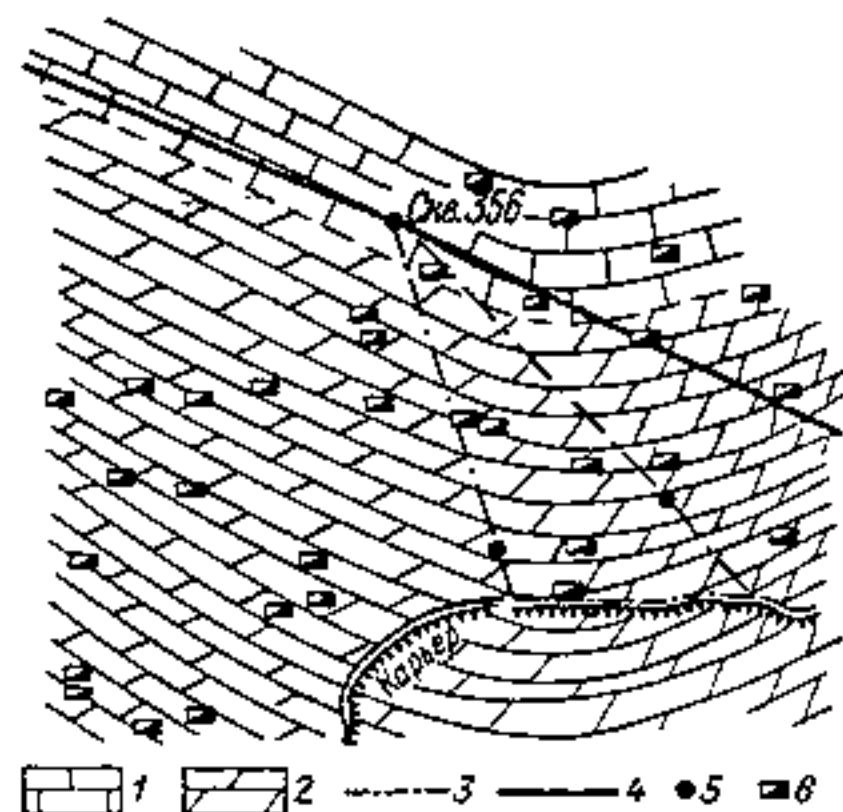


Рис. 73. Проведение контура площади подсчета запасов по границе смены фаций (по В. И. Смирнову)
1—известняки; 2—доломиты; 3—контур запасов кат. A_2 ; 4—контур запасов кат. В; 5—буровые скважины; 6—шурфы

2. Смена благоприятных структур. Для некоторых месторождений внешний контур можно проводить по смене благоприятных структур. Лучшим примером определения площади подсчета

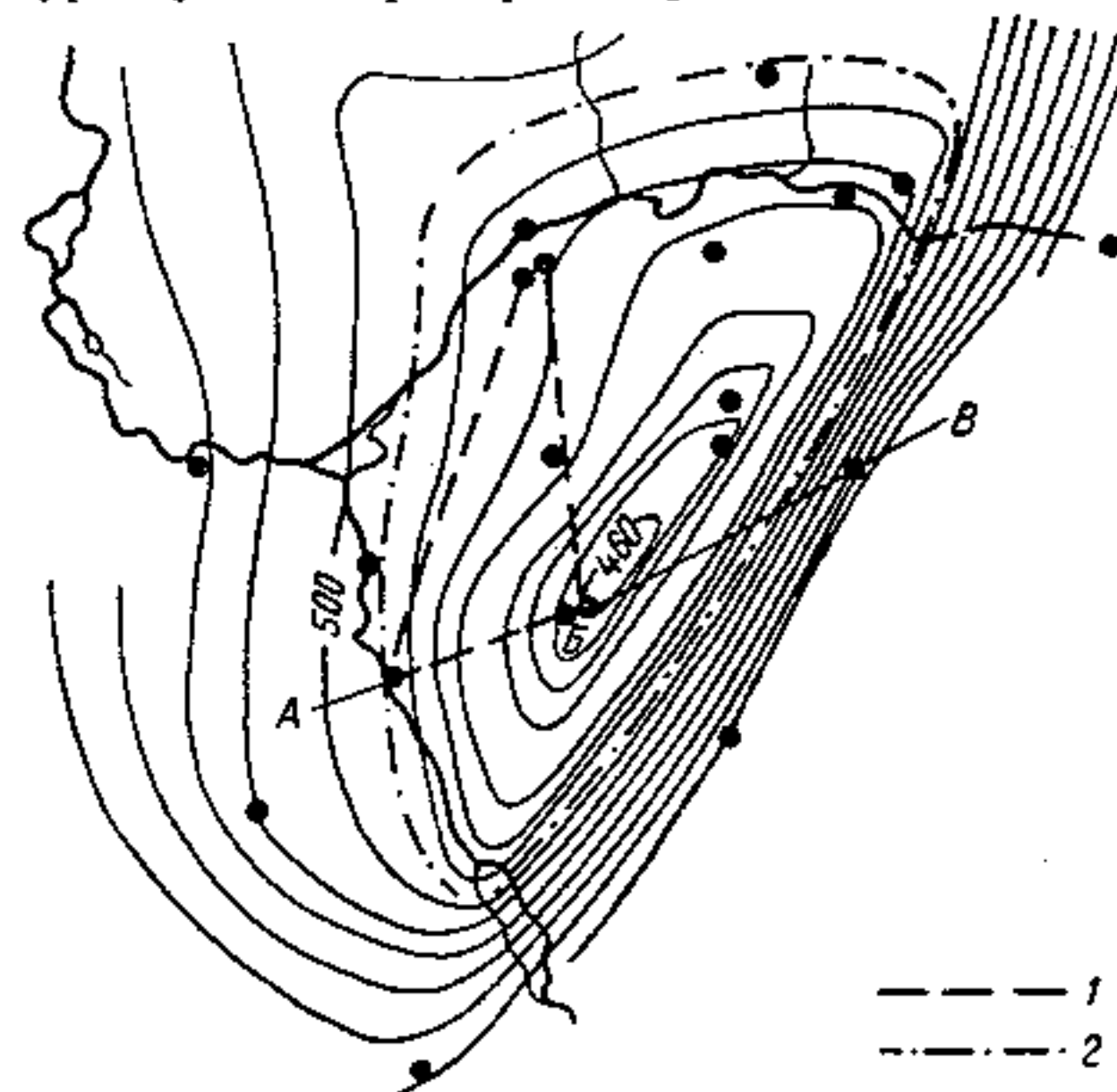


Рис. 74. Оконтуривание площади для подсчета запасов на нефтяном месторождении по стратонизогипсам маркирующего горизонта (по В. И. Смирнову)
1—контур запасов кат. A_2 ; 2—контур запасов кат. В

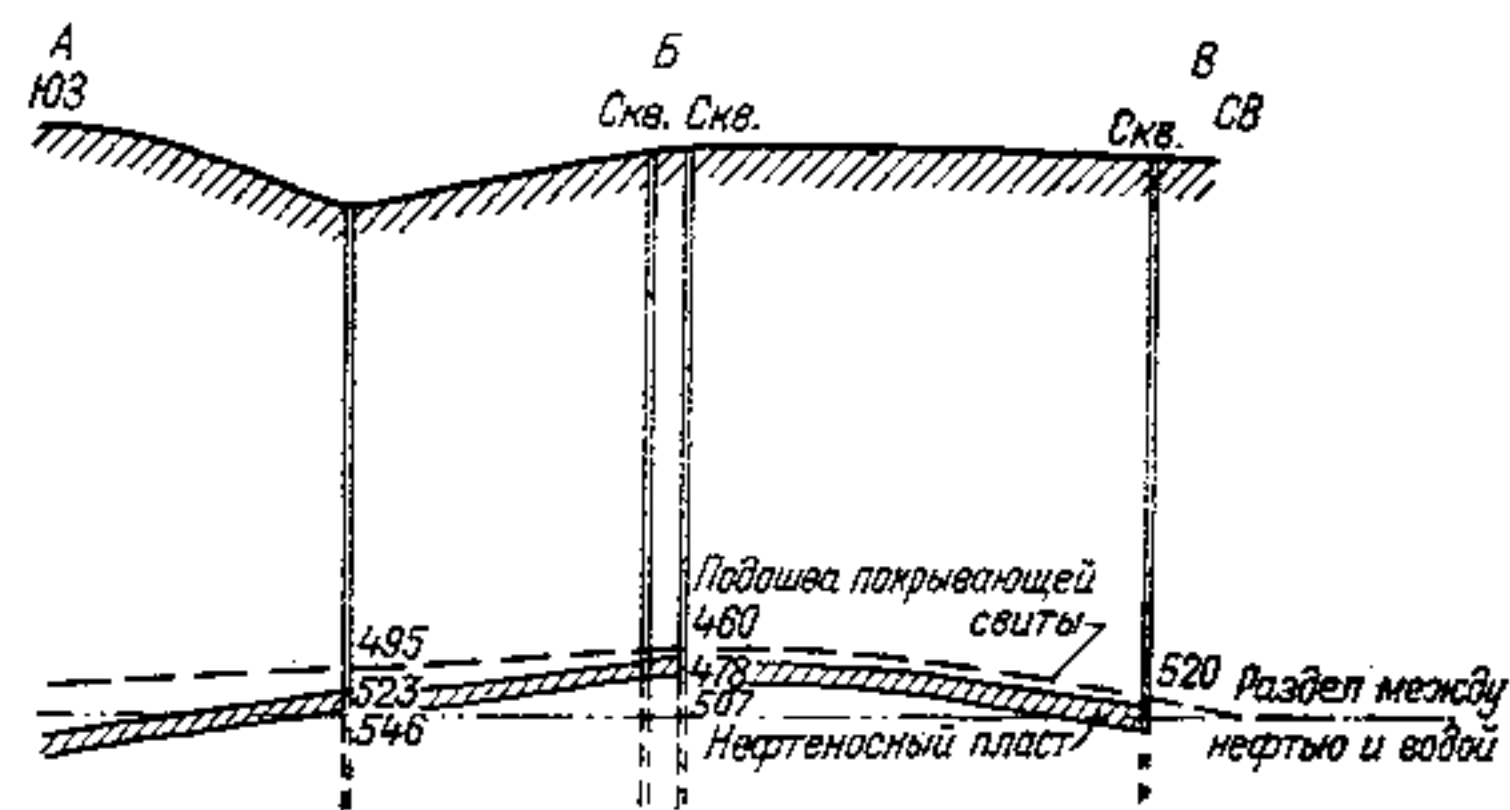


Рис. 75. Схематический разрез по линии АВВ к карте месторождения, приведенной на рис. 74

запасов по контурам геологической структуры может служить схема подсчета запасов нефтяного месторождения, структурная карта которого приведена на рис. 74, а разрез — на рис. 75.

Система изогипс маркирующего горизонта, расположенного в кровле залежи, отображает куполообразную структуру месторождения (см. рис. 74). Контуры площади подсчета запасов проведены в строгом соответствии с изогипсой 500, ограничивающей распространение нефти на склонах купола.

Как для сингенетических тел, так и для эпигенетических месторождений границей внешнего контура могут служить крупные сбросы или надвиги, срезающие тела полезных ископаемых. Примером может служить одно из полиметаллических месторождений Алтая, схема которого приведена на рис. 76. В данном

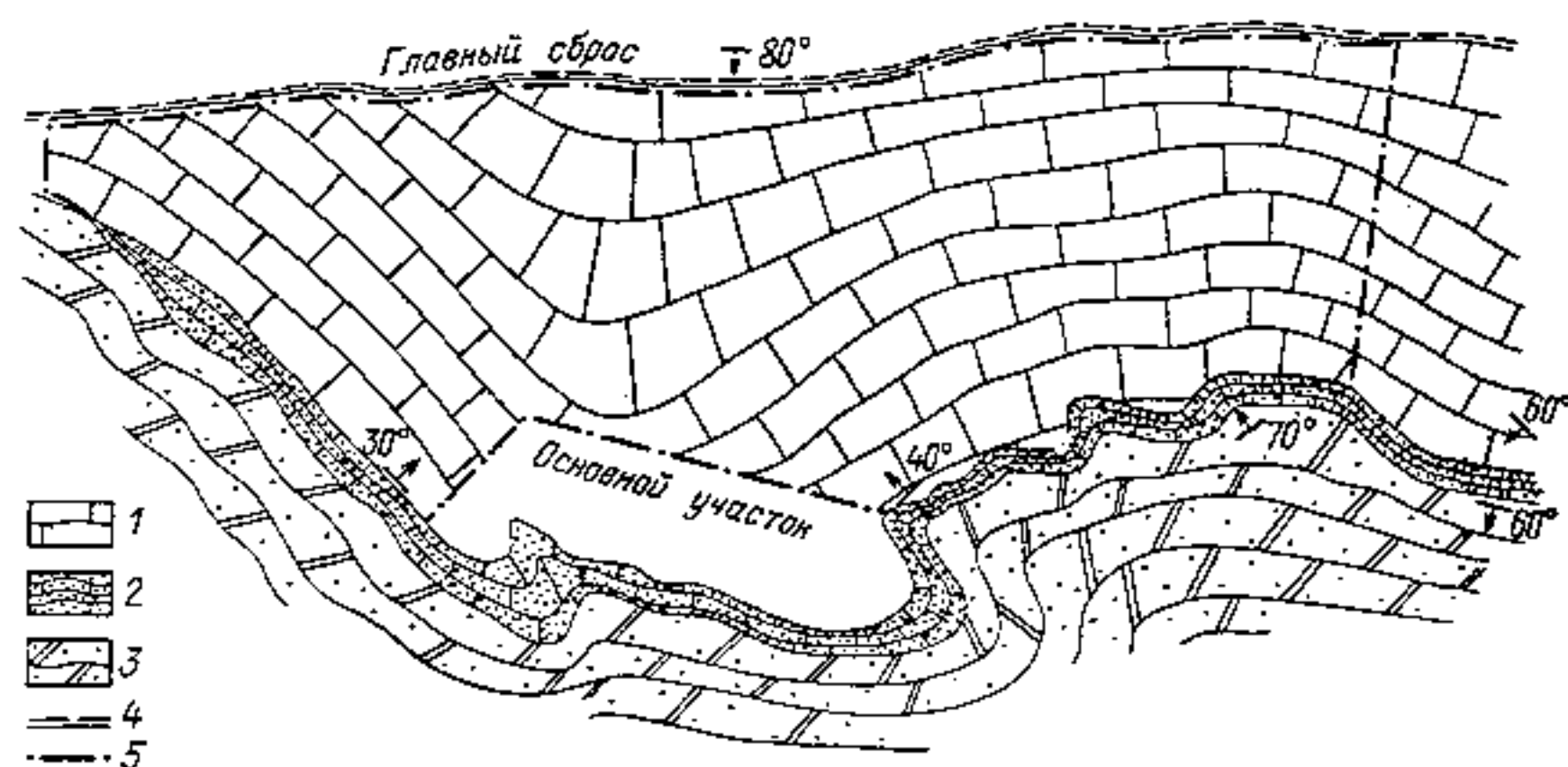


Рис. 76. Схематический план геологического строения полиметаллического месторождения

1 — известняки верхние с песчаниками и аргиллитами; 2 — серые рудоносные известняки; 3 — песчаники; 4 — сброс; 5 — контур подсчета запасов кат. С₂

случае оруденение приурочено к горизонту серых известняков, залегающих на толще песчаников и согласно перекрытых толщей известняков с песчаниками и аргиллитами. Рудоносные известняки полого погружаются в северо-северо-западном направлении, где проходит так называемый Главный сброс. К моменту подсчета запасов достаточно детально был разведан только Основной участок. Остальная площадь месторождения была охвачена детальной геологической съемкой масштаба 1 : 10 000. Детальная разведка Основного участка показала, что площади с промышленной концентрацией руд занимают примерно 30%. Эти данные были положены в основу подсчета запасов кат. С₂ на всей площади от линии выхода горизонта серых рудоносных известняков на дневную поверхность до Главного сброса, за пределами которого наличие оруденения не установлено.

Тектонические нарушения, выводящие к поверхности отдельные участки рудных тел, иногда способствуют определению глубины оруденения и помогают более обоснованно оценить перспективные запасы. Так, на одном из полиметаллических место-

рождений (рис. 77) установлено, что южное крыло жилы поднято относительно северного ее крыла на несколько сот метров. В южной части жилы вскрыто промышленное оруденение, аналогичное оруденению северной части. Следовательно, есть все

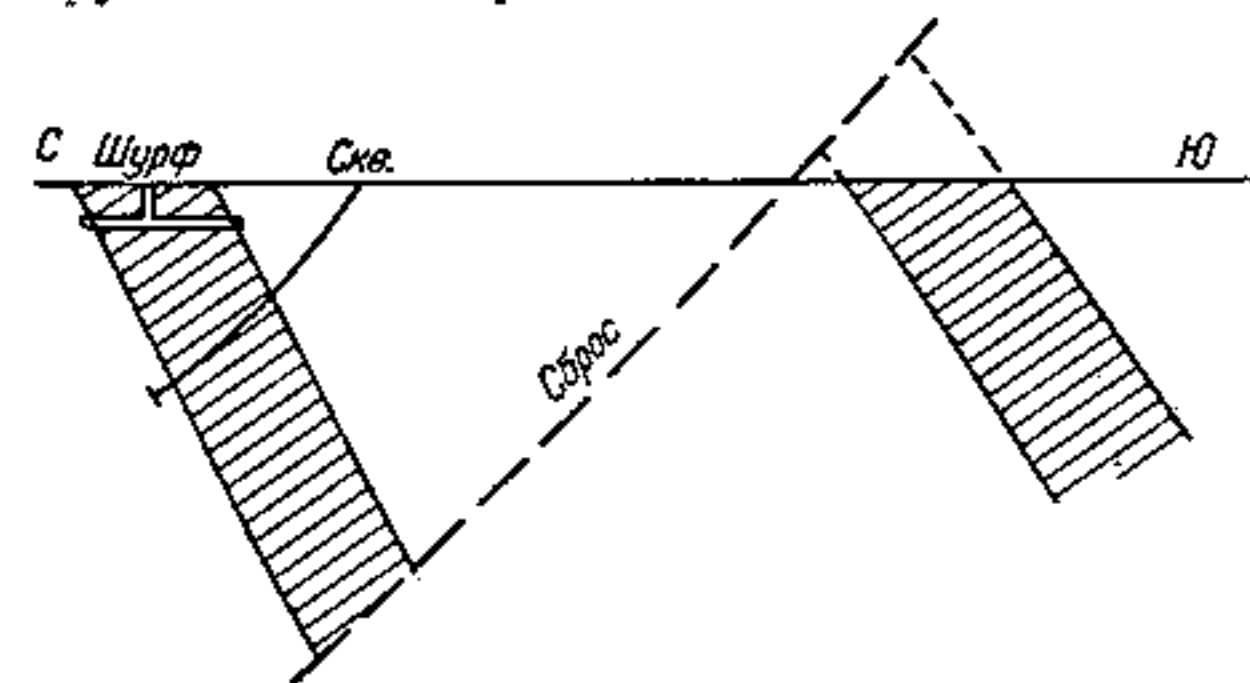


Рис. 77. Использование структурных особенностей месторождения для определения глубины залегания рудного тела

основания предполагать, что в северной части жилы оруденение сохранится, по крайней мере, до глубины сброса, как показано на рис. 77.

3. Смена пород, благоприятных для локализации руд, породами неблагоприятными может быть также использована для проведения внешнего контура подсчета запасов.

На рис. 78 изображен разрез рудного месторождения,

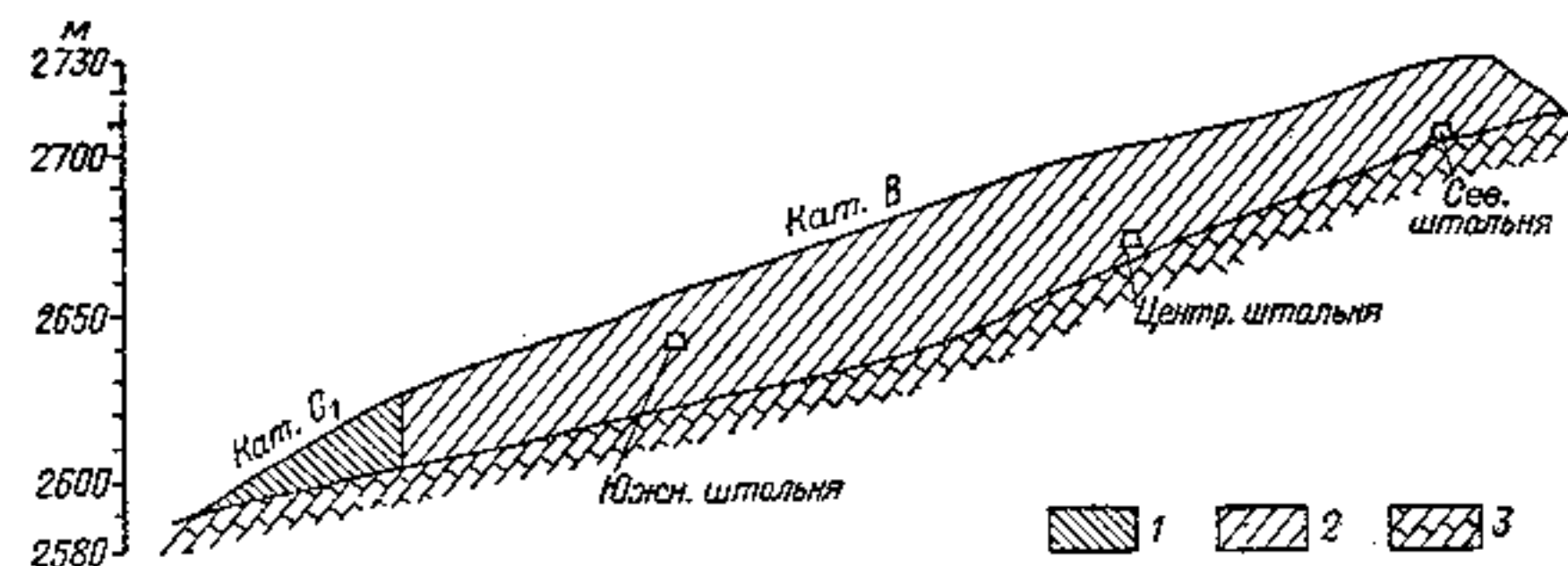


Рис. 78. Оконтуривание рудной жилы на продольном профиле по смене оруденелых конгломератов подстилающими их безрудными известняками (по В. И. Смирнову)

1 — блоки запасов кат. С₁; 2 — блоки запасов кат. В; 3 — подстилающие безрудные известняки

в основании которого залегают известняки. На крутопадающих и размытых пластах известняков полого залегает толща конгломератов, причем и конгломераты и подстилающие их известняки прорезаны параллельными трещинами, вдоль которых породы раздроблены. В пределах зон дробления, сопровождающих выдержанные тектонические трещины, конгломераты насыщены руд-

после интрузии и является хорошей рудой. Но как только трещина переходит в подстилающие известняки, руда выклинивается. Поэтому естественной границей рудной жилы на глубине является линия контакта известняков с перекрывающими их конгломератами.

Другим примером может служить месторождение, схема которого представлена на рис. 79.

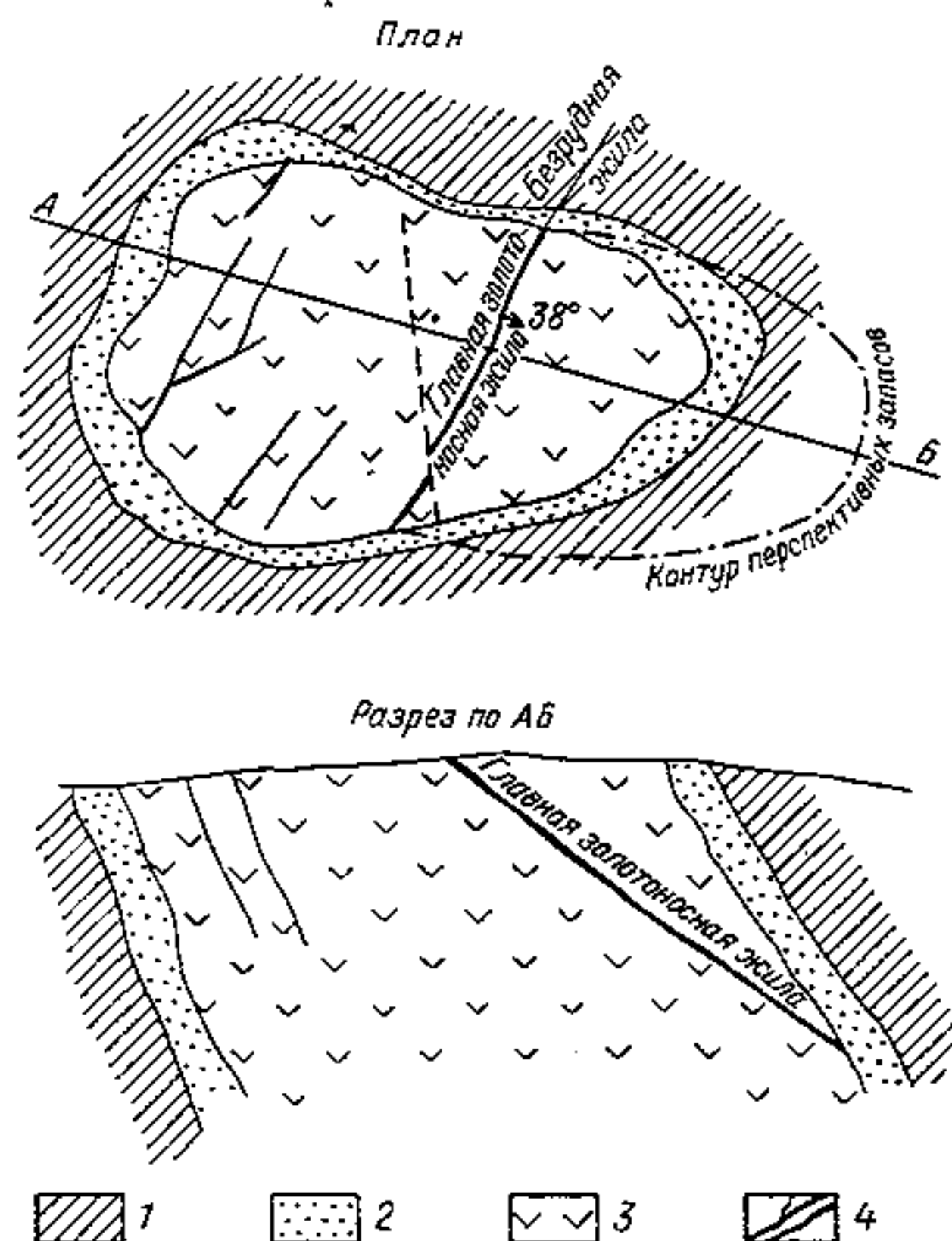


Рис. 79. Схема определения перспективных запасов по смене благоприятных пород (по А. А. Кренигу, К. А. Пожарицкому и А. А. Розину)

1—сланцы; 2—роговики; 3—диориты; 4—золотоносные кварцевые жилы

Среди сланцевой толщи имеется интрузив диорита овальной формы, окруженный ореолом роговиков. Интрузив имеет склонение к востоку. Диорит пересечен системой мелких и одной довольно мощной золотоносной кварцевой жилой, приуроченной к трещине скалывания. Разведка с поверхности установила, что, как правило, мелкие кварцевые жилы не выходят за пределы ореола роговиков. Трещина главной золотоносной кварцевой жилы в южном конце теряется в сланцах; в северном конце, пе-

реходя из диорита в роговики и сланцы, кварцевая жила делается маломощной и убогой.

По общей совокупности геологических данных можно предполагать, что переход из диоритов в роговики и сланцы является для жилы критическим. Главная кварцевая жила имеет выдержанное падение к востоку под углом $35-40^\circ$. Очевидно, на некоторой глубине она выйдет из диорита и перейдет в роговики и сланцы. Конечно, не исключена возможность, что на глубине в роговиках и сланцах жила сохраняет промышленную ценность. Но гораздо вероятнее, что она при переходе из диорита в роговики выклинивается или делается не промышленной. Поэтому контур перспективных запасов по главной жиле на глубине следует проводить по линии ее пересечения с роговиками.

Морфологические приемы. Морфологические приемы проведения внешнего контура в условиях неограниченной экстраполяции основаны на использовании закономерностей в изменении формы тела полезного ископаемого и применимы для залежей, мощность которых отчетливо уменьшается от центра к периферии.

Существует два приема проведения внешнего контура по морфологическим признакам: способ разрезов и способ изолиний.

Проведение внешнего контура по способу разрезов сводится к составлению ряда геологических разрезов тела полезного ископаемого в его разведанной части и к продолжению линий, оконтуривающих тело на разрезах, за пределы внутреннего контура до их полного пересечения. Точки пересечения и будут определять границу внешнего контура. На рис. 80 показан пример определения внешнего контура по способу разрезов для части крутопадающего линзовидного тела. Линза вскрыта горизонтом горных работ и двумя рядами скважин. Продолжение контуров линзы на трех поперечных разрезах за пределы нижнего ряда скважин позволило определить точки выклинивания линзы на глубине. Затем эти точки были перенесены на продольный профиль и по этим данным проведен внешний контур.

Проведение внешнего контура по способу изолиний мощности сводится к экстраполяции системы изолиний мощности тела полезного ископаемого из разведанной части до нулевого контура, который и будет являться внешним контуром. Пример проведения внешнего контура по способу изолиний мощности показан на рис. 81.

Другой пример оконтуривания рудных тел способом изолиний показан на рис. 82. Месторождение представлено линзовидными залежами оруденелых пород, приуроченными к куполообразным поднятиям сланцев в контакте с туфогенными породами лежащего бока. Сланцы служили экраном для поднимающихся руденосных растворов. Разведочными работами установлено, что рудные купола несколько вытянуты в северо-западном направлении.

ны и что наиболее богатые руды залегают в центрах куполов среди туфов, непосредственно под сланцами. По мере удаления от сланцев (при углублении горных выработок и буровых скважин) содержание золота и сульфидов падает.

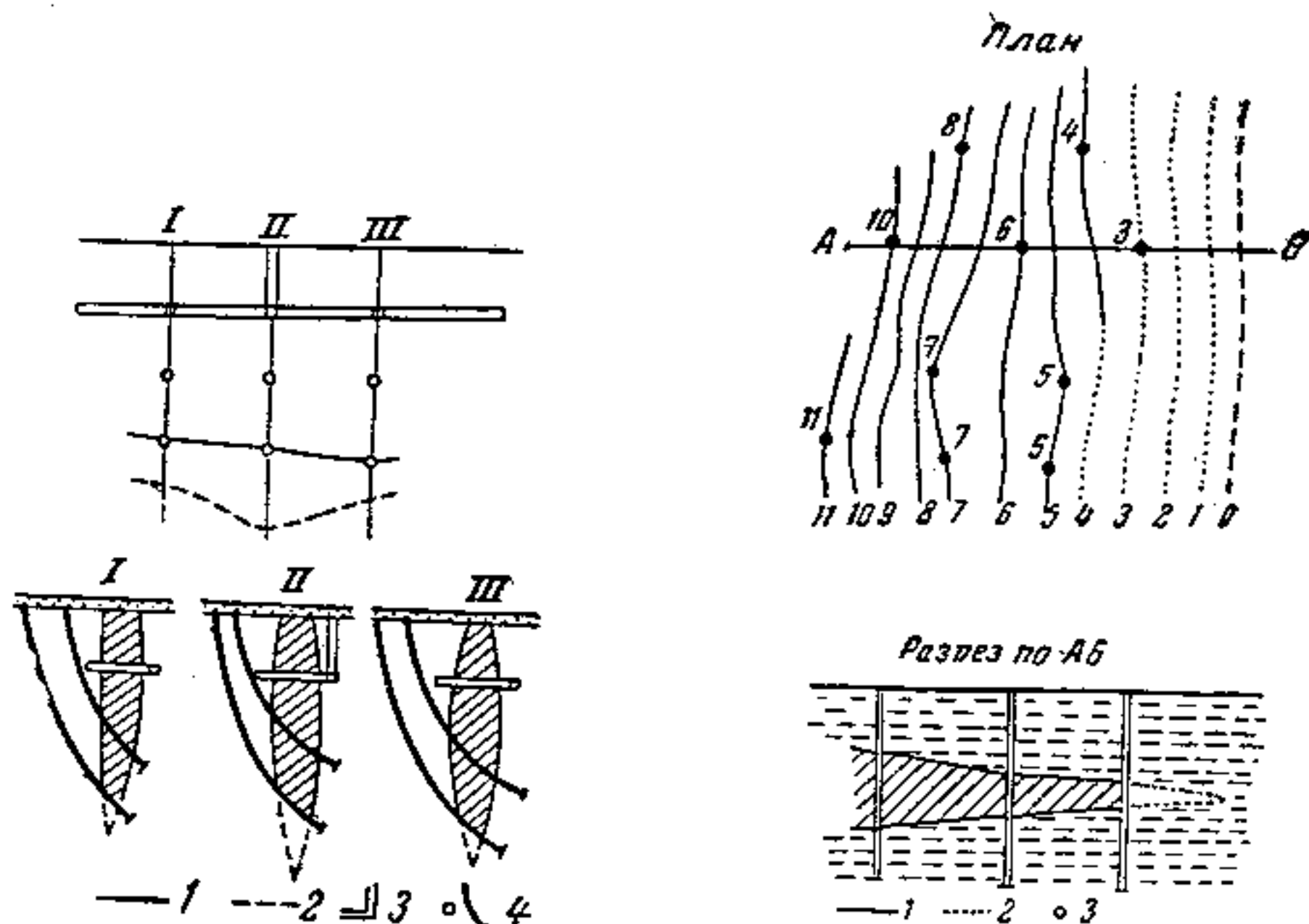


Рис. 80. Проведение внешнего контура рудного тела по способу разрезов (по В. И. Смирнову)
1—внутренний контур; 2—внешний контур; 3—горные выработки; 4—скважины. I, II, III—линии разрезов

Рис. 81. Проведение внешнего контура по способу изолиний мощностей (по В. И. Смирнову)
1—изолинии мощности, построенные по данным разведочных выработок; 2—изолинии мощности, экстраполированные за пределы разведочных выработок; 3—скважины (цифры показывают вскрытую мощность залежи в метрах)

В юго-западной, мало разведанной части месторождения тремя скважинами была пересечена новая рудная линза. План с изображением кровли показал, что на месте этих трех скважин также намечается куполообразное поднятие сланцев, а следовательно, условия залегания вскрытой линзы аналогичны ранее разведанным и разрабатываемым рудным телам. Путем экстраполяции изолиний кровли сланцев определены границы купола. В контурах намечающегося купола подсчитаны весьма значительные запасы кат. С₂.

На рис. 82 схематически показаны изолинии кровли отдельных рудных линз разведанного восточного рудного поля и предполагаемые контуры юго-западной линзы.

При оконтуривании запасов россыпных месторождений морфологические приемы применяются наиболее широко. Так, например, внешний контур часто изображают не прямыми линия-

ми, а плавными кривыми, с учетом общей конфигурации долины, как показано на рис. 83. При наличии в россыпи четко выраженной струйчатости обогащенные участки можно оконтуривать особо и запасы их подсчитывать отдельно.

Геофизические приемы. Эти приемы оконтуривания подробно рассматриваются в специальных работах. Здесь следует лишь указать, что эти приемы основаны на использовании результатов

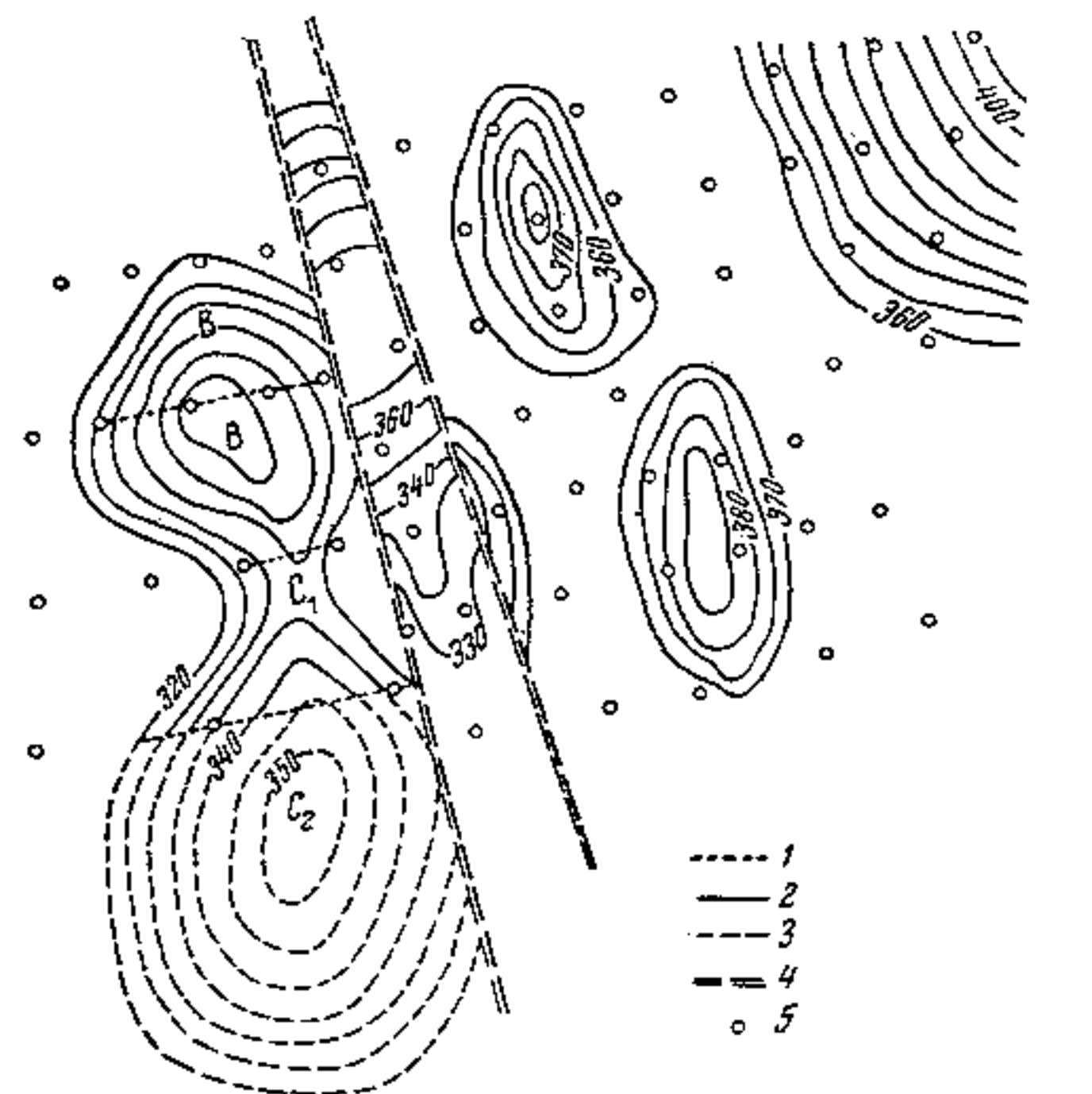


Рис. 82. Схема определения контура перспективных запасов по способу изолиний (по А. А. Кренигу, К. Л. Пожарицкому и А. А. Розину)

1—границы блоков; 2—изолинии кровли; 3—предполагаемые изолинии кровли; 4—линия сбросов; 5—буровые скважины

геофизических исследований и могут быть с достаточной для подсчета запасов точностью применимы для оконтуривания месторождений целого ряда полезных ископаемых. Так, например, для месторождений магнетитовых руд с успехом используются данные магнитометрической съемки, проверенные бурением или горными работами. Результаты электропрофилирования используются для установления границ распространения слюдоносных пегматитов, залежей колчеданных руд и др. Ценные результаты дает оконтуривание по способу заряженного тела.

Статистические приемы. Эти приемы оконтуривания большей частью применяются на действующих рудниках и требуют тща-

тельного анализа и обработки фактических материалов. К этим приемам относятся следующие:

1. Определение изменения содержания полезного компонента с глубиной и распространение этих данных на неразведанные участки. Закономерное изменение содержания полезных компонентов наблюдается, например, на некоторых редкометальных месторождениях и месторождениях золота. В этих случаях сопоставляют фактические данные по отдельным эксплуатационным

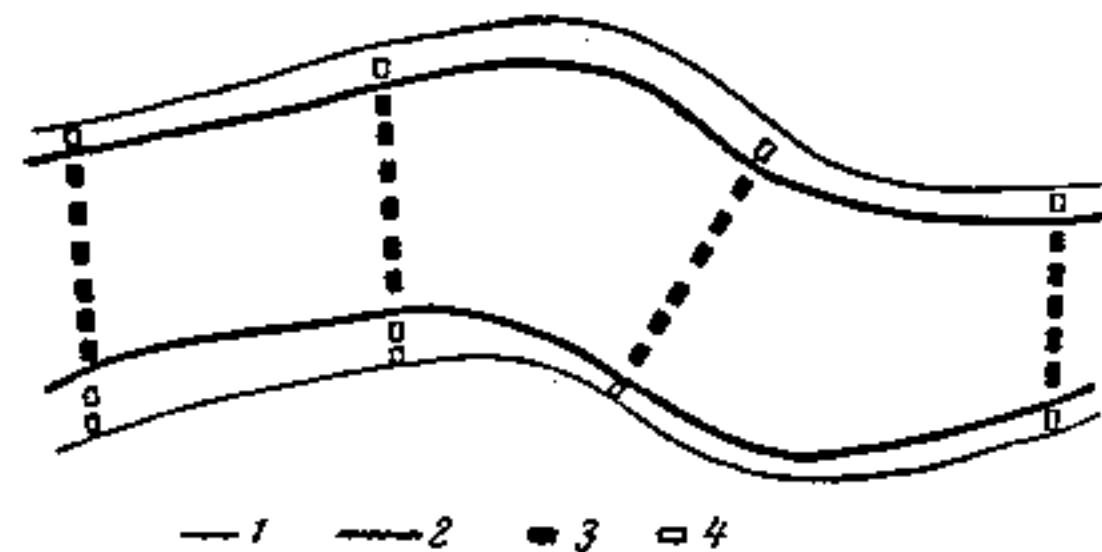


Рис. 83. Схема оконтуривания россыпи с учетом морфологии долины

1—контур долины реки; 2—контур подсчета запасов; 3—выработки с промышленной концентрацией полезного компонента; 4—выработки с непромышленной концентрацией полезного компонента

горизонтам и устанавливают величину снижения или повышения содержания полезного компонента на каждые 10—100 м углубки. Затем путем несложных расчетов определяют глубину ожидаемого выклинивания рудного тела. Иногда падение содержания одного из полезных компонентов компенсируется повышением содержания

другого компонента. Такие случаи имеют место, например, на некоторых вольфрамовых месторождениях, где падение содержания вольфрама с глубиной сопровождается повышением содержания молибдена.

2. Аналогичные сопоставления погоризонтных фактических данных для рудоносных площадей. Иногда можно наблюдать систематическое сокращение или увеличение сечений рудного тела на каждые 10—100 м углубки, что также дает возможность распространить эти данные на определенную глубину.

Для примера разберем рудное поле, приуроченное к синклинали, который представляет собой открытую складку шириной около 4 км. Рудные тела обычно представляют собой небольшие столбообразные залежи, вытянутые по простиранию и приуроченные то к висячему, то к лежащему боку вмещающих их джеспилитов. Отличительной чертой рудных залежей является расчлененность их контуров и наличие многочисленных участков неоруденелого джеспилита внутри рудного контура. Рассмотрим одну из залежей, которая сложена мартитовой рудой, очень плотной, зернистой, с ясно выраженной тонкой слоистостью.

В горизонтальном сечении залежь имеет неправильную линзовидную форму. Мощность линзы колеблется в широких пределах—от 3 до 52 м, составляя в среднем 25—30 м. Протяженность линзы примерно 120—130 м. Падение залежи северо-западное, под углом 46—55°. До глубины 267 м залежь отработана

и оконтурена горными выработками на 15 горизонтах. Средняя мощность залежи по отдельным горизонтам изменяется незначительно. Глубокие горизонты разведаны всего одной буровой скважиной, которая подсекла руду на горизонте 656 м.

Определим возможную глубину выклинивания рудной залежи. Если обратиться к данным замеров площадей по отработанным верхним горизонтам, то можно заметить некоторое увеличение площади сечения залежи от верхнего горизонта (58 м), где она составляет 3467 м², к горизонту 216 м, где она достигает максимума—6762 м². Увеличение площади составляет примерно 20 м² на каждый метр углубки. Ниже горизонта 216 м намечается сокращение площади сечения на 25 м² на метр углубки, и если предположить, что выявленное изменение площади достаточно закономерно для нижней границы залежи, то последняя должна выклиниться примерно на глубине $6762 : 25 = 270$ м от горизонта 216 м, т. е. на горизонте $216 + 270 = 486$ м.

Возможно, что эту залежь на более глубоких горизонтах заменит другая или несколько других залежей, одну из которых и подсекла скважина; поэтому запасы этих новых залежей на более глубоких горизонтах могут быть оконтурены и подсчитаны на основании общих благоприятных геологических предпосылок без привязки их к данной залежи.

3. Определение изменения коэффициента рудоносности на каждые 20—50 м и распространение этих данных на определенную глубину (применяется для гнездовых месторождений, например ртутных).

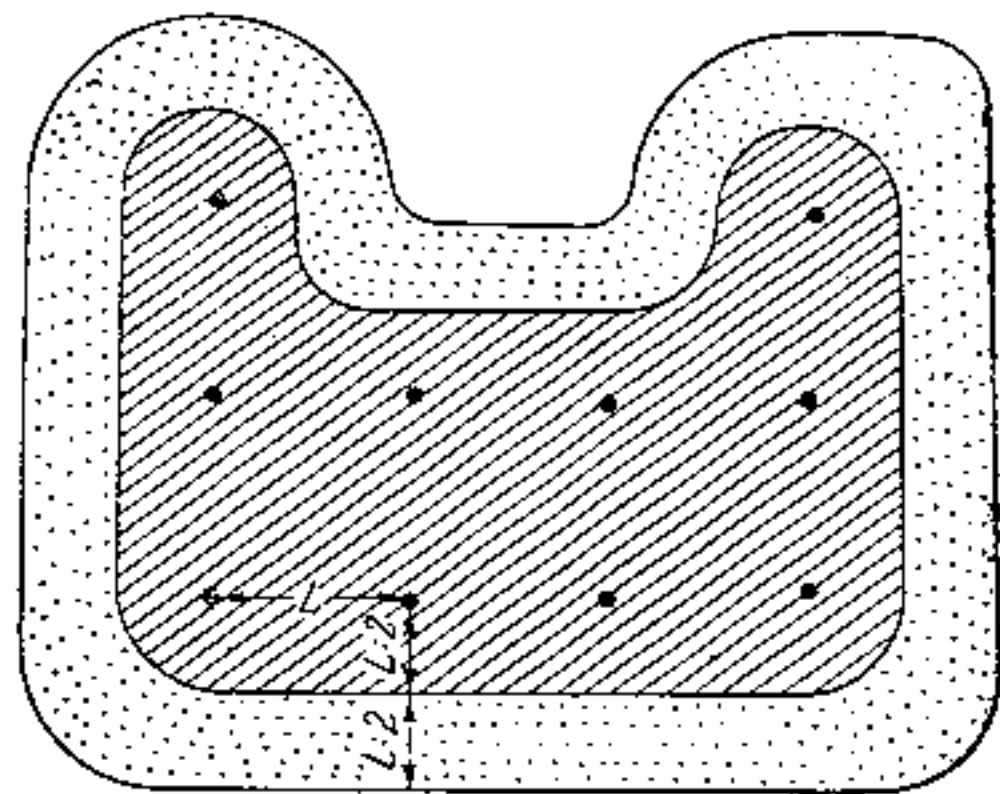
Статистические приемы оконтуривания надо применять с большой осторожностью. Прежде всего необходимо иметь достаточное количество фактических данных, так как в противном случае выводы могут оказаться ошибочными и резко исказить результаты подсчета. Кроме того, необходимо быть уверенным, что наблюдаемое, например, сокращение мощности или падение содержания полезного компонента не является результатом временных местных пережимов оруденения. Поэтому независимо от результатов оконтуривания ожидаемое наличие или отсутствие оруденения следует подтвердить разведочными работами.

Геометрические приемы. Геометрические, или формальные, приемы проведения внешнего контура в условиях неограниченной экстраполяции применяются в тех случаях, когда геологическими или другими приемами оконтуривания воспользоваться невозможно.

Среди геометрических приемов оконтуривания можно выделить следующие основные группы: 1) приемы, опирающиеся на плотность разведочной сети; 2) приемы, опирающиеся на систему отработки; 3) приемы, опирающиеся на размеры вскрытой, известной части рудного тела.

1. При использовании приемов, опирающихся на плотность разведочной сети, внешний контур рудного тела проводится па-

параллельно внутреннему контуру на расстоянии, равном среднему расстоянию (или половине расстояния) между разведочными выработками, принятому для разведки данной категории запасов. Выбор полного расстояния или его половины не регламентируется



1 2 3

Рис. 84. Схематический план оконтуривания рудного тела при использовании геометрических приемов, опирающихся на плотность разведочной сети

1—запасы кат. C_2 ; 2—запасы кат. C_1 ; 3—разведочные выработки. L —расстояние между выработками, принятое для кат. C_1

и зависит главным образом от общих геологических представлений исполнителя о данном типе месторождения. Например, если для разведки пластового месторождения группы a (см. группировку месторождений цветных и редких металлов в главе I) расстояния между скважинами для разведки запасов до кат. C_1 приняты равными L , то экстраполяция подсчетного контура для запасов той же категории за пределы разведочных выработок может быть принята равной $L:2$, как указано на рис. 84. За пределы контура запасов

кат. C_1 на то же расстояние могут быть экстраполированы запасы более низкой категории C_2 . Таким образом общая экстраполяция за пределы разведочных выработок будет сделана на расстояние, равное L .

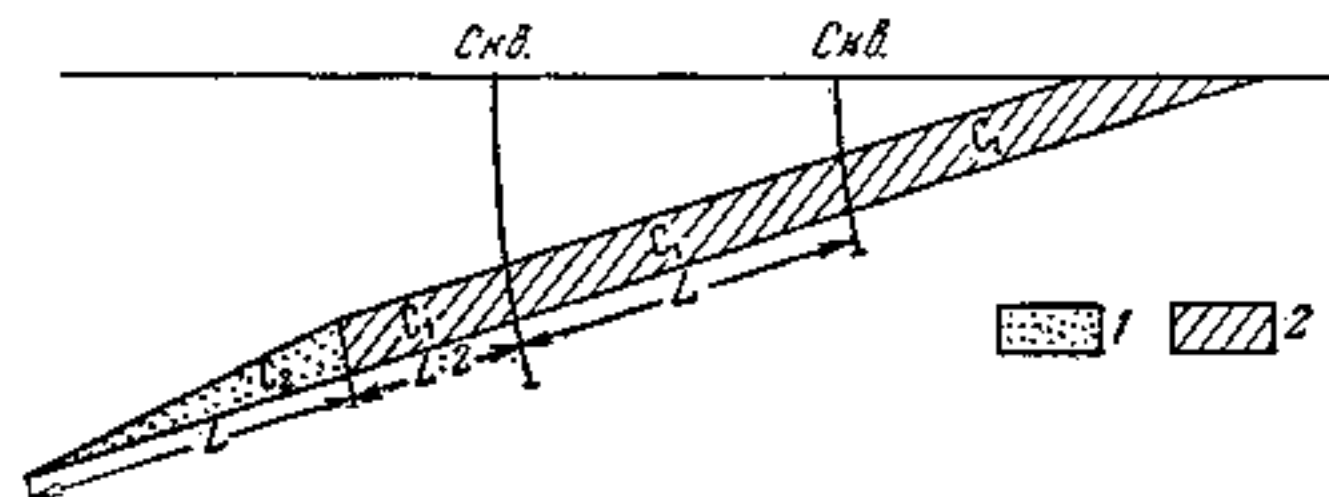


Рис. 85. Схематический профиль оконтуривания рудных тел группы b при использовании геометрических приемов, опирающихся на плотность разведочной сети

1—запасы кат. C_2 ; 2—запасы кат. C_1

Для пологопадающего пластообразного месторождения группы b подсчетные контуры могут быть построены по схеме, приведенной на рис. 85. В данном случае полное выклинивание предполагается на расстоянии, равном $1,5 L$.

Порядок отнесения запасов в контурах экстраполяции к той или иной категории предусматривается требованиями инструкций ГКЗ и в каждом отдельном случае должен отвечать этим требованиям. Например, для месторождений группы b запасы в контуре экстраполяции за пределами разведочных выработок обычно не могут быть отнесены к той же категории, к которой относятся запасы в пределах разведочных выработок, и общая схема экстраполяции в этом случае должна быть примерно аналогична схеме, приведенной на рис. 86.

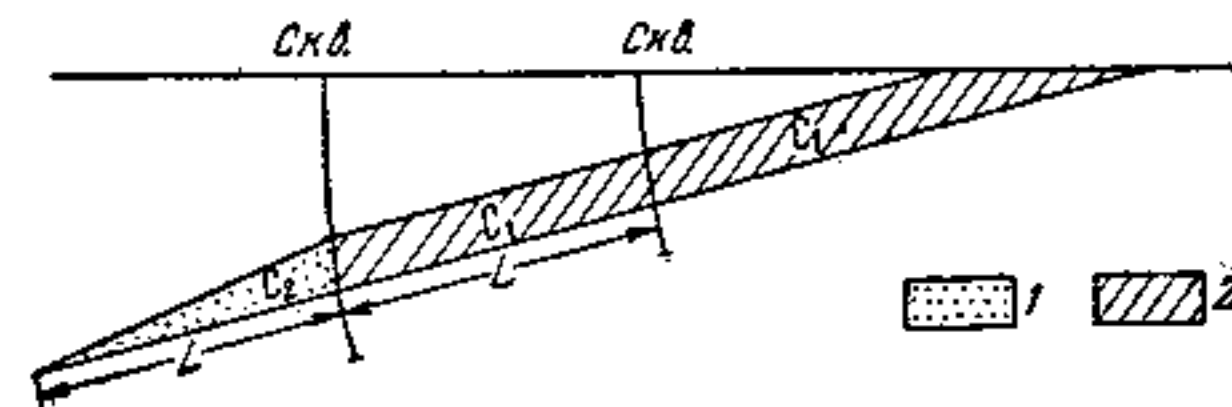


Рис. 86. Схематический профиль оконтуривания рудных тел группы b при использовании геометрических приемов, опирающихся на плотность разведочной сети

1—запасы кат. C_2 ; 2—запасы кат. C_1

Расстояния между разведочными выработками сокращаются от наиболее крупных и простых рудных тел к небольшим и сложным. Следовательно, и расстояния от внутреннего контура, на которые можно распространять экстраполяцию, должны уменьшаться по мере перехода к небольшим и изменчивым рудным телам. Последнее обстоятельство придает описанному приему оконтуривания, по своей сущности очень формальному, видимую убедительность.

2. При использовании приемов, опирающихся на систему отработки, внешний контур рудного тела проводится за пределами внутреннего контура на глубине одного-двух и более эксплуатационных этажей. Для выдержанных месторождений чаще всего производят экстраполяцию на два этажа, для менее выдержанных (например, жильных месторождений редких металлов) — на один этаж. Указанный прием проведения внешнего контура чаще всего применяют на эксплуатируемых месторождениях с установившейся системой отработки. Особенно распространен он при подсчете запасов жильных месторождений, верхние горизонты которых достаточно детально разведаны. Схема проведения внешнего контура в плоскости жилы приведена на рис. 87.

При наличии нескольких вскрытых горными работами горизонтов при определении внешнего контура может быть использована экстраполяция полотном, показанная на рис. 88.

При экстраполяции необходимо максимально использовать имеющиеся фактические данные, тогда во многих случаях чисто

формальные геометрические приемы могут быть значительно улучшены. Так, например, при экстраполяции может быть учтено склонение рудного тела, как показано на рис. 89. В ряде случаев может быть учтена глубина эрозионного среза (рис. 90) или положительные результаты вскрытия рудного тела на глубоких

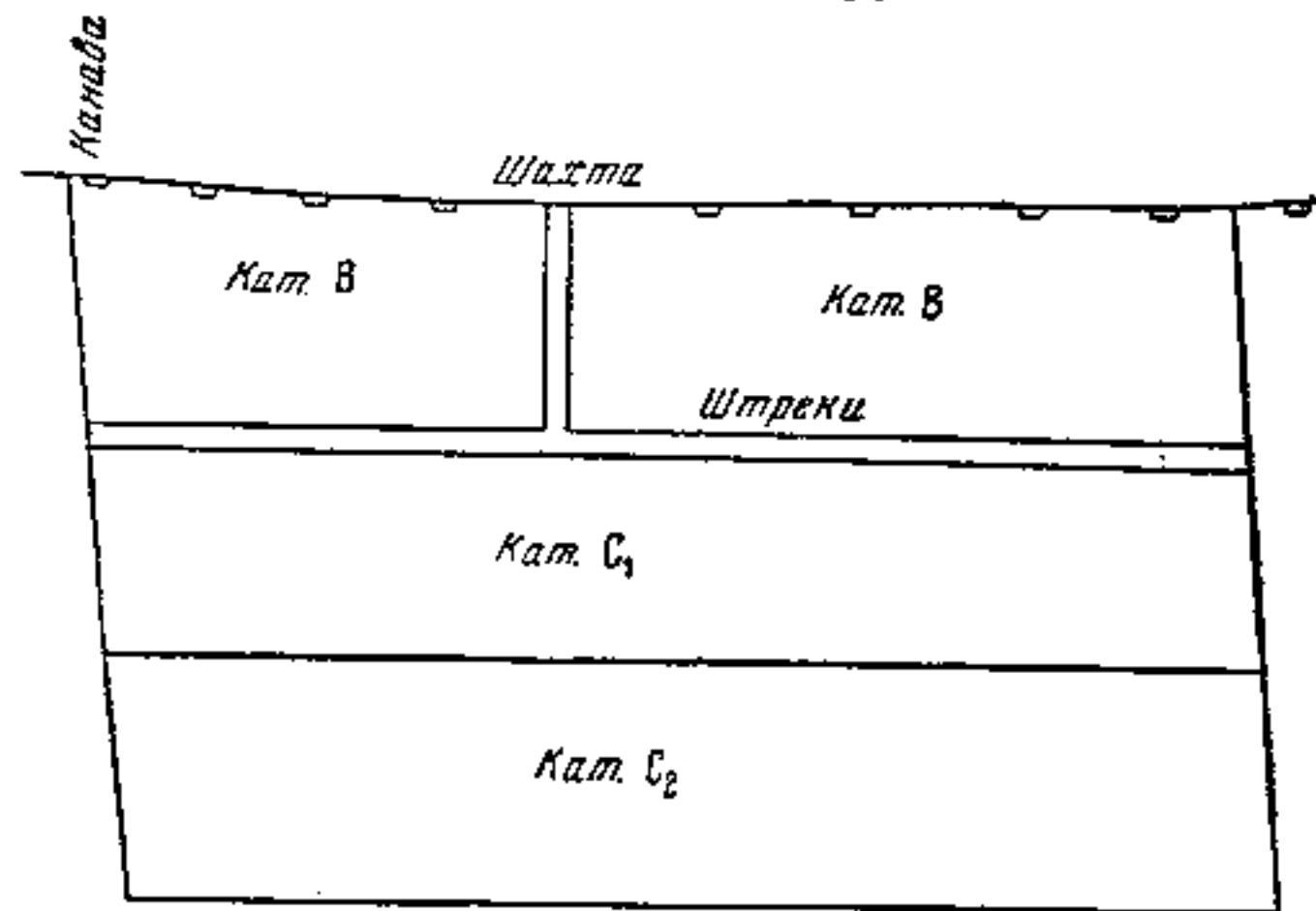


Рис. 87. Схема проведения внешнего контура для месторождений жильного типа

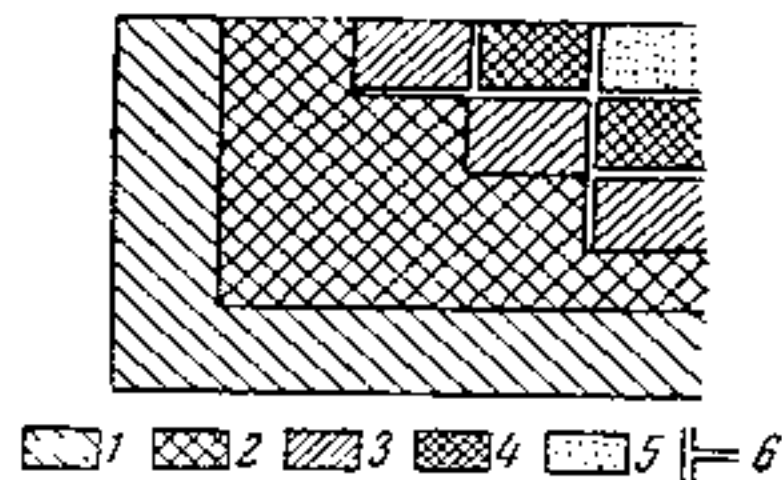


Рис. 88. Оконтурирование запасов, экстраполированных по толщине
1—блоки запасов кат. С₂; 2—блоки запасов кат. С₁; 3—блоки запасов кат. В; 4—блоки запасов кат. А₂; 5—отработанные участки; 6—горные выработки

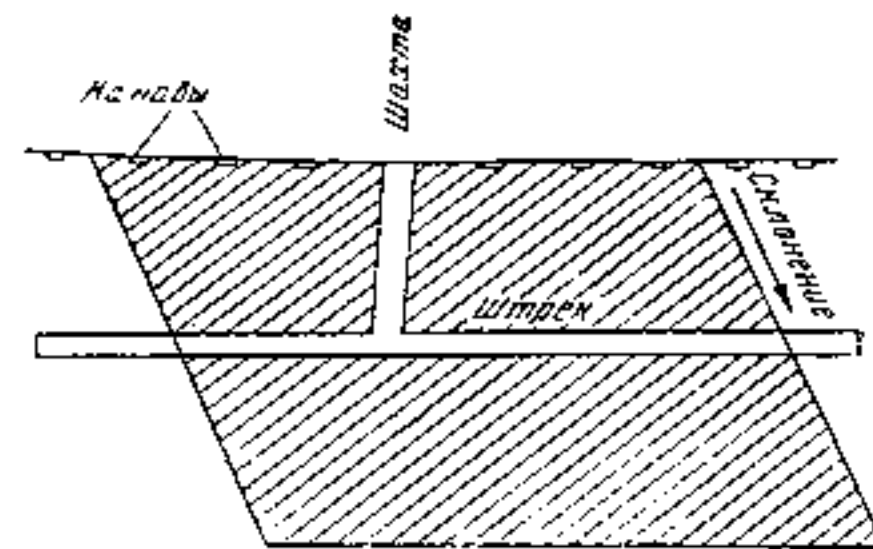


Рис. 89. Схема проведения внешнего контура для месторождений жильного типа с учетом склонения

половине длины рудного тела по простиранию (рис. 92). Видоизменением правила Гувера является проведение внешнего контура по толщине на расстоянии, равном четверти длины рудного тела по простиранию, как показано на рис. 93. Очевидно, что площадь контура будет при этом такая же.

Для изометрических тел (штоки, шпильки, гнезда) внешний контур иногда проводится в виде конуса или полушария, основанием которого служит сечение рудного тела по линии внутреннего контура, а высота (для конуса) или радиус (для полушария) приравнивается половине его среднего поперечного размера.

Описанные приемы являются сугубо формальными. Как правило, они резко занижают размеры рудных тел на ранних стадиях разведки, когда третье измерение (обычно по падению)

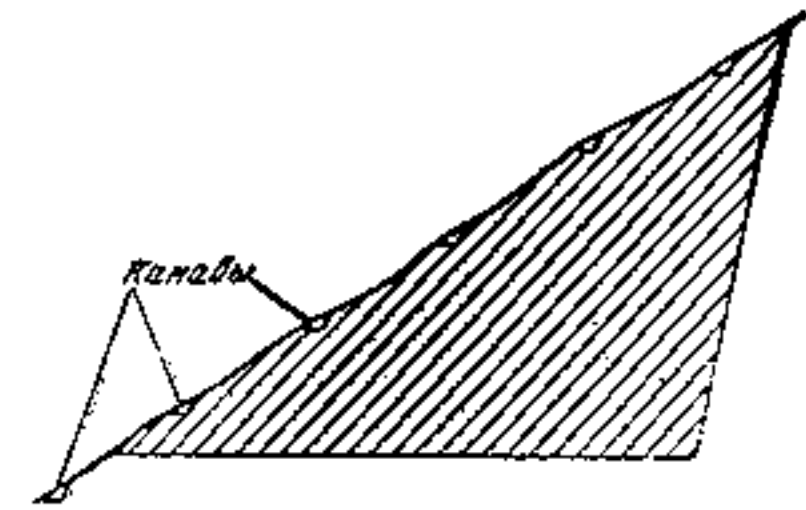


Рис. 90. Схема проведения внешнего контура рудного тела с учетом глубины эрозионного среза

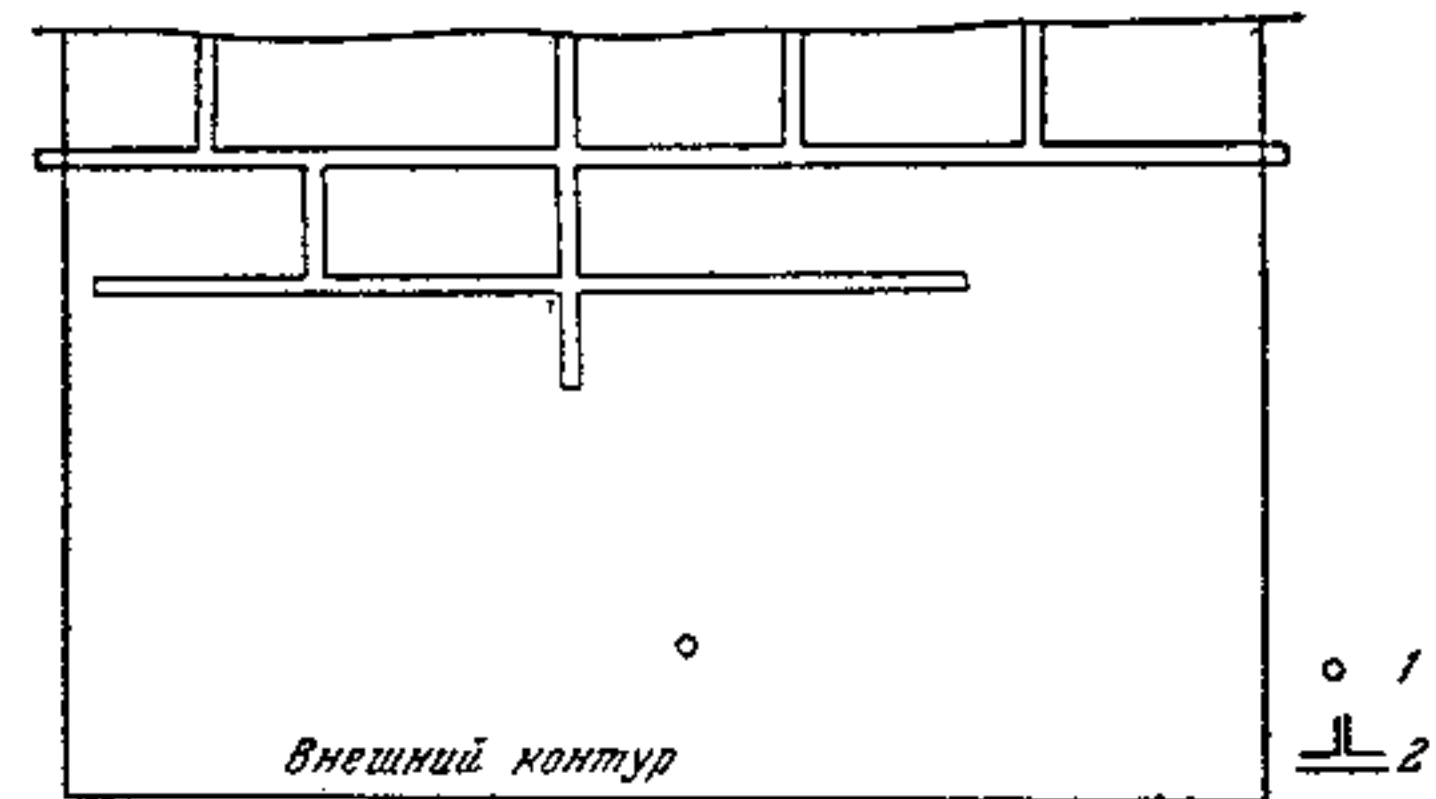


Рис. 91. Схема проведения внешнего контура рудного тела с учетом положительных результатов вскрытия глубоких горизонтов
1—буровая скважина; 2—горные выработки

горизонтах (рис. 91). Необходимо тщательно изучать геологические особенности соседних однотипных месторождений, опыт их эксплуатации и широко использовать метод аналогии.

3. Прием, опирающийся на размеры вскрытой части рудного тела, имеется несколько. Наиболее распространенным приемом является так называемое «правило Гувера», по которому внешний контур рудного тела образует треугольник с высотой, равной

разведано очень слабо, и могут резко зависеть запасы для детально разведанных месторождений, а тем более для месторождений, в значительной части отработанных, когда внутренний контур подходит близко к линии выклинивания рудного тела. В последнем случае нужно всемерно избегать использования этих приемов.

Кроме того, фактические материалы показывают, что нередко случаи, когда рудные тела при протяженности по простиранию

в несколько километров выклиниваются уже на глубине 400—600 м. Имеют место и обратные случаи, когда рудные тела незначительной протяженности по простиранию (200—300 м) прослеживаются на большие глубины (до 600—800 м и более).

Все это показывает, что формальные приемы не должны быть рекомендованы для широкого использования.

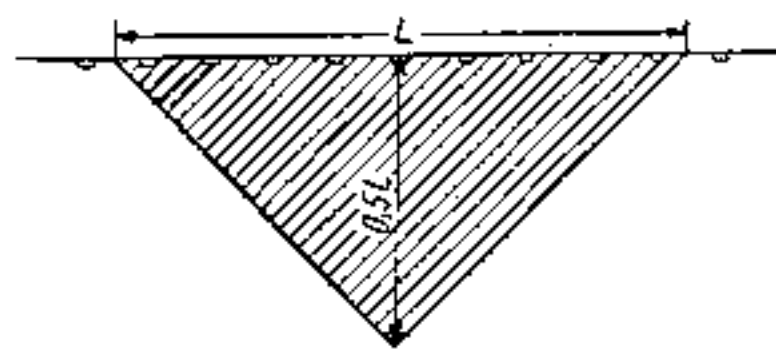


Рис. 92. Схема проведения внешнего контура рудного тела по правилу Гувера

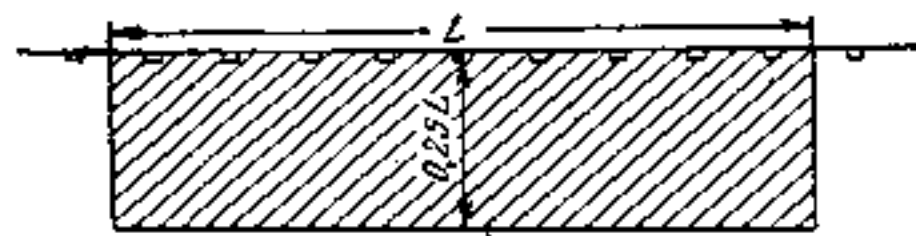


Рис. 93. Схема проведения внешнего контура рудного тела по видоизмененному правилу Гувера

Все описанные выше приемы определения положения внешнего контура предусматривают проведение его по линии выклинивания рудного тела, где мощность равна нулю. В случае, если установлена минимальная рабочая мощность рудного тела, следует проводить внешний контур по линии рабочей мощности. Положение этой линии определяется способами интерполяции, описанными выше. Однако для запасов кат. C_1 и тем более для кат. C_2 переоконтуривание по рабочей мощности в подавляющем большинстве случаев является нецелесообразным.

ГЛАВА IX

ПРИМЕРЫ ОКОНТУРИВАНИЯ ЗАПАСОВ ПО СТЕПЕНИ РАЗВЕДАННОСТИ И КВАЛИФИКАЦИЯ ЗАПАСОВ ПО КАТЕГОРИЯМ

Запасы, оконтуренные в пределах площадей, освещенных разведочными выработками, в общем случае относятся к кат. А и В и только на сложных месторождениях — к кат. C_1 .

Исходя из требований действующей квалификации запасов твердых полезных ископаемых, запасы месторождений должны быть подсчитаны по каждой категории отдельно; при этом для отнесения запасов к той или иной категории необходимо прежде всего выделить и отдельно оконтурить участки месторождения или рудного тела по степени их разведанности. Степень разведанности отдельных участков месторождения или блоков определяется прежде всего густотой разведочных выработок и опробования. Необходимая густота разведочной сети для той или иной категории запасов зависит от сложности геологического строения

месторождения, его масштаба, характера распределения полезных компонентов, типа разведочных выработок и предусмотрена соответствующими инструкциями ГКЗ.

Все возможные варианты расположения разведочных выработок при разведке месторождений вряд ли могут быть предусмотрены, поэтому ниже разбираются только наиболее характерные примеры оконтуривания запасов по степени их разведанности для основных типов месторождений.

Кроме детальности разведки, отнесение запасов к той или иной категории зависит и от других факторов, разобранных выше (технологическая изученность руд, гидрогеологические условия и др.). Поэтому в приводимых примерах учитывается весь комплекс вопросов, связанных с квалификацией запасов по категориям их изученности.

Примеры расположены в порядке возрастающей трудности разведки, в соответствии с приведенной выше группировкой месторождений (см. гл. I).

Пример 1. Геологическое строение месторождения характеризуется развитием почти горизонтально залегающих осадочных пород. Рудовмещающая серия представляет собой комплекс песчано-глинистых пород, ниже которых залегают тонкозернистые песчаники с прослойками темносерых известняков.

Оруденение представлено замещением рудными минералами цемента и зерен аркозовых песчаников, заполнением рудными минералами первичных пор и пустот среди них и реже — заполнением открытых трещин. Рудными минералами первичной зоны являются пирит, халькопирит, борнит и халькозин при подчиненном участии галенита, сфалерита, гематита и блеклых руд. К минералам, типичным для зоны окисления, относятся малахит, азурит, хризоколла и брошантит. Для зоны вторичного сульфидного обогащения типичным минералом является халькозин.

Месторождение состоит из ряда рудных тел, преобладающей формой которых являются пологопадающие пластовые залежи. Площадь промышленного оруденения отдельных залежей достигает 2 км². Глубина залегания их изменяется от 0 до 300 м. Мощность колеблется от 1 до 20 м и в отдельных случаях увеличивается до 40 м.

Разведка месторождения велась в основном колонковым бурением по ромбической и частично по квадратной сеткам с расстоянием между скважинами от 40 до 120 м в зависимости от выдержанности пласта. Направление скважин вертикальное. Измерение искривлений скважин показало незначительные отклонения угла до 3°. Выход керна в среднем составил 85%.

Для наглядности приводим данные по одной из залежей (рис. 94), Оруденение здесь приурочено к двум сближенным пластам серых аркозовых песчаников и представлено почти исключительно первичными сульфидными рудами. Залежь по форме

приближается к пластообразной с неправильными очертаниями контуров в плане. В юго-восточном направлении залежь продолжается за пределы приведенной схемы. Простираание ее северо-западное $320-330^\circ$, падение на юго-запад под углом $3-5^\circ$. Разведанная площадь превышает 400 тыс. м². Промышленная мощность изменяется от 0,7 до 18 м.

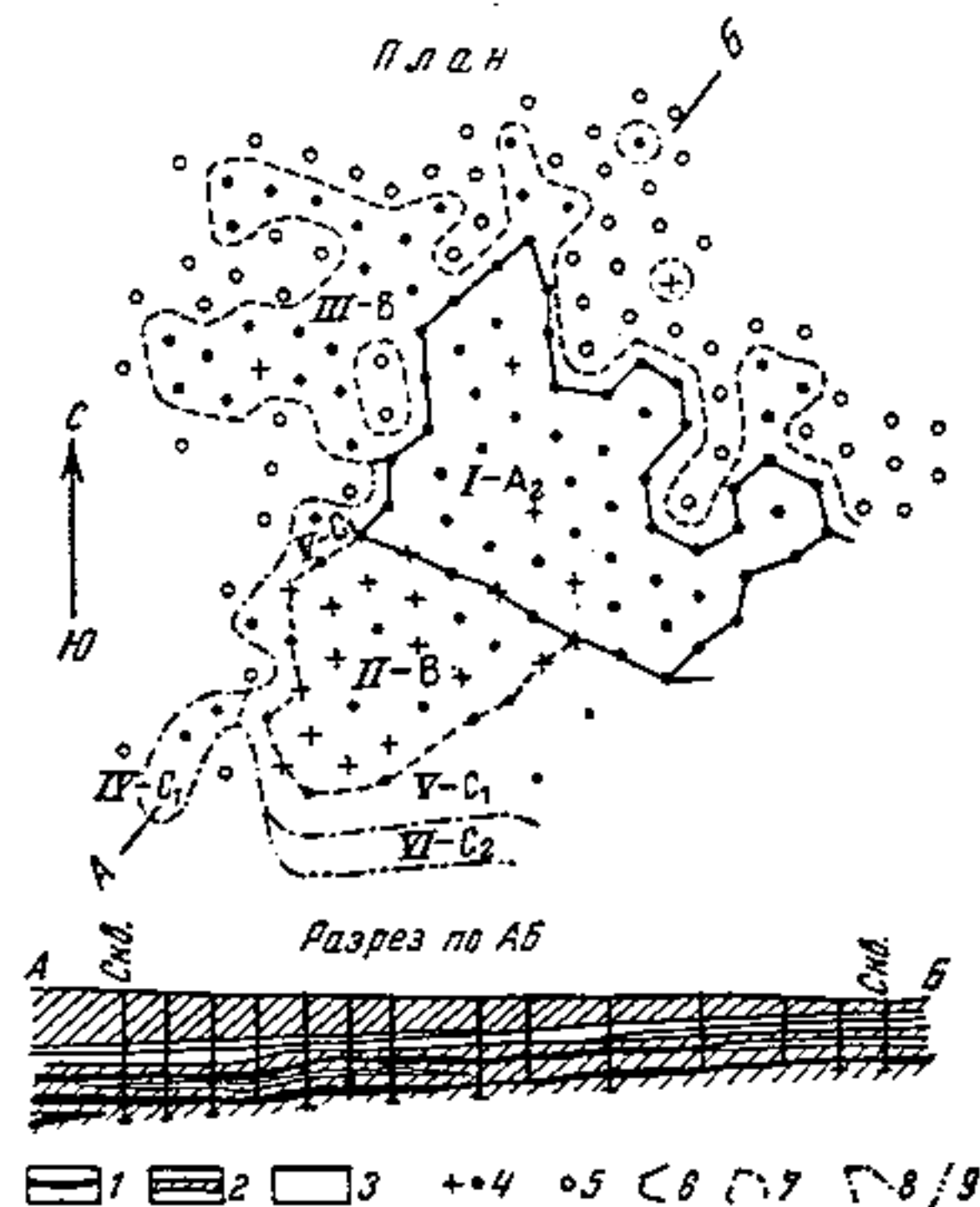


Рис. 94. Схема оконтуривания и подсчета запасов рудной залежи

1—рудные залежи; 2—безрудные красные песчаники и красные сланцы; 3—безрудные серые песчаники; 4—рудные скважины на плане; 5—безрудные скважины; 6—контур запасов кат. А₂; 7—контур запасов кат. В; 8—контур запасов кат. С₁; 9—контур запасов кат. С₂

Разведка залежи произведена колонковым бурением по ромбической сетке с расстоянием между скважинами примерно 80×120 м. Всего пройдено свыше 100 скважин. Подсчет запасов произведен методом геологических блоков. На соседних, аналогичных залежах результаты буровых работ были проверены и подтверждены горными выработками. Это позволило в пределах внутреннего контура центральной части залежи, где сплошность оруденения не вызывает сомнения, квалифицировать запасы по высоким категориям. При оконтуривании центральная часть

залежи была разбита на два подсчетных блока: I—А₂ и II—В. В пределах блока I—А₂ залежь представлена мономинеральными рудами и только три скважины зафиксировали наличие полиметаллического оруденения. По этому блоку подсчитаны запасы основного компонента по кат. А₂. Полиметаллическое оруденение для этой части залежи не характерно, и запасы попутных компонентов не подсчитывались.

В пределах блока II—В более половины скважин показали наличие полиметаллического оруденения, которое в основном приурочено к верхней части рудного горизонта. Однако отдельно и надежно оконтурить в пространстве полиметаллические руды не представляется возможным. В то же время проводить специальные дополнительные разведочные работы и сгущать разведочную сеть с целью уточнения контуров полиметаллических руд нецелесообразно, так как отработка их должна производиться одновременно с основными рудами. Поскольку количество общих запасов не вызывает сомнения, но различные типы руды в пространстве не оконтурены, запасы блока II—В отнесены к кат. В; при этом общие запасы разбиты на запасы мономинеральных и запасы полиметаллических руд. Для определения относительного количества полиметаллических руд использован статистический прием, основанный на соотношении пересеченных скважинами мощностей; полученные данные позволяют предполагать, что полиметаллические руды составляют на данном участке 30%.

В северо-западной части залежи, где контур рудного тела крайне неровный и где в пределах залежи выделяются безрудные участки, запасы квалифицированы по кат. В (блок III—В). К той же категории отнесены запасы, расположенные к северо-востоку от блока I—А₂, в пределах контура, построенного одним из способов экстраполяции между рудными и безрудными скважинами.

К кат. С₁ отнесены запасы блока IV—С₁, как опирающегося только на две скважины, удаленные от основной залежи. Кроме того, к кат. С₁ отнесены запасы блока V—С₁ в пределах экстраполированного контура, оруденение в котором подтверждено несколькими скважинами, пройденными по редкой сети. По категории С₂ подсчитаны запасы блока VI—С₂ в пределах контура, экстраполированного на основании общих геологических указаний о возможном выклинивании данной залежи.

Пример 2. Месторождение имеет пластообразную форму, осложненную складчатостью. Рудное тело залегает согласно с вмещающей толщей пород и падает на юг в среднем под углом 45° . Протяженность залежи по простиранию несколько километров, ширина 0,5—1 км. Строение рудной толщи на различных участках неодинаковое, поэтому в соответствии с геологическими особенностями в пределах месторождения выделены два участка.

Залежь основного участка представлена магнетитовыми и гематитовыми рудами, мощность ее достигает 25—35 м. В результате процессов выветривания на месторождении четко выражена вертикальная зональность — к поверхностной части рудных тел обычно приурочена зона интенсивного загипсования руд мощностью до 5 м с содержанием серы до 14%; до глубины 60—80 м развита зона окисления и ниже — зона первичных руд.

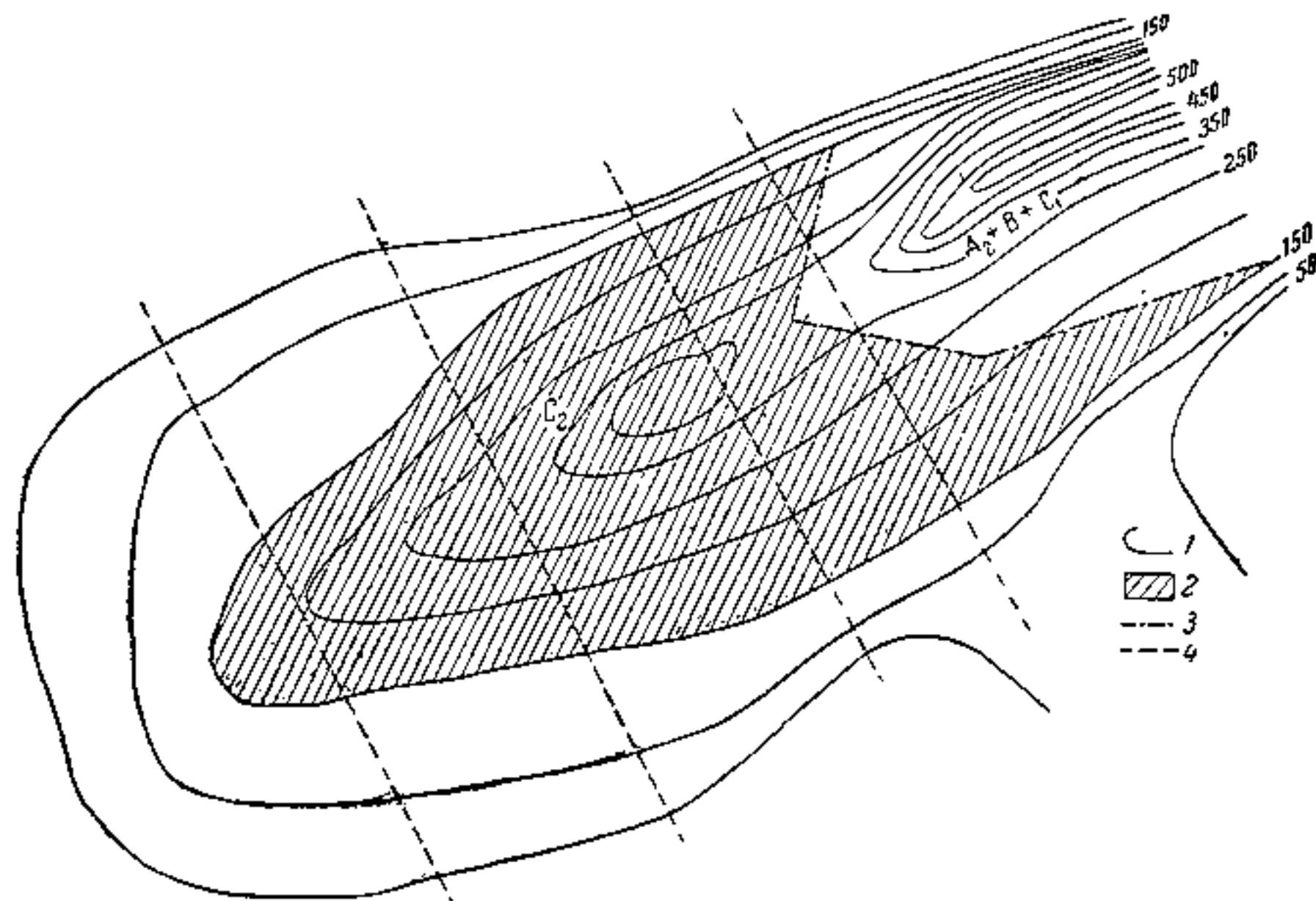


Рис. 95. Схематический план магнитометрической съемки

1—изолинии ΔZ ; 2—площадь участка, на котором запасы квалифицированы по кат. C_2 ; 3—контур детально разведанного участка с запасами кат. A_2+B+C_1 ; 4—линии профилей магнитометрической съемки

С поверхности месторождение разведано канавами и шурфами. Глубокие горизонты разведаны скважинами по сетке 100×75 м для запасов кат. A_2 и 200×150 м для кат. В. Кат. C_1 отнесены запасы участков, разбуренных по более редкой сети.

Наибольший интерес представляет определение запасов кат. C_2 . Для подсчета запасов этой категории использована карта магнитометрической съемки, схема которой приведена на рис. 95. Сравнение данных магнитометрической съемки с геологическими планами детально разведанных участков показало, что изолиния ΔZ 150 гамм примерно совпадает с контуром распространения кондиционных руд. Это дало основание для оконтуривания запасов кат. C_2 использовать результаты магнитометрической съемки и подсчитать запасы в пределах контура изолинии ΔZ

150 гамм и выше. Мощность рудного тела и качественная характеристика приняты по аналогии с детально разведанной частью рудной залежи.

Пример 3. Рудная залежь представлена пластом бурых железняков, приуроченных к горизонту нижнего карбона. В результате пострудных размывов нижнемелового и четвертичного периодов, затронувших около 80% рудоносной площади, сплошность рудного пласта нарушена, и он расчленен на несколько сравнительно небольших линз площадью от 26 до 168 тыс. м². В пределах каждой линзы рудный пласт не выдержан ни по мощности, ни по качественному составу. Мощность колеблется от 0,5 до 2,8 м, содержание железа — от 20 до 57% и кремнезема от 5,5 до 38%. Подошва рудного пласта неровная, и на коротких расстояниях глубина ее от поверхности земли изменяется от 5 до 15 м. Подстиляется рудный пласт в основном глинами и песками. В кровле также залегают пески и глины.

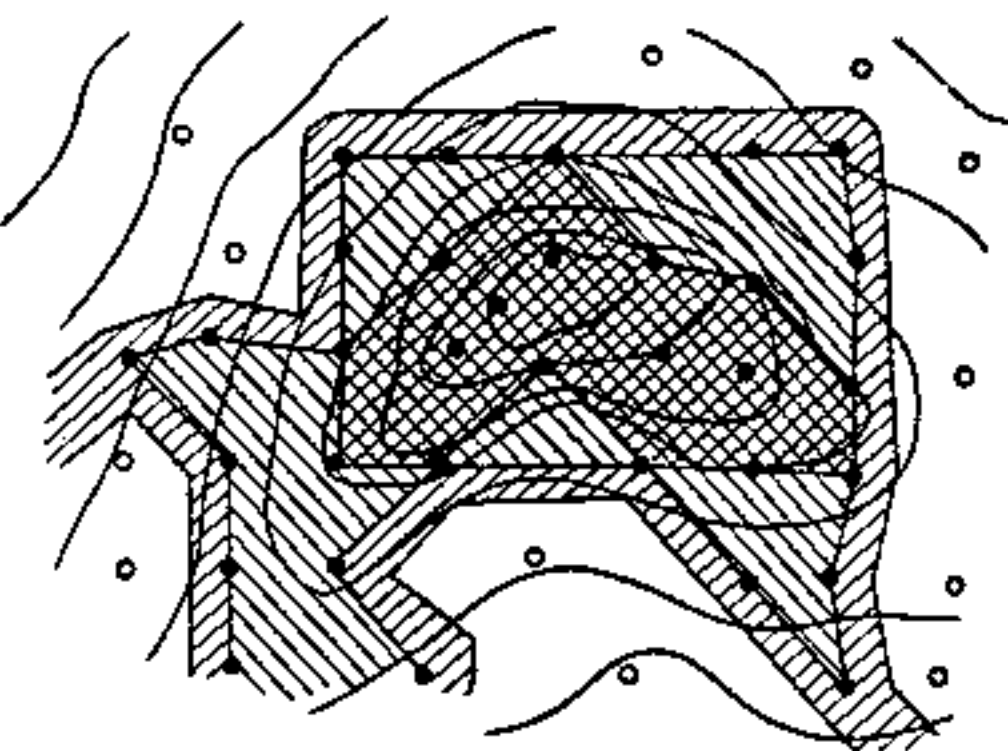


Рис. 96. План части железорудной залежи
1—запасы категории A_2 ; 2—запасы кат. В; 3—запасы кат. C_1 ; 4—разведочные выработки, вскрывшие рудное тело; 5—безрудные разведочные выработки; 6—горизонтали поверхности

Детальная разведка залежи произведена по 100-метровой квадратной сетке скважинами ручного бурения, шурфами и дудками. На отдельных участках разведочная сеть сгущена путем проходки разведочных выработок в центрах квадратов основной сетки. Запасы руды подсчитывались методом геологических блоков с оконтуриванием рудных залежей и подсчетных блоков на плане, часть которого приведена на рис. 96.

Внутренний контур проведен по разведочным выработкам, вскрывшим рудный горизонт. Внешний контур построен по способу среднего угла выклинивания. В пределах внутреннего контура рудное тело разбито на несколько участков с отнесением запасов к кат. A_2 и В. При разбивке на участки различных категорий учитывалась степень разведанности, обводненность и общая изученность участка. По кат. A_2 квалифицированы запасы внутри контура разведочных выработок на площади с разведочной сеткой, сгущенной до 70 м, где характер изменчивости рудного пласта прослежен штреками. Кроме того, эта часть залежи приурочена к повышенной части рельефа, где рудный пласт залегает выше уровня грунтовых вод и отработка его не связана с организацией специального водоотлива.

К кат. В отнесены запасы остальной внутриконтурной части залежи с аналогичной разведанностью, залегающие ниже уровня грунтовых вод. Для отработки этой части залежи необходима организация водоотлива, что требует дополнительного изучения гидрогеологических условий и определения водопритоков в будущие выработки. Запасы, расположенные между внутренним и внешним контурами, отнесены к кат. С₁. Средняя мощность залежи в пределах каждого подсчетного контура определена как среднеарифметическое. Среднее содержание железа и остальных компонентов вычислено как среднее взвешенное на мощность.

В приведенном примере при квалификации запасов допущено некоторое отступление от изложенных выше общих принципов. Учитывая, что разведочная сеть соответствует кат. А₂ и отнесение запасов к кат. В в пределах внутреннего контура связано только с недостаточной изученностью гидрогеологических условий отработки залежи, запасы приконтурной полосы в основном следовало отнести к кат. В, за исключением участков, на которых внешний контур залежи экстраполирован. Правильность этого положения вытекает из того, что исходные параметры для определения запасов в пределах приконтурной полосы опираются на значительное количество контурных выработок (на чертеже — более двадцати), обеспечивая достаточную точность подсчета. Внешний контур залежи может быть уточнен только при ее отработке, и специальных разведочных работ для этой цели и для перевода запасов из кат. С₁ в кат. В производить не следует.

Пример 4. Рудная зона месторождения магнетитовых руд приурочена в основном к известнякам и вытянута в меридиональном направлении. Общая ее протяженность достигает 1150 м. Угол падения изменяется от 35 до 85°. Средняя мощность составляет 210 м. По падению рудная зона прослежена в центральной части до 500 м.

Разведка месторождения с поверхности осуществлялась проходкой канав через 50 м с последующим ступенчатым их до 10—25 м. Кроме того, по тем же разведочным линиям и также через 50 м было пройдено значительное количество шурфов и для разведки глубоких горизонтов — буровых скважин. В среднем месторождение разведано на глубину до 250 м с подсечением рудных тел по падению через 40—100 м. Схематический план части залежей и схема подсчетных разрезов приведены на рис. 97 и 98.

В соответствии с установленными кондициями на содержание железа в руде, на плане и разрезах в пределах рудной зоны выделены отдельные неправильной формы залежи с промышленным содержанием железа, между которыми оказались бедные руды и рудные скарны.

Вследствие сложного характера оруденения данные буровых скважин не дают возможности квалифицировать запасы по кат. А₂. Для изучения характера оруденения и подтверждения сплошности рудных тел, а также для отбора представительных

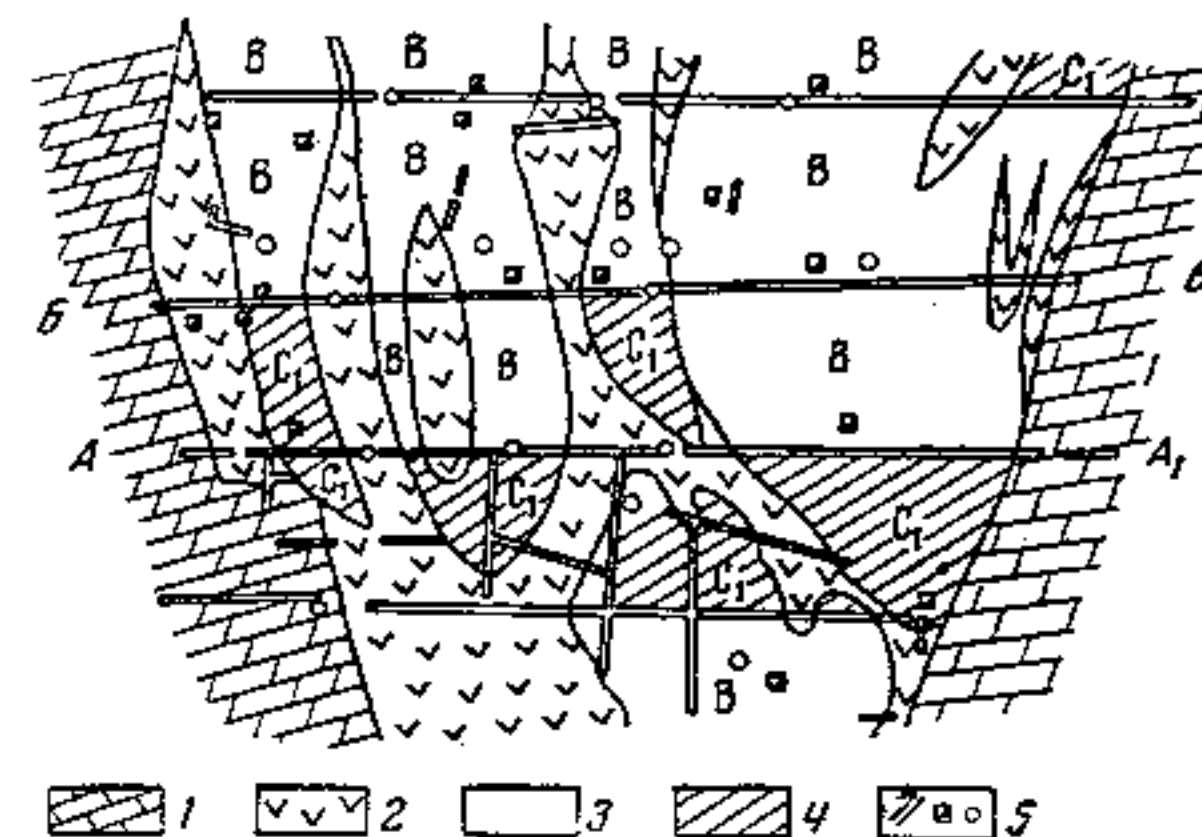


Рис. 97. План части рудной зоны
1—известняки; 2—рудные скарны; 3—запасы руды кат. В; 4—запасы руды кат. С₁; 5—разведочные выработки

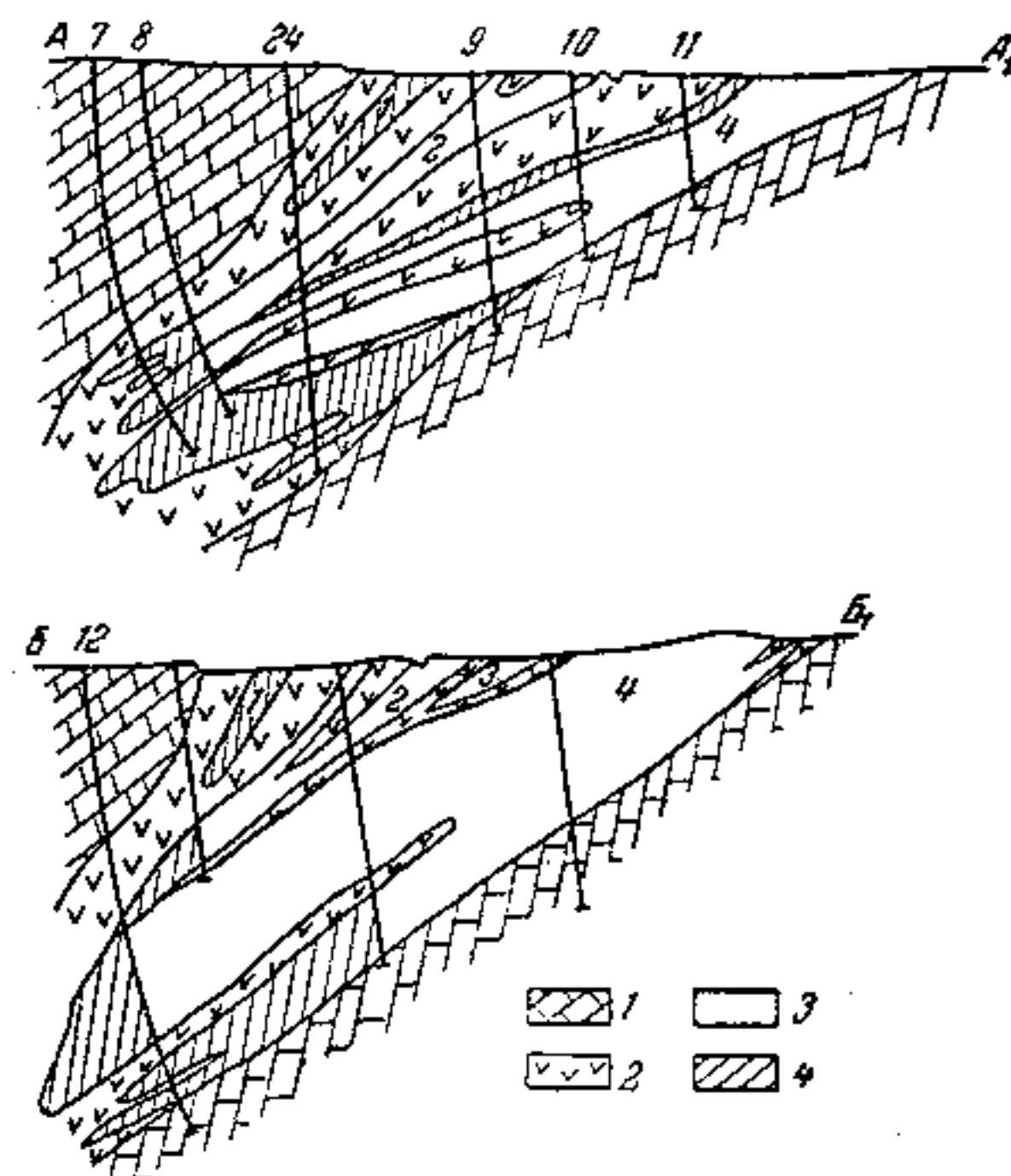


Рис. 98. Разрезы рудных тел
1—известняки; 2—рудные скарны; 3—запасы руды кат. В; 4—запасы руды кат. С₁

технологических проб с более глубоких горизонтов необходима проходка горных выработок. Пройденные мелкие шурфы не выходят из зоны окисления. Технология руд изучена только в лабораторных условиях по керновым пробам. Поэтому все запасы в пределах выработок отнесены к кат. В, а в контурах экстраполяции — к кат. С₁.

Для удобства оконтуривания рудные залежи пронумерованы и запасы каждой из них подсчитаны отдельно. Запасы рудного тела 2 по блоку, опирающемуся на подсчетную площадку между скважинами 7 и 8 (см. разрез АА₁ на рис. 98), несмотря на достаточную густоту разведочной сети, отнесены к кат. С₁, так как выход керна по скв. 7 оказался очень низким (26%). Кроме того, уже скв. 8 и в еще большей степени скв. 7 показывают наличие среди рудного тела большого количества безрудных интервалов, возможно, отражая расщепление рудного тела и близость его выклинивания. Поэтому в пределах указанных скважин подсчетные контуры проведены в значительной степени условно. Аналогичные данные показывает скв. 12 на разрезе ВВ₁, особенно в нижней ее части (рудное тело 4). Исходя из этого экстраполяция для выделения запасов кат. С₂ в пределах данных разрезов не производилась.

Необходимо отметить две основные ошибки приведенного подсчета запасов.

1. Не подсчитаны запасы забалансовых руд, к которым следовало отнести бедные руды и скарны, залегающие между оконтуренными рудными телами. Можно предполагать, что отработка залежей будет производиться открытым способом, что, в свою очередь, позволит снизить принятые кондиции, расширить выделенные к моменту подсчета промышленные контуры рудных тел и увеличить запасы балансовых руд.

2. Выход керна в верхних частях скв. 9, 10 и 11 (см. разрез АА₁) оказался крайне низким — до 10%, поэтому при подсчете запасов верхней части рудного тела 4 выделен отдельный блок, запасы которого квалифицированы по кат. С₁. Выделение мелких участков с различным выходом керна в пределах скважин, пересекающих рудное тело по мощности, отдельное оконтуривание этих участков и отдельный подсчет запасов по блокам, опирающимся на эти искусственно выделенные участки, нельзя признать правильным. Необходимо объединять такие участки с остальной частью рудного тела и соответственно оконтуривать и квалифицировать запасы.

Не следует забывать, что чисто формальный подход к оконтуриванию нередко приводит к крайне искусственным построениям подсчетных контуров и искажает действительную форму рудных тел или степень разведанности запасов. В качестве примера на рис. 99 приведен разрез, иллюстрирующий неправильное оконтуривание и квалификацию запасов на одном из железорудных месторождений, где формальный подход к оконтуриванию привел

к выделению внутри рудного тела отдельных мелких блоков только потому, что выход керна по скважинам на этих участках был ниже установленных 60%.

Другой пример неправильного отнесения запасов к более низкой категории по сравнению с действительной можно видеть на разрезе по тому же железорудному месторождению, приведенному на рис. 100. Здесь запасы блока, опирающегося на подсчетную площадку 4, отнесены к категории С₁ только потому, что верхний контур блока проведен с учетом структуры месторожде-

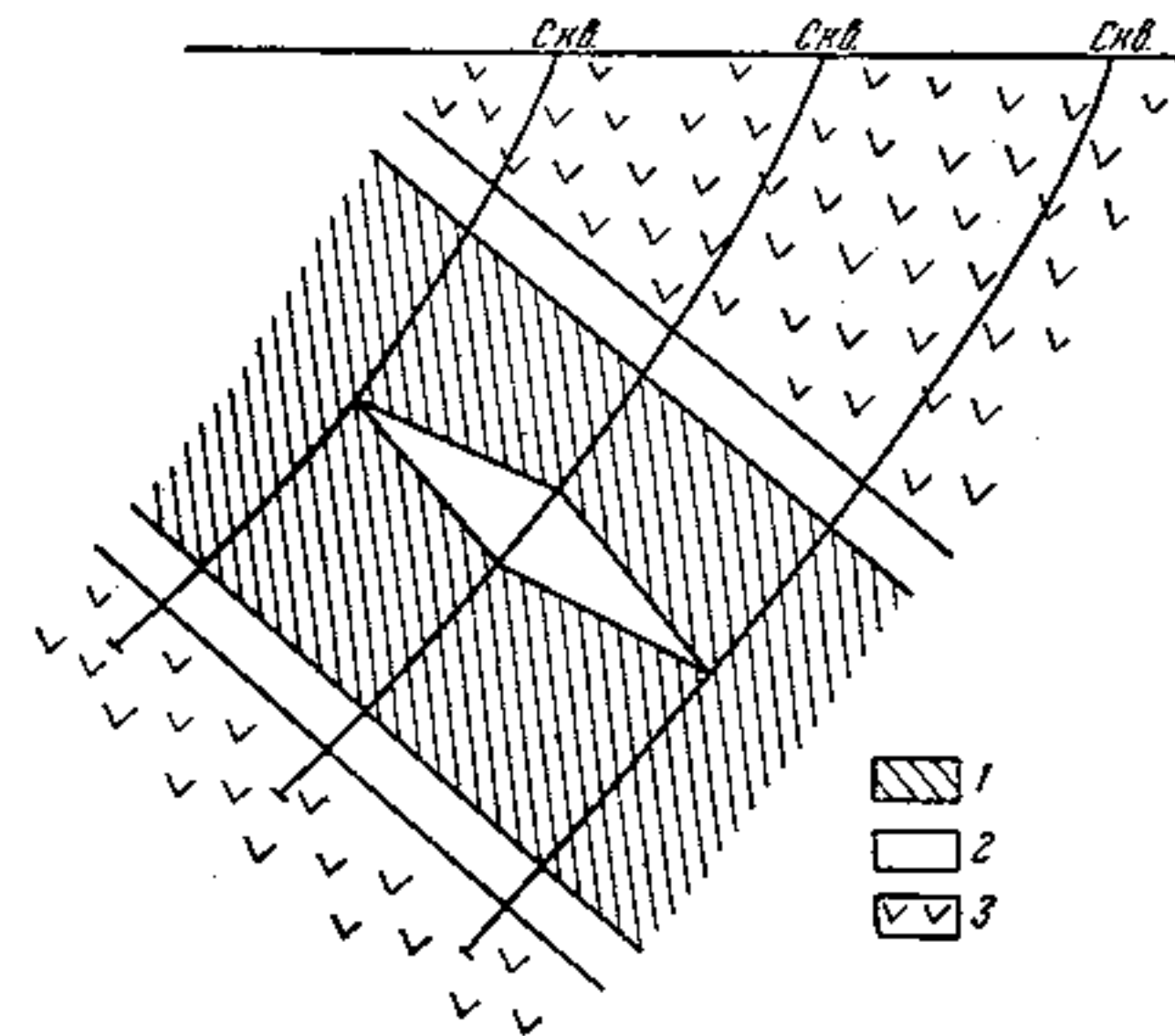


Рис. 99. Пример неправильной квалификации запасов по выходу керна

1—запасы руды кат. В; 2—запасы руды кат. С₁; 3—вмещающие породы

ния, а не по прямой, как показано пунктиром, хотя в цифровом выражении запасы от этого не изменяются (оба варианта оконтуривания дают практически равновеликие площади). Такой формальный подход к оконтуриванию нельзя считать правильным, и запасы, опирающиеся на эту подсчетную площадку, следовало отнести к кат. В.

Не следует без контроля использовать структурные элементы, так как это тоже может привести к резкому искажению запасов. Так, например, на одном из железорудных месторождений был необоснованно построен сброс, который якобы ограничивал распространение оруденения, и запасы месторождения были резко занижены. Проверка разведочными выработками показала, что за «сбросом» оруденение нормально продолжается на значительную глубину и перспективы месторождения могут быть резко увеличены.

На другом кварцеворудном месторождении подсчетные разрезы были построены по схеме, приведенной на рис. 101, что привело к резкому завышению запасов. Вместо пологой складки, показанной на рисунке пунктиром, подсчет запасов производился в контурах искусственно смятого (заштрихованного) пласта. Проверка промежуточными скважинами показала отсутствие этой искусственной складчатости.

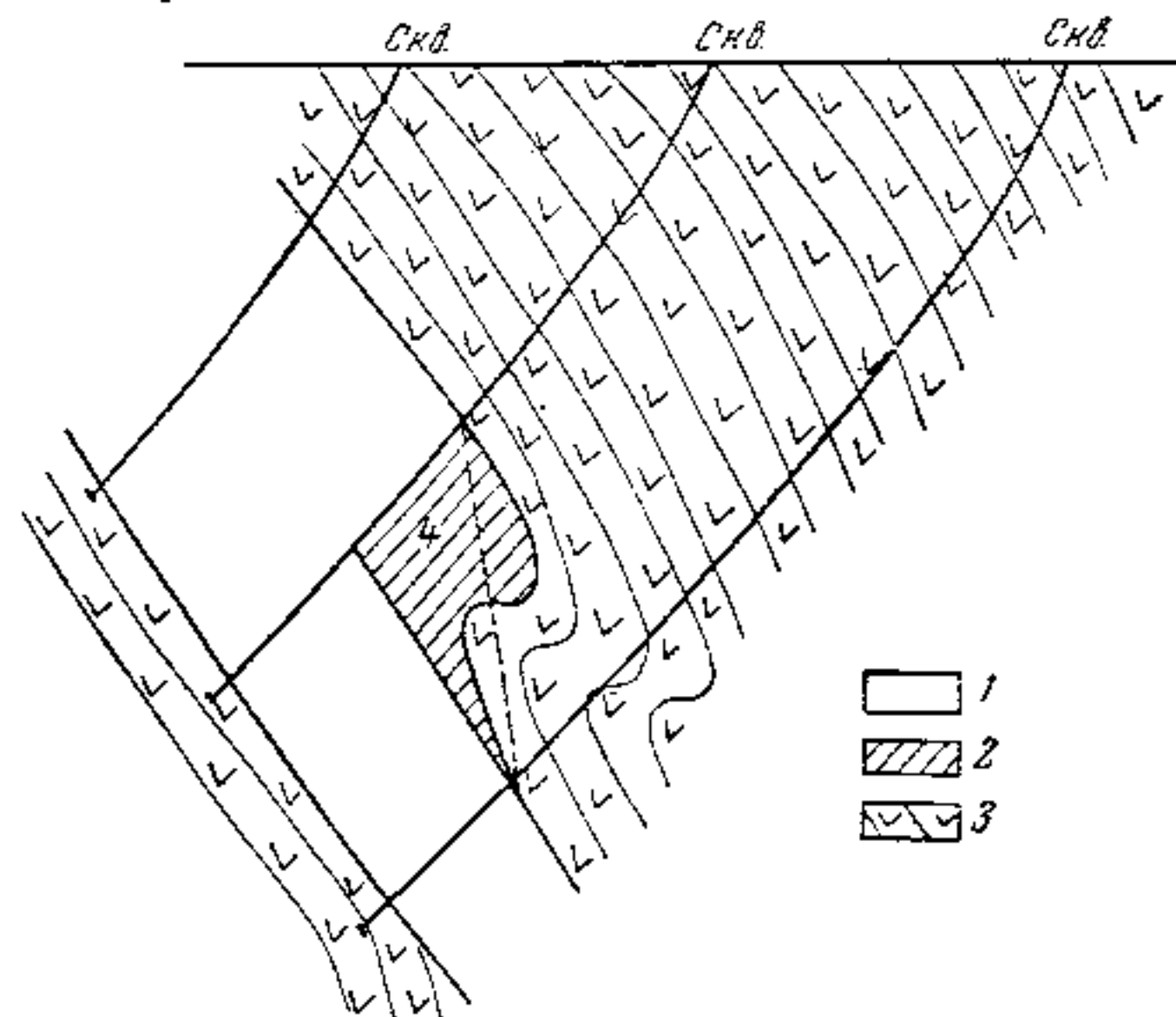


Рис. 100. Пример неправильной квалификации запасов в контурах, построенных с учетом структуры месторождения

1—запасы руды кат. В; 2—запасы руды кат. С; 3—вмещающие породы

Пример 5. Район месторождения сложен в основном биотитовыми гранитами, гранодиоритами и кварцевыми диоритами. На рассматриваемой площади разведочными работами выявлено значительное количество кварцеворудных жил. Промышленные жилы сопровождаются рудоносными грейзенами, которые образуют оторочку вокруг жильного выполнения.

Руды месторождения состоят из жильного кварца с молибденитом и рудоносных грейзенов. В небольшом количестве встречаются пирит, халькопирит, мусковит, флюорит и реже полевой шпат, ильменорутит и вольфрамит. Из гипергенных минералов чаще всего встречаются повеллит, опал, галлуазит и лимонит. Распределение компонентов в рудной массе неравномерное.

Для иллюстрации приводим характеристику центральной части одной из основных жил. Протяженность этой части жилы составляет 840 м, средняя мощность 0,95 м, угол падения 85°. Мощность жилы не обнаруживает заметных колебаний. На отдельных

участках от основной жилы отходят апофизы незначительной длины и малой мощности. Иногда параллельно основной жиле залегают небольшие, быстро выклинивающиеся кварцевые и грейзеновые жилки.

Разведка жил производилась горными работами и колонковым бурением. Рассматриваемая часть жилы с поверхности вскрыта магистральными канавами, пройденными вкрест простирания жилы на расстоянии примерно 100 м одна от другой. Между ними расположено большое количество коротких канав с интервалами 10—15 м. На трех горизонтах (50, 100 и 150 м) жила вначале была подсечена буровыми скважинами с интервалами по простиранию 200 м (по пять-шесть скважин на каждом горизонте), и, кроме того, отдельными скважинами было проверено наличие оруденения на глубине 245 м. Верхние горизонты позднее были более детально разведаны шурфами (через 150—200 м по простиранию) и двумя шахтами. Из шахт по рудному телу пройдены штреки, вскрывшие его на двух горизонтах.

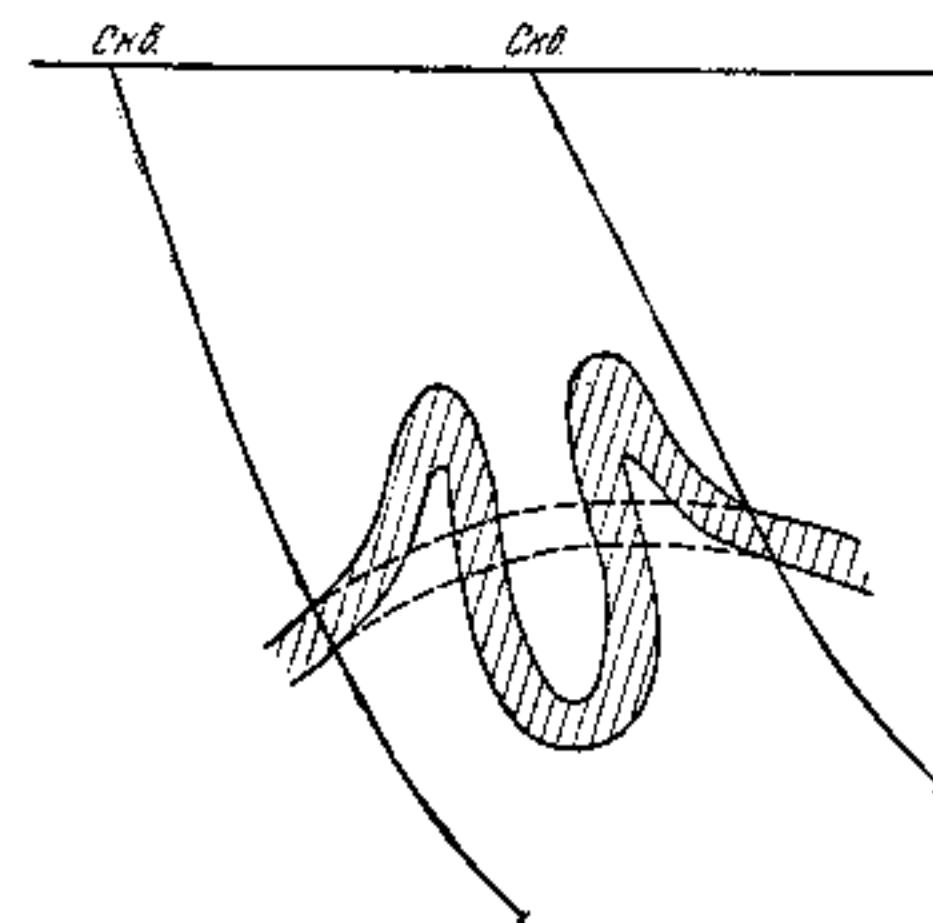


Рис. 101. Схема неправильного построения контуров рудного тела при подсчете запасов

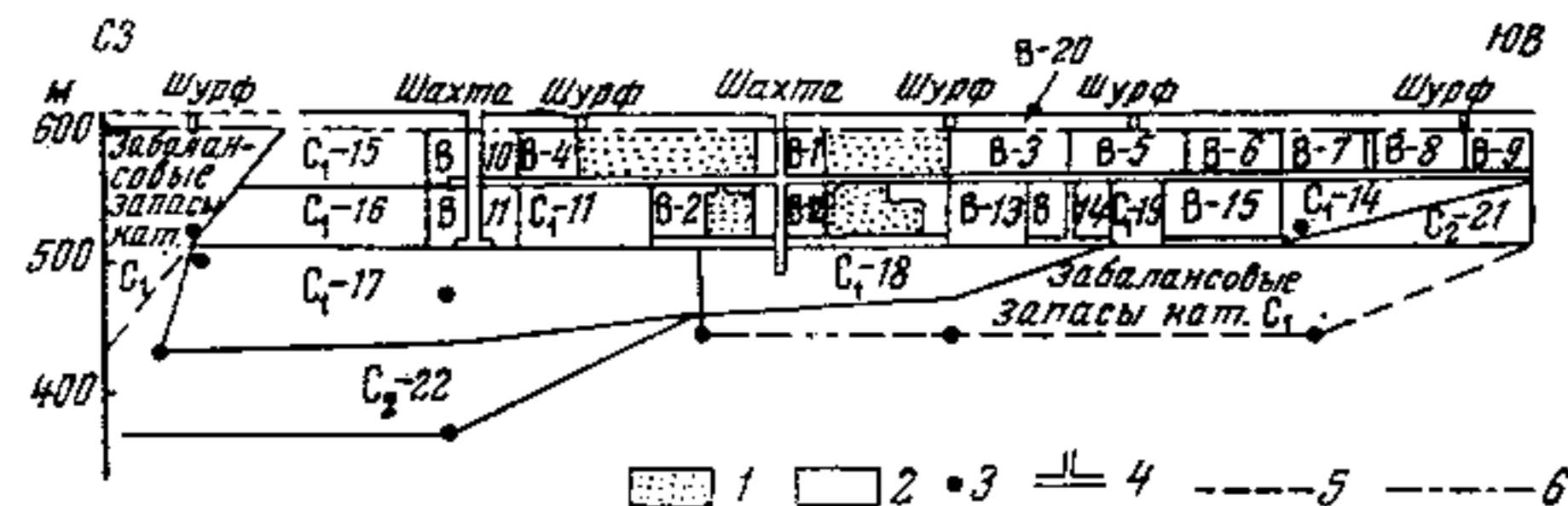


Рис. 102. Схема разбивки части рудной жилы на подсчетные блоки
1—выработанные участки; 2—рудные блоки; 3—буровые скважины; 4—горные выработки; 5—контур забалансовых запасов; 6—граница распространения окисленных руд

Запасы верхней части жилы, вскрытой горными выработками, подсчитывались методом эксплуатационных блоков, а нижней, подсеченной буровыми скважинами, — методом геологических блоков. Оконтуривание рудного тела и подсчетных блоков выпол-

нено на проекции жилы на вертикальную плоскость. Часть этой проекции приведена на рис. 102.

Блоки В—1, В—10, В—11 и В—12 оконтурены отдельно как шахтные целики, и запасы их отнесены к балансовым, так как по качеству (по содержанию полезных компонентов) они удовлетворяют установленным кондициям.

Запасы окисленных руд верхней части жилы до глубины распространения зоны окисления также оконтурены отдельно (блок В—20), но отнесены в группу забалансовых запасов, так как технология обогащения этих руд пока не освоена. Кроме того, к забалансовым отнесены запасы двух блоков, опирающихся на четыре скважины и шурф, в связи с тем что разведочные выработки показали отсутствие на этих участках руды, удовлетворяющей установленным кондициям (содержание полезных компонентов оказалось ниже кондиционного). Запасы кат. C_2 забалансовых руд не оконтуривались и не подсчитывались, что в данном случае надо признать правильным, так как более глубокие горизонты еще не разведаны и говорить о забалансовых рудах на этих горизонтах преждевременно.

Запасы блока C_1 —19 по степени разведанности могли быть отнесены к категории В, выделение этого блока необосновано; правильнее было бы вместо трех блоков: В—13, В—14 и C_1 —19, выделить два блока с границей между ними по восстающему и отнести запасы этих блоков к кат. В.

Пример 6. Крутопадающая трещинная шеелито-кварцевая жила в гранодиоритах разведана с поверхности канавами, а на глубину шахтой и пройденной из нее системой штреков и восстающих. С поверхности пройдены продольные канавы на протяжении 320 м. Средняя мощность рудного тела 0,25 м, угол падения 85°. На горизонте 330 м и выше заканчиваются эксплуатационные работы; на горизонте 330 м пройден штрек и восстающие. Длина промышленной части жилы 180 м.

Блоки горизонта 330—300 м оконтурены с трех и четырех сторон при расстоянии между восстающими 40 м. В связи с большой изменчивостью мощности жилы и неравномерным характером оруденения запасы в блоках упомянутого горизонта отнесены не к кат. A_2 , а к кат. В.

Оконтуривание произведено на проекции в плоскости жилы (рис. 103).

Оконтуривание блоков запасов кат. A_2 и В дополнительных пояснений не требует. Запасы кат. C_1 подсчитаны в треугольном блоке, экстраполированном ниже горизонта горных работ на глубину, равную двукратной высоте этажа горных работ (60 м), что составляет $\frac{1}{3}$ протяженности жилы по простиранию. В данном случае применен чисто формальный способ оконтуривания. Внешний контур запасов кат. C_2 также проведен на 60 м ниже горных работ (горизонт 240 м). Площадь подсчетных блоков

кат. C_2 определена как сумма двух боковых треугольников, прилегающих к контуру запасов кат. C_1 .

Пример 7. Месторождение представлено серией рудных тел, приуроченных к сложным линейно вытянутым трещинным зонам. Общая протяженность оруденелых зон достигает 300 м при мощности 0,7—2,0 м. Скопления рудных минералов в промышленных концентрациях в пределах зон представлены гнездами неправильной формы размером от единиц до десятков метров по простиранию и мощностью от 0,5 до 2 м. Эти гнезда разобщены значительными практически безрудными промежутками. Полезный компонент распределяется крайне неравномерно. Доказано, что никакой зависимости содержания полезного компонента от мощности рудного тела не существует.

Месторождение разведано в основном подземными горными выработками; расстояние между горизонтами 50 м, между восстающими 30—50 м. Таким образом, на месторождении нарезан ряд эксплуатационных блоков, опробованных со всех сторон. К моменту подсчета запасов значительная часть блоков отработана. Колонковое бурение при разведке играло подчиненную роль. Коэффициент рудоносности по отдельным блокам изменяется от 0 до 0,83, составляя в среднем 0,31. Оконтуривание запасов произведено на проекции рудной зоны на вертикальную плоскость (рис. 104).

Ввиду сложного характера оруденения и низкого коэффициента рудоносности запасы кат. A_2 не выделены, а внешний контур рудной зоны проведен по разведочным выработкам. Структура месторождения изучена слабо, и каких-либо геологических или других данных о возможном распространении оруденения на глубину ниже подсечения скважиной нет. Запасы окисленных руд не подсчитывались, так как технология их переработки не освоена и они не отрабатываются.

Учитывая незначительное количество окисленных руд на месторождении, с отсутствием их учета можно согласиться. В случае же значительных запасов они должны были бы быть оконтурены и подсчитаны отдельно как забалансовые.

Запасы в надштрековых целиках подсчитаны отдельно и учтены по маркшейдерским данным.

По оконтуриванию и квалификации запасов отдельных блоков надо отметить следующее.

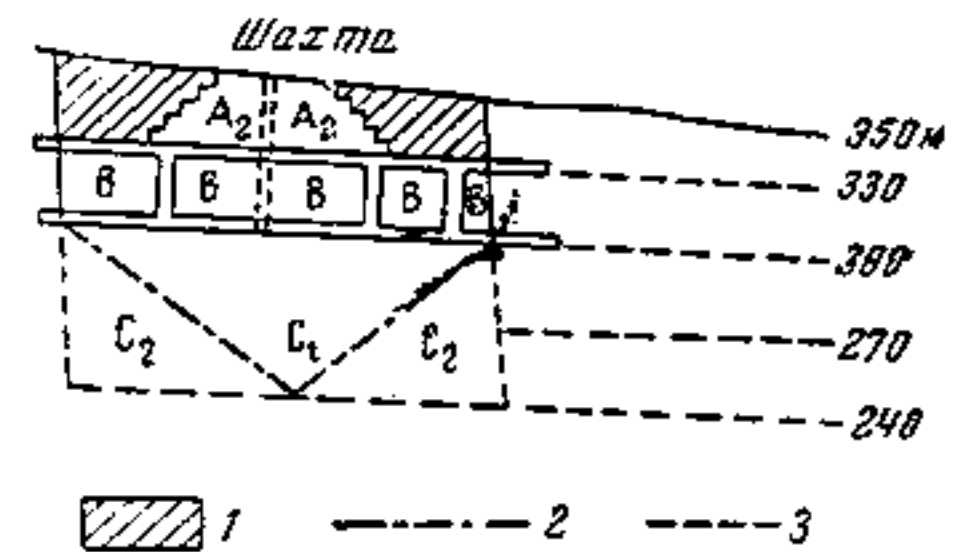


Рис. 103. Схематическая проекция жилы в плоскости падения (по Г. Д. Ажгирею и др.)

1 — отработанные части блоков; 2 — контур запасов кат. C_1 ; 3 — контур запасов кат. C_2

Блок 1 почти нацело отработан; запасы, оставшиеся в западной части, отнесены к кат. В как оконтуренные с трех сторон; верхняя часть окисленных руд из подсчета исключена. Блок 2 целиком отработан; сохранившиеся безрудные целики и верхняя часть окисленных руд в подсчет не включены. Блок 3 включает запасы, находящиеся в шахтном целике; они отвечают установленным кондициям и учтены по кат. В в балансовых рудах.

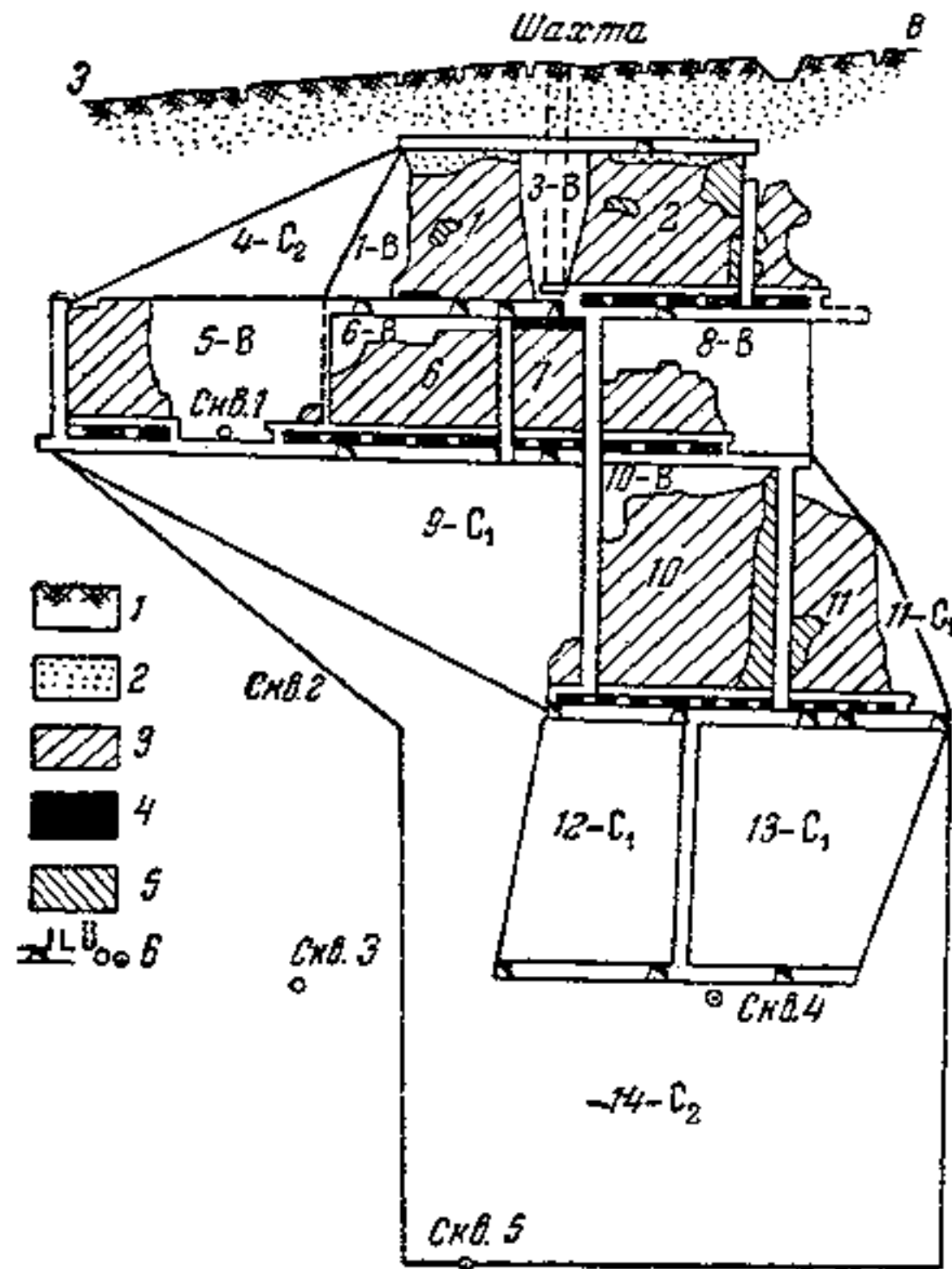


Рис. 104. Проекция рудной зоны на вертикальную плоскость

1 — Делювий; 2 — окисленные руды; 3 — отработанные участки; 4 — подштрековые целики; 5 — безрудные участки; 6 — горные выработки и скважины (кружок с точкой — рудные скважины)

Блок 4 содержит запасы, учтенные по кат. С₂, так как расположенные ниже запасы блока 5 — В являются забалансовыми и наличие в блоке 4 — С₂ балансовых руд требует проверки. Запасы блока 5 по степени разведанности отнесены к категории В как оконтуренные с трех сторон; результаты опробования горных выработок показали содержание ниже кондиционного: буровая скважина 1 — безрудная; запасы отнесены в группу забалансовых.

Блоки 6, 7 и 8 пояснений не требуют. Запасы блока 9 отнесены к кат. С₁ как недостаточно разведанные ввиду того, что скважины 1 и 2 оказались безрудными, а расстояние между штреками значительно превышает принятое для разведочной сети. Блоки 10 и 11 пояснений не требуют.

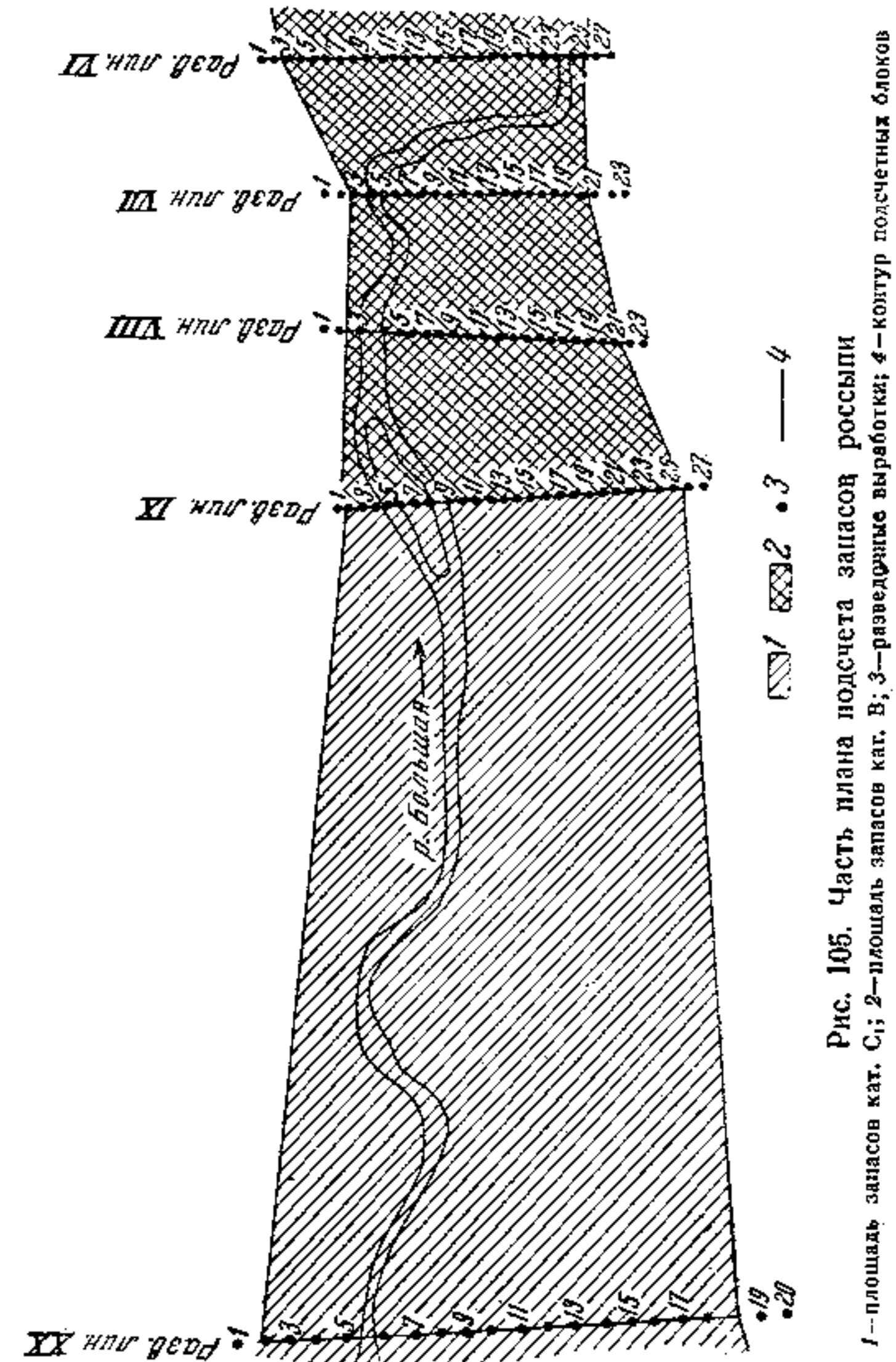


Рис. 105. Часть плана подсчета запасов россыпи

1 — площадь запасов кат. С₁; 2 — площадь запасов кат. В; 3 — разведочные выработки; 4 — контур подсчетных блоков

Несмотря на то, что по степени разведанности запасы блоков 12 и 13 как оконтуренные с трех сторон могли бы быть квалифицированы по кат. В, отсутствие результатов опробования ниж-

него штрека и восстающего привело к необходимости отнесения их к категории С₁. В блоке 14 западная граница проведена через середину расстояний между безрудными скважинами 2 и 3 и забоями штреков соответствующих горизонтов; нижняя граница проходит через скв. 5, показавшую наличие оруденения; восточная граница проведена условно как перпендикуляр, опущенный из забоя штрека до пересечения с нижней границей блока.

Пример 8. (по В. И. Смирнову). Примером оконтуривания подсчетных блоков и квалификации запасов россыпных месторождений может служить подсчет запасов россыпи, которая по своему геологическому строению относится к группе б (см. груп-

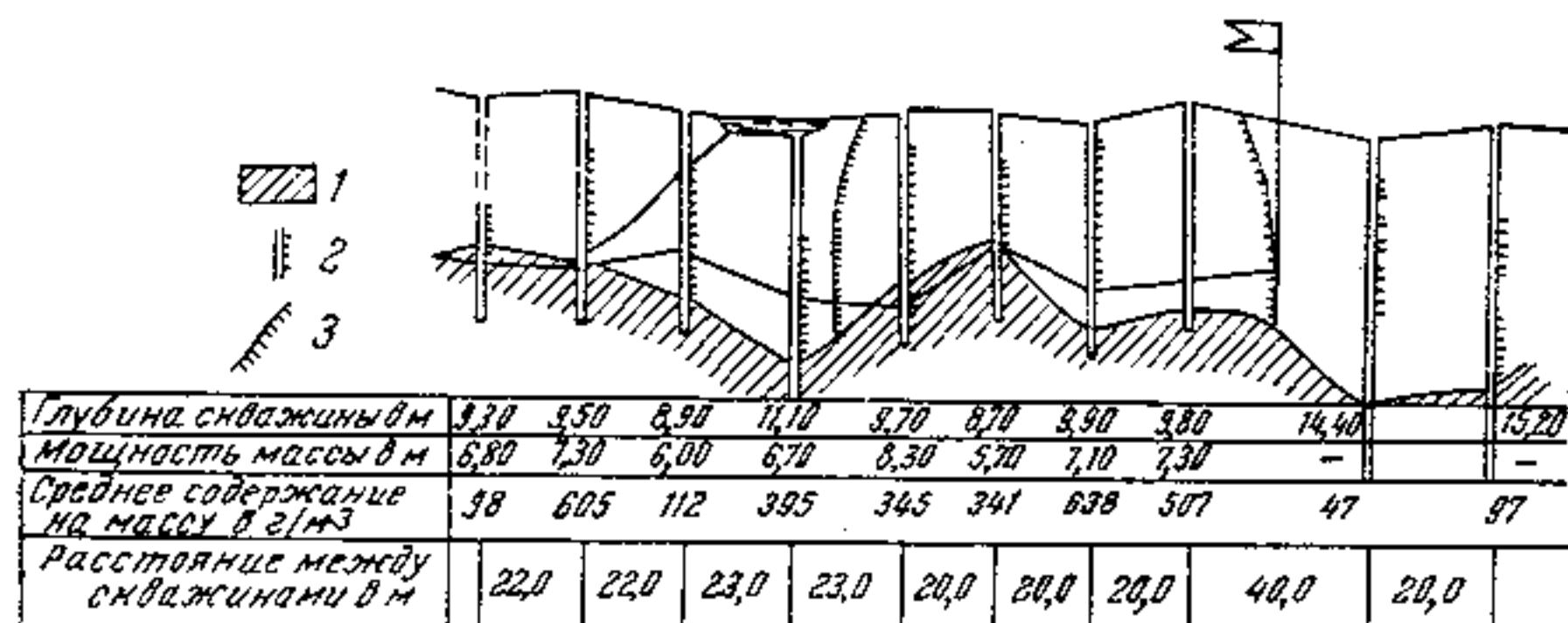


Рис. 106. Часть схематического разреза россыпи, изображенной на рис. 105 — коренные породы (плотные); 2 — скважины и места взятия проб; 3 — граница вечной мерзлоты

пировку месторождений в гл. I). Часть плана подсчета запасов этой россыпи приведена на рис. 105, а часть схематического разреза — на рис. 106.

Общая протяженность россыпи достигает 20 км при изменчивой ширине от 60 до 1000 м. Мощность рыхлых отложений колеблется от 1,5 до 8 м, составляя в среднем 4 м. Рыхлые отложения представлены галькой и песком с незначительным количеством глинистого материала. Распределение полезного компонента крайне неравномерное, приуроченность его к нижним горизонтам непостоянна: часто он рассеян по всей толще аллювия. Иногда можно наблюдать несколько обогащенных пропластков, разделенных пустыми породами. Плотик россыпи неровный, с карманами и западинами.

Разведка осуществлялась путем проходки на разведочных линиях шурфов и частично буровых скважин. Расстояния между разведочными линиями обычно составляли 250—500 м, а между выработками на линиях — 20 м.

Отработку россыпи предполагалось вести драгами, поэтому подсчет запасов произведен на всю массу рыхлых отложений, причем выделить выдержанный обогащенный пласт оказалось не-

возможным. При оконтуривании выделены участки вечной мерзлоты, которые указаны на разрезах.

Подсчет запасов в приведенном примере произведен методом разрезов с оконтуриванием подсчетных блоков по двум разведочным линиям, данные которых учитываются при определении средних мощностей и содержаний для определения запасов данного блока.

Нередко применяют другую разновидность этого метода, при которой контуры подсчетного блока проходят между разведочными линиями (рис. 107) и при определении средних величин для подсчета запасов блока используют данные только одной

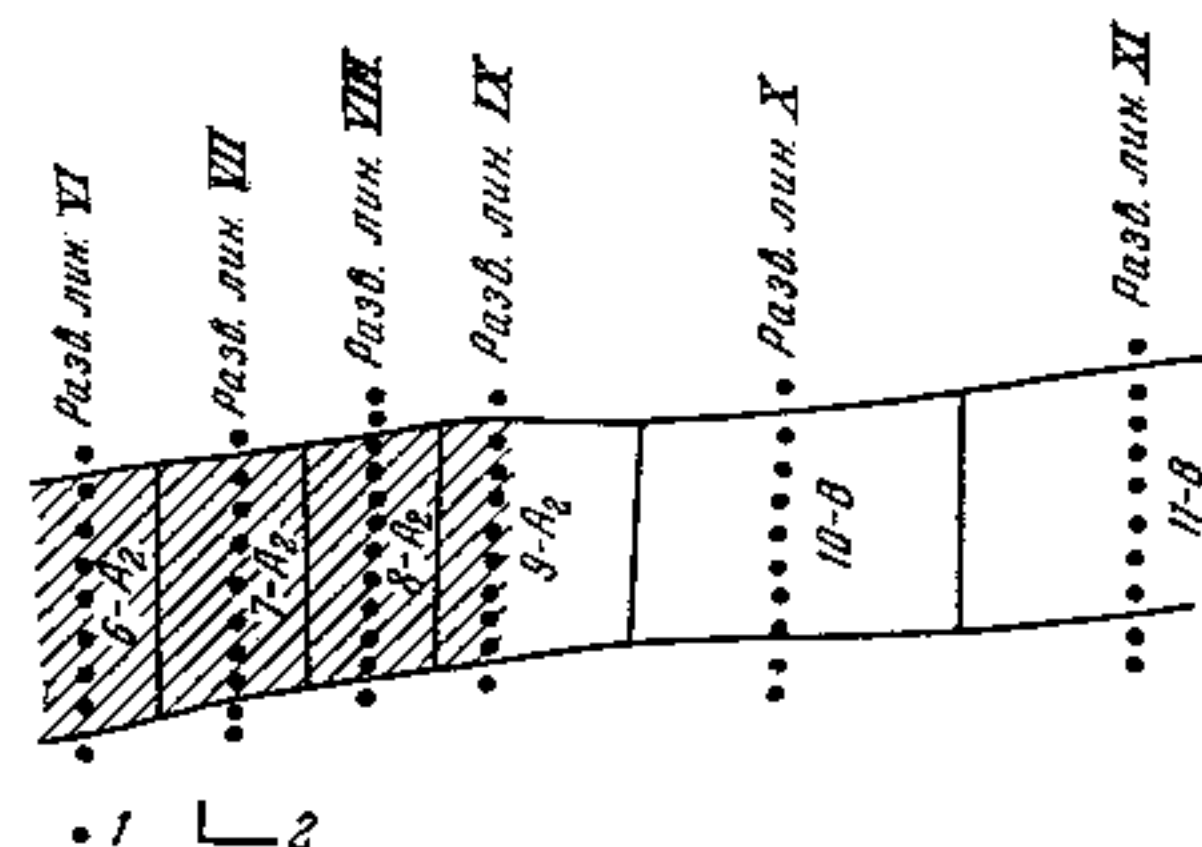


Рис. 107. Схема неправильного оконтуривания подсчетных блоков при подсчете россыпей линейным методом

1 — разведочные выработки; 2 — контур подсчетных блоков

разведочной линии. В последнем случае часто не учитывают, что разведанность и изученность месторождения, а следовательно, и достоверность выявленных запасов, не зависят от применяемого метода подсчета запасов, поэтому оконтуривание подсчетных блоков и отнесение запасов к той или иной категории не должны слепо подчиняться методу подсчета. Наиболее частая ошибка в этом отношении заключается в неправильной квалификации запасов части блоков при подсчете запасов россыпей последним методом, т. е. когда подсчетные блоки опираются на одно сечение.

На приведенной схеме расстояния между разведочными линиями VI, VII, VIII и IX соответствуют расстояниям, принятым для запасов кат. А₂ для данного типа россыпи. Расстояния между разведочными линиями IX, X и XI соответствуют расстояниям, принятым для кат. В. В связи с тем, что контуры блоков опираются на одну разведочную линию, очень часто запасы всего

блока 9 относят к кат. A_2 , т. е. к той же категории, к которой относятся запасы между разведочными линиями VI—IX только потому, что подсчет осуществляется указанным методом. Такой подход нельзя признать правильным, так как большая часть запасов блока 9— A_2 по степени разведанности не соответствует кат. A_2 . К кат. A_2 могут быть отнесены только запасы между линиями VI—IX, включая часть блока 9— A_2 , заштрихованную на чертеже, а остальная часть этого блока (не заштрихованная) должна быть отнесена к кат. В. Это положение справедливо во всех случаях, когда экстраполяция запасов той же категории за пределы разведочных выработок не допускается.

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
Введение	3
Глава I. Классификация запасов твердых полезных ископаемых и ее интерпретация	5
Глава II. Требования к изученности гидрогеологических и горно- технических условий отработки месторождений	9
Глава III. Требования промышленности к рудам (кондиция)	14
Основные требования	14
Определение минимального промышленного содержания полезного компонента в руде для действующего рудника	18
Определение минимального промышленного содержания полезных компонентов в руде для вновь разве- данного месторождения	21
Определение нижнего предела содержания полезного компонента в пробе	23
Глава IV. Распределение полезных компонентов в рудных телах и характер выклинивания последних	25
Характер распределения полезного компонента в рудном теле и взаимоотношение рудных участков с вме- щающими породами	26
Распределение естественных сортов и типов руд	35
Выклинивание рудных тел	40
Глава V. Общие сведения об оконтуривании рудных тел при под- счете запасов	47
Глава VI. Определение контуров рудного тела в пределах отдель- ной разведочной выработки	49
Оконтуривание в пределах выработок, пересекающих рудное тело по мощности	49
Оконтуривание в пределах выработок, прослеживающих рудное тело по простиранию	57
Глава VII. Оконтуривание рудных тел по совокупности разведоч- ных выработок	59
Оконтуривание рудных тел по опорным точкам, установ- ленным непосредственно в выработках	60
Проведение контура рудного тела между парами край- них выработок, одна из которых характеризуется кондиционными показателями, а другая—неконди- ционными	61

прохождение контура рудного тела между парами край- них выработок, одна из которых характеризуется конциционными показателями, а другая фиксирует полное отсутствие рудного тела	64
Неправильные приемы оконтуривания рудных тел в пре- делах разведочных выработок	69
Глава VIII. Определение контуров рудных тел за пределами разве- дочных выработок	73
Глава IX. Примеры оконтуривания запасов по степени разведанно- сти и квалификация запасов по категориям	90

Прокофьев Александр Петрович
Оконтуривание рудных тел при подсчете
запасов

Редактор В. М. Крейтер
Редактор издательства М. Л. Энтин
Техн. редактор О. А. Гурова
Корректор А. А. Кретищенко

Сдано в набор 4/VII 1955 г.
Подписано к печати 12/IX 1955 г.
Формат бумаги 60×92¹/₁₆. Печ. л. 7
Бум. л. 3¹/₂ Уч.-изд. л. 7,1
Тираж 5000 экз. Т 07149 Заказ № 1146
Цена 3 р. 55 к.

Картфабрика Госгеолтехиздата