



Г. И. ПЕТРОВ  
М. В. КУТЕНКОВ  
И. М. ТЕНЕНБАУМ  
Л. С. ЕВСЕЕВА

**МЕТОДЫ  
ГЕОЛОГО-  
ГЕОФИЗИЧЕСКОГО  
ОБСЛУЖИВАНИЯ  
УРАНОВЫХ  
РУДНИКОВ**

АТОМИЗДАТ  
1960

Г. И. ПЕТРОВ, М. В. КУТЕНКОВ, И. М. ТЕНЕНБАУМ, Л. С. ЕВСЕЕВА

МЕТОДЫ  
ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОГО  
ОБСЛУЖИВАНИЯ  
УРАНОВЫХ РУДНИКОВ



ИЗДАТЕЛЬСТВО ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА  
СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ  
АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Москва 1960

Вопросы геологического обслуживания рудников, разрабатывающих месторождения цветных и черных металлов, сравнительно широко освещены в литературе. Урановые месторождения отличаются от них рядом специфических особенностей, существенно влияющих на организацию рудничной геолого-геофизической службы и на методы проводимых на руднике геолого-геофизических работ. Опубликованные в последнее время статьи, руководства и инструкции касаются преимущественно методов радиометрического опробования и экспресс-анализа радиоактивных руд. В настоящей работе сделана попытка осветить по возможности все виды работ, которые приходится выполнять рудничным геологам, геофизикам и гидрогеологам.

Работа предназначена главным образом для специалистов, начинающих работать на урановых рудниках. Она может быть полезной также для работников рудничных и заводских ОТК, занимающихся определением качества добываемой руды и продуктов ее обогащения.

При составлении работы были использованы литературные данные, а также большое количество геологических отчетов и материалов первичной геологической документации, предоставленных авторам рудничными геологами и геофизиками.

Геологическая часть книги составлена Г. И. Петровым и М. В. Кутенковым, геофизическая — И. М. Тененбаум и гидрогеологическая — Л. С. Евсеевой.

Научная редакция проведена [М. М. Константиновым],  
В. Л. Шашкиным и Д. Я. Суражским.

## ВВЕДЕНИЕ

Перед рудничной геологической службой ставятся следующие задачи:

1. Проведение эксплуатационной разведки с целью обеспечения нормального развития горноэксплуатационных работ и выполнения плана добычи руды — металла.

2. Выявление дополнительных резервов руды в пределах обрабатываемых площадей, а также на флангах и глубинных частях месторождения.

3. Организация геологического контроля за правильным ведением горноэксплуатационных работ и наибольшей полнотой отработки рудных тел.

4. Изучение качества добываемой руды и ее вещественного состава с целью выделения технологических сортов и типов руд.

5. Проектирование и планирование геологоразведочных работ.

6. Геологическое обоснование планов развития горных работ и участие в планировании добычи руды и металла.

7. Постановка оперативного учета и генеральные подсчеты запасов.

8. Проведение методических и исследовательских работ.

Перечисленные задачи решаются на основе глубокого геологического изучения месторождения.

Все геологоразведочные и геофизические работы, связанные с текущей производственной деятельностью предприятия, осуществляются рудничной геолого-геофизической службой.

Общее техническое и методическое руководство рудничной геолого-геофизической службой осуществляется геолого-геофизическим отделом вышестоящей организации (управления, комбината). Этот же отдел дает указания руднику по планированию всех видов геолого-геофизических и гидрогеологических работ и задания по производству геолого-поисковых и научно-исследовательских работ.

На урановых рудниках особенно большое значение имеют геофизические (радиометрические) работы. С их помощью окон-



туривают рудные залежи, оценивают качество руд, находящихся в массиве, контролируют полноту выемки руды, ведут борьбу с потерями и разубоживанием, определяют содержание урана в добываемой руде, в закладочном материале и в отвалах, обеспечивают контроль за сортировкой руды в забоях и на поверхности.

Рудничная гидрогеологическая служба выполняет работы, связанные с водоснабжением предприятия и осушением рудника, дает прогнозы притоков в выработки на разных горизонтах, разрабатывает мероприятия по предупреждению внезапных прорывов воды, выясняет влияние шахтных депрессионных воронок на местные питьевые или целебные минеральные источники. Гидрогеологическая служба ведет изучение химического состава рудничных вод и, в частности, находящихся в них радиоактивных элементов.

В особых случаях на рудничную геологическую службу возлагаются инженерно-геологические работы по изучению крепости и устойчивости руд и вмещающих пород, предотвращению взрывов, пожаров, обвалов, оползней, снежных лавин, силевых потоков и т. д.

Маркшейдерская служба обеспечивает рудник графическими материалами, необходимыми для геолого-геофизических и гидрогеологических работ. Кроме того, работники маркшейдерской службы вместе с рудничными геологами и геофизиками, принимают участие в контроле за правильным ведением горных работ и полнотой отработки рудных тел, а также в подсчете запасов месторождения, учете их движения, проектировании работ и планировании добычи [21].

Геологоразведочные, геофизические и гидрогеологические работы на руднике ведутся в соответствии с проектами и планами, являющимися составной частью общего плана работ горноэксплуатационного предприятия.

Геологоразведочные, геофизические и поисковые работы, проводимые на территории рудника и за пределами горных отводов, выполняются геологоразведочными организациями (экспедициями партиями и т. д.), входящими в состав геологической службы предприятия, либо подчиняющимися непосредственно горнопромышленному управлению (комбинату) или даже другому ведомству.

Персонал геолого-геофизической службы рудника подчиняется главному геологу или главному геологу и главному геофизику рудника, которые осуществляют техническое, методическое и административное руководство.

Главный геолог рудника отвечает за выполнение плана по приросту запасов, за обеспечение предприятия промышленными запасами; за геолого-геофизическое обслуживание действующих производственных объектов предприятия, за осуществление геологического контроля при производстве всех видов горных работ,

а также за выполнение плана геологоразведочных работ по объемам и направлениям.

Главный (или старший) геофизик рудника несет ответственность за все виды геофизических работ, проводимых на руднике. Геофизическая служба в зависимости от объема работ либо выделяется в самостоятельный отдел, либо находится в составе геологического отдела.

Гидрогеологические работы на руднике ведутся под руководством старшего гидрогеолога, который вместе со своими штатами входит, как правило, в состав геологической службы рудника.

Состав работников геолого-геофизической и гидрогеологической службы рудника определяется штатным расписанием предприятия и зависит от масштабов рудника и объема работ. В нем обычно предусматриваются аппарат геолого-геофизической и гидрогеологической службы, группа подсчета запасов или камеральная партия (в составе старшего геолога, петрографа, минералога, коллекторов и чертежников), производственные группы: геологическая (инженеры и техники-геологи участков, шахт, разрезов и т. д.), геофизическая (участковые инженеры и техники-геофизики, техники по каротажу, операторы), гидрогеологическая (старший гидрогеолог, гидрогеолог, коллекторы и наблюдатели), буровая разведка, группа опробования (техники, коллекторы, пробщики), лаборатории (минералого-петрографическая, радиометрическая, гидрохимическая, химическая) и вспомогательные цеха (проборазделочный, шлифовальная мастерская, мастерская по ремонту и испытанию аппаратуры и т. д.). На крупных рудниках предусматриваются штаты ЦНИЛ, музея и геологических фондов.

На предприятиях с небольшим объемом работ группы по подсчету запасов и камеральные партии не создаются. Взамен их выделяются ответственный инженер или техник по подсчету запасов.

Организационная структура и выделение различных групп обслуживания зависят от комплекса геолого-геофизических и гидрогеологических работ, которые определяются характером месторождения.

Например, на осадочных и осадочно-метаморфогенных месторождениях первой морфологической группы большое значение имеют буровые работы, поэтому здесь особое внимание должно быть уделено комплектованию группы буровой разведки и геофизической каротажной группы.

Работы по документации и опробованию выработок на таких месторождениях обычно не отличаются большой сложностью и трудоемкостью. Надобность в собственно эксплуатационной разведке в обрабатываемых целиках также невелика.

Валовая система выемки руды, применяемая на таких месторождениях, упрощает комплекс геофизических работ при добыче, которые обычно сводятся к уточнению рудного контура и отсортировке рудной массы от безрудной вмещающей породы.

В связи с общим убогим содержанием металла в рудах потери металла при добыче на этих месторождениях не должны быть существенными, но разубоживание руды представляет большую опасность, так как содержание металла и без того находится на грани непромышленного. Поэтому работы по учету потерь и разубоживания должны предусматриваться планом в значительном объеме и обеспечиваться соответствующими кадрами.

Слабая радиометрическая контрастность руд исключает проведение сложных работ по радиометрической сортировке и обогащению и соответственно снижает объемы работ геофизической группы в этом направлении.

На месторождениях второго и третьего морфологических типов комплекс и объемы геолого-геофизических работ значительно отличаются от работ, проводимых на месторождениях первого типа.

Здесь наряду с буровыми работами в разведке резко возрастает роль горных работ. Сложная морфология и строение рудных тел увеличивают объем и сложность разведки, документации и опробования. Кроме того, некоторые осадочные месторождения этого типа находятся в сложных горно-геологических условиях в связи с неустойчивостью вмещающих пород, оползневыми явлениями, водообильностью, взрывоопасностью, газо- и нефтеносностью, способностью руды к самовозгоранию и т. д. В таких случаях возникает необходимость в создании специальных лабораторий по изучению нефтегазоносности и в привлечении к работе специалистов-геологов, хорошо знающих нефтяные или угольные месторождения.

Увеличивается объем работ и по учету потерь и разубоживания в связи со сложностью строения рудных тел и самих месторождений, а также в связи с более высокими содержаниями металла в руде.

При большой мощности рудных тел широко используются гамма-измерения руды в массиве, гамма-каротаж скважин и шпуров с количественной интерпретацией результатов измерения. Увеличиваются возможности радиометрической сортировки отбитой рудной массы. В связи с большей изменчивостью содержаний количество измерений (объем работ) на единицу площади возрастает примерно в полтора раза по сравнению с месторождениями первой группы.

Значительно большего объема работ требует контроль за полнотой отработки рудных тел в очистных выработках.

Месторождения четвертой морфологической группы являются еще более сложными объектами для геолого-геофизического обслуживания. Значительная прерывистость оруденения вынуждает применять более густую разведочную сеть и больше ориентироваться на горные работы. Это влечет за собой значительное увеличение объема работ по документации, бороздovому опробованию, каротажу шпуров и другим видам работ. Например,

количество контрольных бороздовых проб здесь берется в полтора-два раза больше, чем на месторождениях второй и третьей групп. Большое внимание должно быть уделено борьбе с потерями и разубоживанием, контролю за полнотой отработки и эксплуатационной разведке в обрабатываемых блоках.

Общий комплекс геофизических работ на этих месторождениях мало отличается от комплекса, применяемого на месторождениях других групп. Однако обычно небольшая мощность рудных тел делает менее надежной количественную интерпретацию радиометрических измерений в массиве и заставляет усилить работы по радиометрическим измерениям отбитой горной массы.

На многожилных месторождениях пятой морфологической группы со многими десятками и даже сотнями мелких рудных тел, большим количеством одновременно обрабатываемых блоков (несколько десятков) комплексы геолого-геофизических работ и организация геолого-геофизической службы являются особенно специфичными.

Роль буровой разведки здесь становится крайне ограниченной и основная тяжесть переносится на горные работы. Большой метраж горных выработок вынуждает сокращать позабойную документацию и пользоваться более производительным геологическим картированием, прибегая к позабойной документации только в наиболее ответственных местах и в случаях; когда бывает необходимо отразить геологические детали в крупном масштабе (например, 1 : 20). Обычные методы опробования (бороздовые, задирковые) здесь заменяются учетом позабойной (или поблочной) добычи с применением экспресс-анализа, что вызывает совершенно иную организацию работ. Большое место занимают работы, связанные с эксплуатационной разведкой и контролем за полнотой отработки, которые осуществляются с помощью рассечек, камерных скважин, шпуров, гамма-каротажа и гамма-профилирования. Большое значение имеет также учет потерь и разубоживания и борьба с ними.

Так как многожилные месторождения обычно обрабатываются с применением закладки, в которой возможны потери урана, последняя систематически контролируется радиометрическими измерениями или горстевым опробованием. В связи с малой мощностью рудных тел количественная интерпретация радиометрических измерений в массиве, на месторождениях пятой группы, мало надежна. Поэтому здесь в комплексе геофизических работ преобладают количественные измерения (экспресс-анализ) отбитой рудной массы.

Высокая контрастность руды позволяет применять селективную отбойку руд, сортировку их в забоях и на поверхности и радиометрическое обогащение, что значительно увеличивает объем геофизических работ и применение различных установок, приспособленных для богатых и рядовых руд, а также пород, направляемых в отвалы.

При отработке зоны окисления на месторождениях всех групп объем радиометрических и экспериментальных работ значительно увеличивается. Количественная интерпретация радиометрических данных при этом сильно осложняется. Это связано с нарушением радиоактивного равновесия и высокой эманлирующей способностью окисленных руд. Количество замеров, приходящихся на 1 м<sup>2</sup> рудной площади, увеличивается примерно в два раза по сравнению с участками, где радиосактивное равновесие не нарушено. Объем контрольного бороздского опробования также увеличивается в 3—4 раза.

Количественная интерпретация радиометрических измерений при работе с окисленными рудами требует введения особых поправок на радиоактивное равновесие и эманирование, которые выводятся на основании большого количества предварительных исследований. Для этих целей в структуре геофизической службы должна предусматриваться методическая группа.

---



---

## ГЛАВА I

### НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

#### 1. ТИПЫ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Подробное описание генетических типов урановых месторождений и их классификации приведены в опубликованных работах Д. Я. Суражского [67], В. С. Домарева [26], В. Г. Мелкова [50] и других авторов [38, 39, 41, 82, 88].

Для решения практических задач рудничной геолого-геофизической службы и эксплуатации первостепенное значение имеют классификации месторождений по морфологическим признакам. Такая классификация, разработанная Д. Я. Суражским применительно к урановым месторождениям [67], почти полностью излагается нами ниже.

В этой классификации все урановые месторождения по размерам и форме рудных тел с учетом равномерности и прерывистости оруденения разделены на пять групп.

Первая группа включает выдержанные пласты ураноносных осадочных пород, развитых на площадях, измеряемых десятками квадратных километров без значительных перерывов (коэффициент рудоносности близок к единице). Распределение урана в пределах всего пласта равномерное (коэффициент вариации не выше 20—30%), содержание урана в руде — невысокое (сотые доли процента). Контуры оруденения обычно совпадают с литологическими границами, поэтому они могут устанавливаться визуально. Однако в нижних частях пласта иногда наблюдается переслаивание рудных и нерудных прослоев. В таких случаях промышленный контур устанавливается на основании радиометрических измерений и с помощью секционного бороздового и кернового опробования.

Несмотря на низкое содержание урана в руде, запасы таких месторождений достигают десятков и сотен тысяч тонн металла.

Вторая группа представляет собой крупные пластообразные залежи с неравномерным распределением урана, приуроченные к определенным стратиграфическим горизонтам. В отличие от месторождений первой группы промышленное оруденение здесь более неравномерное и распространяется не по всей мощности пласта, а образует в нем внутрипластовые залежи, разобщенные неконтинентальными рудами или безрудными породами. На некоторых месторождениях наблюдается многоярусное расположение залежей, находящихся в различных стратиграфических горизонтах.

Размеры наиболее крупных залежей достигают тысяч и десятков тысяч квадратных метров при мощности от нескольких десятков сантиметров до 8—10 м, а в отдельных случаях до 25—30 м.

К этой группе относятся наиболее крупные из известных эпигенетических месторождений урана в осадочных породах преимущественно континентальных фаций.

На месторождениях второй группы нередко отмечается весьма сложная форма рудных тел, широкое развитие складчатой и разрывной тектоники в пределах рудных полей, значительная неравномерность и прерывистость оруденения. Коэффициенты вариации содержаний достигают 100%, коэффициенты рудоносности — 1,0—0,8%. Содержание урана в рудах обычно невысокое (сотые или десятые доли процента), но в отдельных пробах может достигать целых процентов. Контуры промышленного оруденения устанавливаются только при помощи радиометрических измерений или бороздowego опробования.

На ряде месторождений второй группы руды являются комплексными: железо-урановыми, медно-урановыми (с примесью кобальта, никеля, молибдена, таллия, серебра).

Третья группа представлена мощными пластообразными, столбообразными и жилообразными залежами, форма и положение которых в пространстве часто контролируются структурными факторами. Рудные тела обычно находятся вблизи крупных разломов в сложной системе опояривающих трещин либо в самих разломах. Они нередко имеют штокверковое строение, отличаются резкой изменчивостью форм и условий залегания.

Оруденение неравномерное, прерывистое (коэффициент вариации достигает 150%, коэффициент рудоносности находится в пределах 0,5—0,8). Промышленные контуры устанавливаются с помощью опробования. Месторождения этого типа обычно ограничиваются небольшим числом рудных тел (1—4). Площадь таких залежей (в плоскости их падения) не превышает нескольких сотен тысяч квадратных метров. Руды месторождений третьего типа также часто являются комплексными.

К этой группе относятся многие пластообразные тела в осадочных породах континентальных фаций, метасоматические залежи на крыльях крутых складок, жилообразные залежи, штокверки



в зонах дробления, столбообразные тела на пересечениях тектонических зон и т. д.

Четвертая группа включает месторождения, представленные линзообразными и гнездообразными залежами площадью в сотни, тысячи квадратных метров, приуроченными к определенным стратиграфическим горизонтам или разрывным нарушениям. Литологический и структурный контроль здесь выражен не так четко, как на месторождениях других групп.

Рудные линзы группируются в пределах сравнительно узких полос шириной до 300—500 м, протягивающихся на многие сотни и тысячи метров. Коэффициент рудоносности этих полос не превышает 0,25—0,50. Коэффициент вариации содержания в контурах рудных линз достигает 200%. Контур промышленного оруденения устанавливаются только по данным опробования или гаммаизмерений.

К этой группе относятся месторождения урана, в значительной мере созданные с участием инфильтрационных процессов или метаморфизма, а также мелкие линзы гидротермальных руд в зонах тектонических контактов, пластовые и седловидные жилы в куполовидных структурах.

Пятая группа охватывает гидротермальные месторождения, формирующиеся преимущественно в открытых полостях. Рудные тела имеют форму плоских линз, приуроченных к тонким минерализованным трещинам разрыва и скола, оперяющим мощные разломы. В пределах рудоносных структур скопления рудных линз чередуются с безрудными участками, образуя рудные столбы. В местах перегиба, сопряжения трещин или при пересечении благоприятных вмещающих пород нередко образуются обогащенные участки.

Коэффициент рудоносности минерализованных трещин, жил или зон не превышает 0,25—0,02, коэффициент вариации — более 200%.

Благодаря высокому содержанию металла в рудах и большому количеству рудных жил в пределах рудного поля, месторождения пятой группы занимают видное место в общем балансе запасов и добыче урана. По группировке, принятой ГКЗ, месторождения первой морфологической группы относятся к группе «а», второй — к группе «б», третьей — к группе «в», четвертой и пятой — к группе «г».

## 2. РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УРАНОВЫХ РУД

Методы и характер радиометрических работ, проводимых на рудниках, в основном определяются природой радиоактивности руд (урановая, ториевая, урано-ториевая руда), состоянием радиоактивного равновесия в руде, эманлирующей способностью и радиоактивной контрастностью руд.

## Природа радиоактивности руд

В промышленных урановых месторождениях торий обычно присутствует в количествах, не превышающих его кларк (до 0,005%). Лишь в единичных случаях, например в ураноносных конгломератах Блайнд Ривер, содержание тория составляет 0,05%, а в ураноносных пегматитах и пегматоидных жилах иногда достигает десятых и целых процентов.

Таким образом, по природе радиоактивности все промышленные месторождения урана можно разделить на две группы: месторождения собственно урановых руд и месторождения ураноториевых руд.

В настоящее время основные промышленные запасы урана сосредоточены в месторождениях первой группы. Практическое значение ураноториевых месторождений пока ограничено. Однако надо иметь в виду, что наличие тория в количествах более 0,01% уже существенно сказывается на количественных радиометрических измерениях бедных и забалансовых урановых руд. Поэтому при любых количественных радиометрических измерениях необходимо предварительно выяснить количество и характер распределения тория в урановой руде.

## Радиоактивное равновесие

Между количеством урана и продуктами его распада в рудах и минералах, не подвергавшихся вторичным изменениям, обычно существует определенное весовое соотношение, соответствующее радиоактивному равновесию в урановом ряду [4]. Благодаря равновесию при радиометрических измерениях становится возможным косвенно определять количество урана в руде по гаммаизлучению продуктов его распада — Ra (B + C).

Урановые руды с практически ненарушенным радиоактивным равновесием могут быть только на месторождениях, совершенно не затронутых гипергенными процессами; руды тория всегда равновесны.

В зоне гипергенеза [50] вследствие различной миграционной способности урана, иония, радия и продуктов его распада радиоактивное равновесие обычно нарушается. Характер и степень нарушения радиоактивного равновесия зависят от химизма вод, циркулирующих в зоне окисления, от состава вмещающих пород и руд и ряда других факторов, способствующих преимущественному выносу и переотложению урана или радия.

Соотношение между количеством радия ( $q_{Ra}$ ) и урана ( $q_U$ ) в руде определяется коэффициентом радиоактивного равновесия ( $K_{p.p.}$ ).

$$K_{p.p.} \% = \frac{q_{Ra} \text{ (г/г породы)}}{q_U \cdot 3,4 \cdot 10^{-7} \text{ (г/г породы)}} \cdot 100, \quad (1)$$

где  $3,4 \cdot 10^{-7}$  — постоянный коэффициент, характеризующий отношение равновесных количеств радия и урана.

Для неокисленных руд  $K_{p, p}$  обычно близок к 100%. Для практических целей следует различать локальные и зональные нарушения радиоактивного равновесия. Локальные нарушения проявляются на коротких интервалах (1—5 м) как в сторону избытка, так и в сторону недостатка урана. Закономерностей в чередовании интервалов с равновесными и неравновесными рудами обычно не наблюдается. Если  $K_{p, p}$  существенно отличен от 100% при аналогичных локальных колебаниях в обе стороны, то такое равновесие называется локально-зональным. Зональные нарушения равновесия (односторонний сдвиг его в целом по геохимической зоне без существенных колебаний на коротких интервалах) наблюдаются редко.

На урановых месторождениях с большим количеством сульфидов в приповерхностных частях наблюдается смещение равновесия в сторону избытка радия за счет интенсивного выноса урана. В зоне цементации, где накапливаются регенерированные черни, наоборот, ощущается недостаток радия. Недостаток радия характерен также для зон окисления, формирующихся в условиях щелочной среды, где заметной миграции урана за пределы рудного тела обычно не наблюдается.

При значительном развитии в зонах окисления вторичных минералов урана, в которых радиоактивное равновесие еще не установилось, будет иметь место зональный сдвиг равновесия в сторону недостатка радия.

Сложность процессов миграции радиоэлементов приводит к значительным вариациям в характере и величине нарушений радиоактивного равновесия по отдельным пробам, рудным телам и зонам месторождения. Например, на одном урановом месторождении по отдельным пробам в зоне окисления преимущественно бедных руд величина  $K_{p, p}$  варьировала от 20 до нескольких тысяч процентов, а в зоне сравнительно богатых руд, незначительно затронутых окислительными процессами, — от 80 до 120%.

На многих известных месторождениях, особенно бедных, представленных главным образом окисленными рудами, наблюдается заметное увеличение коэффициента радиоактивного равновесия по мере уменьшения содержания урана в руде.

Изредка отмечается более или менее четко выраженное изменение величины коэффициента радиоактивного равновесия в направлении к флангам и на глубину месторождения.

### Эманирование урановых руд

В процессе радиоактивных превращений Ra и Th выделяют газообразные эманации — радон и торон. Эти элементы могут в виде свободных атомов заполнять пустоты и капилляры в горных породах, проникать в деформированные кристаллические решетки минералов или свободно выделяться во внешнее про-

странство, нарушая, таким образом, радиоактивное равновесие в руде.

Эманирующая способность руды зависит от характера урановой минерализации, от микроструктуры, трещиноватости и разрушенности пород и руд, от их агрегатного состояния, а также от температуры и от влажности внешней среды.

Эманирующая способность характеризуется коэффициентом эманирования, равным отношению количества выделяющихся эманаций к общему их количеству, накопившемуся в руде.

Наиболее высокие коэффициенты эманирования характерны для окисленных разрушенных руд со вторичными минералами урана.

Для природных образований И. Е. Старик [66] установил следующие закономерности эманирования:

1) минералы плотного строения эманируют слабо; вторичные, достаточно разрушенные, урановые минералы обычно имеют высокий коэффициент эманирования;

2) эманирующая способность внешних «корок» у разрушенных минералов может в 500—1000 раз превышать эманирующую способность хорошо сохранившихся участков минерала;

3) всякое разрушение кристаллической решетки уранового минерала приводит к увеличению коэффициента эманирования;

4) в природных условиях вода, вымывающая радий из капилляров в минералах, иногда приводит к уменьшению их эманирующей способности.

Этими причинами объясняется часто наблюдаемая разница в эманирующей способности руд, находящихся в целике или в отбитых штуфах и порошковых пробах, взятых с одного и того же месторождения.

Корреляция между содержанием урана в руде и коэффициентами эманирования обычно не наблюдается.

### Радиометрическая контрастность руд

Радиометрическая контрастность руд определяется диапазоном изменения радиоактивности отдельных штуфов и порций отбитой горнорудной массы. Чем больше диапазон изменения радиоактивности и чем скачкообразнее эти изменения, тем контрастнее руда. Существует несколько методов определения степени радиоактивной контрастности руды. В общем случае для этих целей от отбитой руды отбирается горстевым способом, или методом вычерпывания, представительная проба. Штуфы или небольшие порции, составляющие пробу, измеряют радиометром для определения в них среднего содержания урана.

Штуфы (или порции отбитой массы) объединяются в группы, отличающиеся между собой по радиоактивности не менее чем в полтора-два раза. Чем резче эти группы различаются между собой по радиоактивности, тем контрастнее руда.

Наиболее простым способом качественного определения критерия радиометрической контрастности по этим данным является использование коэффициента  $K_{р.к}$ :

$$K_{р.к} = \frac{P_{ш}}{P_{м}} \cdot 100 (\%), \quad (2)$$

где  $K_{р.к}$  — коэффициент радиометрической контрастности;  
 $P_{ш}$  — средняя радиоактивность наиболее богатых штуфов или порций руды данного типа и класса крупности;  
 $P_{м}$  — средняя радиоактивность обогащаемого класса рудной массы.

По величине коэффициента радиометрической контрастности (%) руды подразделяются на четыре группы:

Высококонтрастные . . . . .	больше 1000
Средней контрастности . . . . .	300—1000
Слабоконтрастные . . . . .	200—300
Неконтрастные . . . . .	меньше 150—200

Высококонтрастные руды встречаются преимущественно на гидротермальных жильных месторождениях урана. Осадочно-метаморфологенные и гидротермально-метасоматические месторождения представлены обычно среднеконтрастными, а иногда и слабоконтрастными рудами. Руды осадочных и инфильтрационных месторождений, как правило, относятся к неконтрастным или слабоконтрастным, реже — к контрастным.

Другие способы более точного определения контрастности предполагают статистическую обработку указанных первичных данных. При этом учитывается не только среднее содержание урана в отдельных штуфах или порциях обогащаемого материала, но и весовой выход продуктов обогащения (концентрата и хвостов).

Приведенные сведения о радиологических свойствах урановых руд и о практическом значении этих свойств указывают на необходимость тщательного изучения природы радиоактивности, состояния радиоактивного равновесия, эманирования и контрастности руд. Без этих данных не может быть сделан правильный выбор и обоснование комплекса радиометрических работ, необходимых для обслуживания рудника.

### 3. ТРЕБОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ К УРАНОВЫМ РУДАМ

По инструкции Министерства геологии и охраны недр [33] промышленные рудные месторождения по запасам полезных ископаемых делятся на три категории: крупные, средние и мелкие. Эта группировка может быть распространена и на урановые месторождения, которые не отражены в упомянутой инструкции. Ниже приводится табл. 1, которой можно пользоваться при ориентировочной оценке масштабов месторождения по запасам урана и сопутствующих ему полезных компонентов. Необходимо иметь



## Ориентировочная оценка масштабов месторождений по запасам урана и сопутствующих ему полезных компонентов

Полезные ископаемые	Масштабы месторождений по запасам, тыс. т		
	крупные	средние	мелкие
Уран . . . . .	Свыше 10	1—10	Менее 1
Висмут . . . . .	» 2	0,5—2	» 0,5
Никель . . . . .	» 50	10—50	» 10
Кобальт . . . . .	» 3	1—3	» 1
Серебро . . . . .	» 1	0,1—1	» 0,1
Молибден (металл) . . . . .	» 5	1—4	» 1
Свинец . . . . .	» 500	50—500	» 50
Ванадий . . . . .	» 500	50—500	» 50
Золото . . . . .	» 0,01	0,001—0,01	» 0,001
Тантал и ниобий . . . . .	» 5	0,5—5	» 0,5
Цирконий . . . . .	50—100	10—50	» 10
Редкие земли:			
а) цериевые . . . . .	Свыше 10	1—10	» 1
б) иттриевые . . . . .	» 0,2	0,05—0,2	» 0,05
Железо . . . . .	» 100*	10—100*	» 10*
Фосфорит . . . . .	» 10*	1—10*	» 1*
Уголь каменный . . . . .	» 200*	50—200*	» 50*

\* В миллионах тонн.

в виду, что для промышленной оценки одних цифровых сведений о запасах недостаточно, так как месторождения с очень крупными запасами, но с низким содержанием и с плохо обогатимыми рудами могут попасть в разряд непромышленных.

Как видно из литературных обзоров по урановым месторождениям капиталистических стран [41], промышленное содержание урана в добываемых рудах колеблется в широких пределах—от сотых и десятых долей процента до целых процентов. Минимальное промышленное содержание для комплексных руд в большинстве случаев близко к 0,05%, однако на некоторых месторождениях с очень крупными запасами учитываются разведанные руды и с более низкими содержаниями—до 0,02% (0,02% в золотоносных конгломератах, 0,01—0,03% в фосфоритах и т. д.).

Промышленные сорта руды выделяются на рудниках в соответствии с требованиями технологии. В настоящее время на многих месторождениях принято выделять пять сортов руды: очень богатые, богатые, получаемые при штучной сортировке, рядовые, бедные или фабричные, требующие сортировки или обогащения, и забалансовые руды, содержание урана в которых ниже установленного промышленного лимита [69].

При выборе способа технологической переработки руды наряду с сортностью учитываются и такие свойства, как радиоактивная

контрастность, вещественный состав руды, размеры минеральных зерен, количественное соотношение между первичными и окисленными урановыми минералами, химические свойства урановых и нерудных минералов, составляющих руду.

Контрастность, размеры минеральных зерен в руде и состав урановых минералов определяют возможности механического обогащения. Так, контрастные руды могут обогащаться с помощью радиометрических установок.

Руды, в которых уран связан с первичными минералами большого удельного веса (уранинитом, настураном, урансодержащими титанатами и тантало-ниобатами), могут обогащаться гравитационными методами.

Размеры минеральных зерен позволяют выбрать необходимую степень измельчения руды для более полного вскрытия урановых минералов при дроблении. Остальные свойства учитываются при выборе схемы гидрометаллургической (кислотной, щелочной) или пирометаллургической переработки руды.

По размерам минеральных зерен руды делятся на грубозернистые (зерна не менее 3 мм в поперечнике), среднезернистые (3—0,1 мм), мелкозернистые (0,1—0,07 мм) и тонкозернистые (меньше 0,07 мм).

По соотношению окисленных и первичных урановых минералов выделяются: 1) первичные руды, в которых уран почти полностью связан с первичными минералами — уранинитом, настураном и частично с чернями; 2) окисленные руды с вторичными урановыми минералами зоны окисления; 3) смешанные руды — со значительным количеством первичных и окисленных минералов.

По вещественному составу руды разделяются на собственно урановые и комплексные (урано-никель-кобальт-серебро-висмутовые, урано-ванадиевые, урано-молибденовые, урано-полиметаллические, урано-медные, железо-урановые, урано-фосфатные, урано-угольные и т. д.).

При оценке практического значения полезных примесей, обнаруживаемых в урановых рудах, можно пользоваться табл. 2, где указаны содержания, при которых эти примеси могут представлять промышленный интерес.

Некоторые комплексные урановые руды делятся на сорта не только по урану, но и по сопутствующим элементам. Например, урано-ванадиевые руды относятся к низкопроцентным по ванадию, если содержание последнего не превышает 75%, и к высокопроцентным — при содержании окиси ванадия более 0,73% [87]. По фосфору выделяются руды низкосортные (8—16%  $P_2O_5$  и менее), среднего сорта (16—22%  $P_2O_5$ ) и высокосортные (более 22%  $P_2O_5$ ).

По нерудной составляющей руды относятся к силикатным или карбонатным (силикатными считаются руды, в которых основная масса нерудных минералов представлена силикатами и алюмосиликатами). Карбонатные руды делятся на слабокарбонатные



## Оценка практического значения полезных примесей, встречающихся в урановых рудах

Наименование примесей	Содержание, %	Примеси, учитываемые в комплексных рудах (не урановых), %
Никель	0,2—0,4	0,36 и выше
Кобальт	0,1—0,2	0,01 и выше
Висмут	0,1—0,2	0,05 и выше
Серебро	0,001—0,002	Сотые — тысячные доли
Золото	Тысячные — десяти- тысячные доли	Десятитысячные доли
Ванадий	0,2—0,5 и выше	0,7 — в карнотитовых рудах, 0,1 и выше — в железных, марганцевых и алюминиевых рудах
Молибден	0,03—0,06 и выше	0,005 и выше
Свинец	0,03—0,6 и выше	0,5—1,5 и выше
Медь	0,5—1,0	0,7 (иногда ниже)
Олово	до 0,1	0,1 и выше
Таллий	0,05—0,1	сотые — тысячные доли
Цирконий	0,5—1,0	0,5—1,0 и выше
Тантал и ниобий	0,01—0,04	Сотые доли (в пегматитах)
Редкие земли	до 0,5	Сотые доли (в россыпях), более 1% в лопаритовых рудах
Железо	40—60	От 20 (сидеритовая руда) до 64 (магнетитовая руда)
Фосфор	8—30	8—40

(CaCO<sub>3</sub> менее 6%), среднекарбонатные (от 6 до 18%) и сильнокарбонатные (выше 18%).

По поведению в гидрометаллургическом процессе урановые руды подразделяются на три группы:

а) упорные, требующие энергичной обработки сильными окислителями для разложения урановых минералов (пегматиты с уранинитом и урансодержащими тантало-ниобатами и титанатами, урансодержащие флюоритовые руды);

б) менее упорные, но также требующие особых условий для разложения, например предварительного обжига с целью окисления, удаления органического вещества, дегидратации и т. д. (смолково-сульфидные, низкопроцентные и углисто-глинистые сланцы, лигниты и др.);

в) руды со свободно растворяющимися минералами урана, к числу которых относятся окисленные «слюдковые» руды, карнотитовые медно-урановые песчаники и т. д. [87].

## ГЛАВА II

### СИСТЕМЫ РАЗВЕДКИ И РАЗРАБОТКИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ НА УРАНОВЫХ РУДНИКАХ

#### 1. СИСТЕМЫ РАЗВЕДКИ

Разведка на эксплуатируемых месторождениях «сопровождает разработку месторождений, уточняет детали геологического строения отдельных участков, необходимые для правильной эксплуатации. Кроме того, задачей ее является расширение сырьевой базы действующего предприятия путем развития фронта разведочных работ как на флангах, так и в глубинных частях месторождения» [63]. В соответствии с этим рудничная разведка может быть подразделена на опережающую (промразведка) и сопровождающую эксплуатационные работы. Такое разделение оправдывается не только различием в назначении разведочных работ, но и различием в методике разведки, способах планирования, в источниках финансирования и т. д. Например, по существующему положению разведочные выработки, проходимые в целях увеличения запасов действующих и строящихся рудников, задаются по проектам разведочных работ, а расходы по разведке списываются с баланса ежегодно на уменьшение полученного финансирования.

Разведочные выработки, проходимые для уточнения направления горноподготовительных и эксплуатационных работ, проектируются и планируются в условных объемах, а затраты распределяются на общий тоннаж подготовленных запасов и погашаются по мере их выемки с отнесением на себестоимость руды.

Целью опережающей разведки, как уже отмечалось, является уточнение запасов в блоках низких категорий, создание необходимого фронта для развития подготовительных работ, расширение перспектив рудника и подготовка к промышленному освоению новых участков, находящихся в пределах рудного поля.

Собственно эксплуатационная (сопровождающая) разведка ограничивается пределами обрабатываемых блоков. Необходи-

мость в ее проведении, объемы и методы разведки определяются в процессе подготовки блоков к эксплуатации и во время очистной выемки.

Целью разведки является: уточнение промышленного контура и запасов в обрабатываемом блоке; оценка рудоносности эксплуатационных блоков на месторождениях с низким коэффициентом рудоносности; выделение границ промышленных сортов в забое при селективном способе выемки; выявление и оценка слепых и сопряженных рудных жил; поиски смещенных частей рудного тела; контроль за полнотой отработки и др.

Разведка месторождений осуществляется горными выработками и скважинами глубокого и камерного бурения в сочетании с гамма-съемкой горных выработок и гамма-каротажем шпуров и скважин. Соотношение объемов горных буровых работ для разных морфологических типов месторождений разное.

Направление горных выработок и скважин при разведке выбирается в соответствии с расположением рудоконтролирующих структур, благоприятных для рудоотложения пород и фаций, с учетом условий залегания рудных тел, их морфологии и размеров, характера распределения оруденения и т. д. Кроме того, горные выработки при детальной разведке располагаются с учетом принятых на месторождении систем подготовки и разработки с той целью, чтобы их можно было использовать в дальнейшем для различных технических целей.

В эксплуатационной разведке особенно большое значение имеют камерные скважины и разведочные шпуров.

Вопрос о разведочной сети при детальной разведке на эксплуатируемых месторождениях в каждом отдельном случае решается на основании анализа геологических материалов и сопоставления имеющихся на руднике фактических данных по предыдущей разведке и добыче. Для общей ориентировки может быть использована табл. 3, в которой показаны примерные расстояния между горными выработками, принимаемые при детальной разведке урановых месторождений различных морфологических типов.

Детальная и эксплуатационная разведка на урановых месторождениях различных морфологических типов осуществляется следующими методами.

Пластовые месторождения первого морфологического типа с горизонтальным или слабонаклонным залеганием пластов разведываются преимущественно скважинами колонкового бурения, разбуриваемыми по изометричной или прямоугольной сетке.

При расстоянии между скважинами до 200 м запасы относятся к категории  $A_2$ . При расстоянии между скважинами до 400 м запасы квалифицируются категорией  $B$ .

На вновь разведываемых месторождениях этого типа проходятся в небольшом количестве горные выработки (шурфы, шахты с рас-

Таблица 3

Расстояние между горными выработками ( $M$ ) для квалификации месторождений в стадии подготовки к эксплуатации в зависимости от категории запасов (по данным Д. Я. Суражского [69])

Морфологическая группа месторождений	Вид разведочных выработок	$A_2$		$B$		$C_1$	
		По простиранию	По падению	По простиранию	По падению	По простиранию	По падению
I	штреки рассечки	— 80—120	200 —	400 80—120	400 —	— —	— —
II	штреки и восстающие рассечки	40—60	40—60	80—120	80—120	—	—
		40—60	—	40—60	—	—	—
III	То же	— —	— —	80—120 20—40	40—80 —	80—120 20—40	80—120 —
IV	» »	— —	— —	— —	— —	40—60 10—20	40—60 —
V	» »	— —	— —	— —	— —	30—50 —	30—50 —

сечками) главным образом с контрольными целями: для определения надежности буровых работ, для выяснения горнотехнической характеристики, а также для отбора технологических проб. При разведке, проводимой на эксплуатируемых месторождениях, надобность в такого рода контрольных работах обычно отпадает и доразведка площадей в пределах рудного поля может быть осуществлена исключительно бурением.

Эксплуатационная разведка на месторождениях этого типа проводится в небольшом объеме горными выработками, камерными скважинами и шпурами в основном с целью установления границ промышленного оруденения в пределах пласта.

В случае волнистой поверхности почвы рудного пласта при наличии так называемых зон переслаивания, сопровождающих рудный пласт, иногда может возникнуть необходимость в проходке контрольных шпуров или неглубоких скважин в лежащем боку пласта для того, чтобы убедиться в полной его отработке.

На некоторых рудниках контроль за полнотой отработки выполняется силами бригад забойщиков, снабженных полевыми радиометрами и обученных работе с приборами. Зная, какие показания прибора отвечают тому или иному сорту руды или пустой породе, забойщики сами делают разметку пласта, в соответствии с которой и производят отбойку руды. Таким же путем они осуществляют и контроль за полнотой зачистки подошвы выработок.

К р у п н ы е п л а с т о о б р а з н ы е з а л е ж и м е с т о р о ж д е н и й II морфологического типа детально разведуются системой горнобуровых работ.

Горными работами устанавливаются границы промышленного оруденения по мощности пласта, проверяются показатели, полученные при бурении, и выясняется горнотехническая характеристика месторождения. Данные разведки служат основой для перевода запасов в более высокие категории.

Мощность рудных тел здесь обычно превышает ширину горных выработок, поэтому при разведке большое значение приобретают орты и камерные скважины, задаваемые для вскрытия и опробования рудных тел по всей их мощности.

Применение камерного бурения взамен горных выработок повышает скорость разведки и снижает ее стоимость примерно в 3—4 раза.

На некоторых месторождениях, относимых ко второму морфологическому типу, рудные тела располагаются в несколько ярусов. В таких случаях разведкой охватывается вся рудоносная свита или зона, в пределах которой могут быть встречены рудные залежи. С этой целью обычно проходят магистральный штрек по главному рудному телу или полевой штрек, из которого систематически задают квершлагги и заменяющие их камерные скважины, полностью пересекающие рудоносную свиту.

Подсеченные квершлаггами или скважинами рудные тела, зоны или пласты с благоприятными для оруденения признаками прослеживаются штреками. Расстояние между квершлаггами, рассечками и скважинами выбирается с учетом ожидаемых перспектив разведываемого участка.

В малоперспективных участках квершлагги задаются через 100—200 м, в более надежных — через 25—50 м. Мощные рудные тела пересекаются рассечками через 25—10 м, вскрывающими всю мощность пласта.

Камерные скважины, проходимые стенками типа ГП-1, X-2, X-4 и т. д., бурятся длиной до 40—70 м, так что при двухстороннем заложении их из магистральной выработки разведкой захватывается полоса шириной в 100—150 м. При хорошо поставленном гамма-каротаже буровые работы дают достаточно надежные качественные и количественные показатели для оценки оруденения.

По вертикали наклонные и крутопадающие рудные тела разведуют восстающими, этажными штреками и скважинами



колонкового камерного бурения. Расстояние между восстающими для целей разведки обычно берется равным двойной или нормальной длине эксплуатационного блока. На месторождениях с очень мощными рудными телами или при площадном штокверковом орудении восстающие задаются по сетке размером от  $50 \times 50$  м до  $25 \times 25$  м.

Расстояние между основными этажными штреками определяется размерами рудных тел, принятой системой разработки, экономическими расчетами и практическим опытом по эксплуатации месторождения. Обычно при значительной протяженности рудных тел высота этажа берется от 40 до 60—70 м, длина блока — от 40 до 70—90 м.

При выборе места заложения разведочных и подготовительных горных выработок учитываются геологические особенности месторождения и варианты принятых систем разработки. Например, при слабой устойчивости руды, при сложной гипсометрии почвы горизонтального и слабонаклонного рудного пласта, а также в условиях газо- и нефтеносности целесообразно проходить полевые выработки в более устойчивых вмещающих породах, а не по рудному телу.

На месторождениях с мощными рудными телами (при достаточной устойчивости руд и спокойном их залегании) штреки проходят по одному из наиболее устойчивых контактов рудного тела, чаще в лежащем боку или в середине его.

Проходка штреков в висячем боку рудного тела бывает целесообразна в том случае, когда породы висячего бока отличаются большей устойчивостью или когда это вызывается особенностями принятой системы разработки.

Собственно эксплуатационная разведка на месторождениях II морфологического типа из-за сложности формы рудных тел приобретает большое значение. В ее задачу входит постоянный контроль за полнотой отработки рудных тел и уточнение промышленных и сортовых контуров.

Эксплуатационную разведку ведут при помощи рассечек, разведочных шпуров и камерных скважин, задаваемых в стенки очистных выработок, с широким использованием гамма-съемки и гамма-каротажа.

На месторождениях особо сложной формы эксплуатационная разведка производится путем проходки дополнительных восстающих в блоках, рассечек из восстающих для вскрытия всей мощности рудного тела, а также подэтажных штреков. При благоприятных результатах дополнительные выработки используются как нарезные при подготовке блока.

Месторождения третьего морфологического типа разведываются системой горнобуровых работ при ведущей роли горных выработок-штреков, квершлагов, ортов, восстающих и при подчиненном значении буровых скважин.

Орты и рассечки для вскрытия и опробования рудного тела

проходят по всей мощности. Интервалы между ортами и рассечками в зависимости от размеров рудных тел, степени прерывистости и равномерности оруденения принимаются равными от 10—15 м до 25—40 м. В некоторых случаях орты могут быть частично заменены скважинами камерного алмазного бурения.

По данным Д. Я. Суражского, колонковое бурение при расстоянии между скважинами в 50 м дает возможность оценивать запасы по категории  $C_1$ ; запасы, разведанные горными выработками на таких месторождениях, квалифицируют не выше категории  $B$ .

Собственно эксплуатационная разведка на месторождениях третьего типа ведется на основных и подэтажных штреках и в очистных выработках теми же способами и средствами, которые были изложены выше при описании разведки месторождений второго типа.

Месторождения четвертого морфологического типа разведуют также комбинированной горно-буровой системой. Разведочные линии колонкового бурения ориентируют вкрест простирания рудоносных полос с расстояниями между линиями 50—70 м и между скважинами на линиях 30—40 м. С помощью буровой разведки определяются только общие контуры рудоносной полосы. Детальная разведка рудных тел производится горными выработками.

Расстояния между выработками (восстающими и этажными штреками) обычно принимают равными длине и высоте эксплуатационного блока (40—60 м) и расстояние между рассечками — не более 10—15 м.

По достоверности запасы, разведанные горными выработками и скважинами, не превышают категории  $C_1$ .

Собственно эксплуатационную разведку, имеющую здесь особенно большое значение, ведут при помощи тяжелых горных выработок — подэтажных штреков, восстающих, рассечек, а также при помощи камерных буровых скважин и разведочных шпуров.

При такой разведке широко используют гамма-каротаж скважин и шпуров и гамма-съёмку выработок.

Для контроля за полнотой обработки и поисков рудных линз производят систематическое обуривание периметра очистных выработок. При этом расстояние между разведочными шпурами принимается не более 2 м, глубина шпуров от 1—1,5 м до 10—12 м (при бурении колонковыми перфораторами).

Месторождения пятого морфологического типа представляют собой жилные системы или зоны, состоящие из серии приблизительно параллельных рудных тел малой мощности.

При детальной разведке на таких месторождениях всю рудоносную зону пересекают магистральными квершлагами, задавае-



мыми на различных горизонтах. Расстояние между квершлагами на каждом горизонте берут равным 50—100 м, иногда до 200 м, при расстоянии между горизонтами 30—40 м. Промежутки между магистральными квершлагами могут быть разбурены камерными скважинами.

Обнаруженные квершлагами рудные жилы увязываются между собою на планах и разрезах и затем прослеживаются штреками и восстающими.

Горноразведочные, подготовительные и нарезные горные работы на месторождениях пятого типа не обеспечивают высокой достоверности запасов, поэтому они квалифицируются не выше категории  $C_1$ .

Колонковое бурение на месторождениях пятого типа применяют достаточно широко, но главным образом для общей оценки перспектив продолжения оруденения на глубину или на флангах и для выявления структур и пород, благоприятных для оруденения.

Для месторождений этой группы характерны многочисленные рудные апофизы и сопряженные или субпараллельные минерализованные трещины и гнезда с богатым оруденением. В связи с этим при эксплуатационной разведке особенно большую роль приобретают рассечки, орты и длинные разведочные шпуры. Для того, чтобы уменьшить возможность пропуска сопряженных рудных апофиз, разведочные и подготовительные штреки обычно проходят непосредственно по основному рудному телу.

Приведенные ориентировочные сведения о методах разведки и о расстояниях между выработками должны при составлении проектов и проведении разведочных работ тщательно корректироваться на основе геологических данных по месторождению.

Следует при этом иметь в виду, что недостаточная разведанность и изученность месторождения может привести к увеличению потерь урана в недрах, к большому количеству непроизводительных затрат на «бросовые работы» при отработке площадей практически безрудной жильной массы, а также к нарушению плана добычи руды заданного качества. С другой стороны, применение рекомендуемых видов разведки и разведочных сеток без учета специфики геологического строения месторождения может привести к его переразведке и, следовательно, к перерасходу значительных средств.

## 2. СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ

На урановых месторождениях в пределах одного и того же рудника нередко применяется несколько систем разработки, к которым приходится приспосабливать многие виды работ по геологическому и геофизическому обслуживанию.

Наиболее распространенные системы разработок [1], условия их применения и основные параметры приведены в табл. 4.

## Системы разработок

	Условия применения		Горнотехнические показатели					Возможные (плановые) потери, %	Возможные (плановые) отбросы руды	Возможные (плановые) затраты, %
	Морфологические типы месторождений	Мощность рудных тел и элементы залегания	Устойчивость пород и руд	Длина блока, м	Высота этажа, м	Выемочная мощность, м	Высота слоя подэтажа, м			
<b>1. Системы разработки с открытым выработанным пространством</b>										
Подэтажными штреками	II-III	Мощные	Средней устойчивости и устойчивые	40—60	50—70	3—20	от 6—8 до 20	2—5	Валовая	10—20
Камерно-столовая с регулируемым оставлением целиков	II-III-IV	Пологие, малой и средней мощности; мощные	То же	100	Наклонная 100	0,6—1,4	0,6—1,4	7	Валовая и селективная	28
<b>2. Системы с магазинированием</b>										
С отбойкой горизонтальными слонами, с магазинированием руды	II-III-IV-V	Крутопадающие, малой и средней мощности; мощные	Средней устойчивости и устойчивые	40—60	40—70	1—20	2,2—2,8	2—10	Валовая	8—20
<b>3. Системы разработки с креплением и закладкой</b>										
Горизонтальные слои с распорной крепью или креплением квадратами окладами и закладкой	III-IV-V	Крутопадающие, малой и средней мощности; мощные	Неустойчивые и устойчивые	20—60	30—50	0,5—1,5	1—2,5	2—17	Валовая и селективная	3—54

Продолжение табл. 4

	Условия применения			Горнотехнические показатели					Возможные (плановые) потери, %	Возможное (плановое) разубоживание, %
	Морфологические типы месторождений	Мощность рудных тел и элементы залегания	Устойчивость пород и руд	Длина блока, м	Высота этажа, м	Высочайшая мощность, м	Высота слоя подэтажа, м	Способ отбойки руды		
Вертикальными прорезками	III—IV	Мощные	Неустойчивые	Прирезки 4,5—9,0	23—40	5—15	2,2	Валовая и селективная	3—5	5—20
Горизонтальными слоями с подработкой боковых пород в закладку	V	Крутопадающие, малой и средней мощности	Устойчивые	40—60	30—70	0,9—1,2	2—2,3	Селективная	3—6	10—30
Длинными столбами по простиранию или сплошной выемкой по простиранию с креплением и закладкой	II—IV	Пологопадающие, малой и средней мощности	Устойчивые до неустойчивых	12—80	10—60	1,0—3,5	1,0—3,5	То же	5—6	6—25
Лентами по востановлению с креплением и закладкой	II—IV	Полого- и крутопадающие, малой и средней мощности	Средней устойчивости до неустойчивых	40—50	30—72	0,8—2,5	0,8—1,5	»	5—10	30—40
Наклонные слои с гидро- или пневмозакладкой	II—III	Мощные	Неустойчивые	20—35	35—60	1,0—3,5	1,3—2,1	»	5—6	6—25
Горизонтальные слои с креплением и закладкой, с отработкой сверху вниз	II—III	»	»	20—40	40—50	3,1	2—3	Валовая, селективная	6	25

	Условия применения			Горнотехнические показатели					Способ отбойки руды	Возможные (планир.) проц. потер.	Возможное (планир.) разубоживание, %
	Морфологические типы месторождений	Мощность рудных тел и элементы залегания	Устойчивость пород и руд	Длина блока, м	Высота этажа, м	Выемочная мощность, м	Высота слоя подэтажа, м				
Подэтажные штреки с погашением междуштрековых целиков шпуровым опробованием	V	Крутопадающие, малой и средней мощности	Устойчивые	40—60	40—70	1,0—2,0	7—8	Селективная	3—6	10—30	
<b>4. Системы разработки с обрушением</b>											
Словое обрушение	II—III	Крутопадающие, малой и средней мощности; мощные	Неустойчивые	12—40	30—60	4—20	2,2—3,5	Валовая, селективная	3—18	5—20	
Сплошная выемка по падению с обрушением кровли	II—III	Мощные	»	12—24	10	До 3	3	Селективная	6	25	
Подэтажное обрушение (закрытый веер)	II—III	»	Устойчивые до неустойчивых	40—60	40—60	3—15	10—15	Валовая	15—38	15—16	
Подэтажное обрушение (камерно-траншейный вариант)	II—III	»	Средней устойчивости	60	60	30	20	»	15—20	15—20	
<b>5. Системы открытой разработки</b>											
Транспортная и бесспортная с внешним и внутренним отвалообразованием	I—III	Пологопадающие и мощные, крутопадающие	—	Глубина разра-ботки до 200—350 м	Коэффициент вскрытия до 12—14	Высота уступов от 5—6 до 12—15 м	—	Селективная	2—5	12—20	

## ГЛАВА III

### МЕТОДЫ РУДНИЧНОЙ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И ОПРОБОВАНИЯ

Геологическое изучение месторождения в объеме, необходимом для решения задач, стоящих перед рудничной геологической службой, начинается с момента передачи месторождения в эксплуатацию и продолжается до конца его отработки. При изучении уточняется форма рудных тел, их размеры и условия залегания, вещественный состав, сорта и типы руд, закономерности распределения рудных компонентов в пределах рудных тел, а также выясняется ряд других вопросов, имеющих не только практическое, но и научное значение.

Основными методами геологического изучения являются: зарисовки и описание естественных и искусственных обнажений горных пород, опробование горных выработок, скважин и шпуров, геологоструктурная съемка поверхности и горизонтов подземных выработок, а также комплекс лабораторных исследований, проводимых при камеральной обработке материалов.

#### 1. ИЗУЧЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И СКВАЖИН

##### Форма, размеры и условия залегания рудных тел

Форма, размеры и условия залегания рудных тел относятся к числу важнейших факторов, учитываемых при выборе системы и методики разведки, подготовки и отработки месторождения.

Контуры рудных тел и промышленные участки в них устанавливаются визуально, по данным опробования или по радиометрическим измерениям [56]. В пределах рудоносной структуры или пласта может находиться одно или несколько промышленных рудных тел, разбросанных безрудными участками.

Каждое промышленное рудное тело в свою очередь может быть очень сложным, состоящим из серии рудных линз, прожилков, гнезд и безрудных участков, включаемых при подсчете запасов в единый промышленный контур. Безрудные участки включают в промышленный контур только в тех случаях, когда размеры участков настолько малы, что оставление их в виде целиков при отработке рудного тела или технически невозможно или экономически невыгодно.

По форме рудные тела подразделяются на *изометрические*, имеющие примерно равные все три измерения, *столбовобразные* — резко удлиненные по падению, *плитообразные* — примерно одинаково вытянутые по простиранию и падению, и тела *сложной формы* [10].

Форма рудных тел изображается на погоризонтных планах, разрезах, блок-диаграммах или моделях, составляемых по материалам первичной документации горных выработок и скважин. По мере развития горных работ представление о форме может существенно изменяться.

При изучении формы рудных тел необходимо обращать внимание на характер контактов рудного тела с вмещающими породами. По отношению к вмещающей породе контакты могут быть резкими и постепенными или «слепыми». Резкие контакты легко документируются визуально при зарисовке и описании забоев выработок. Слепые контакты между рудным телом и вмещающей породой можно установить только при помощи радиометрической съемки забоя или секционного бороздового опробования.

По форме контакты могут быть ровными, переслаивающимися, извилистыми, ветвящимися (апофизными) [3]. Ровные и переслаивающиеся контакты более типичны для рудных тел осадочного происхождения. Неровные, извилистые контуры свойственны гидротермальным рудным телам, образующимся при метасоматозе вмещающих пород, и рудным телам метаморфогенных месторождений. Ветвящиеся формы контакта особенно характерны для жильных гидротермальных месторождений пятого морфологического типа.

При резких и ровных контактах документация и опробование значительно упрощаются. Легче поддаются контролю очистные работы и проще осуществляется раздельная выемка с наименьшими потерями и разубоживанием. При ветвящихся и неясных контактах особенно большое значение приобретают радиометрическая съемка и шпуровое опробование горных выработок.

Размеры рудных тел по простиранию и падению колеблются в очень широких пределах даже на одном и том же месторождении (табл. 5). Общая протяженность промышленного оруденения, идущего с перерывами или непрерывно, на разных месторождениях колеблется в широких пределах. На большинстве гидротермальных урановых месторождений оруденение просле-



Группировка рудных тел по размерам

Группы	Преобладающие размеры			Морфологические группы месторождений
	Длина по простиранию, м	Длина по падению, м	Площадь в плоскости рудного тела, м <sup>2</sup>	
Очень крупные	Сотни — тысячи	Сотни — тысячи	Десятки тысяч — сотни тысяч	I—II
Крупные	Сотни	Сотни	Десятки тысяч	II—III
Средние	Десятки — сотни	Десятки — сотни	Сотни — тысячи	III—IV—V
Мелкие	Единицы — десятки	Единицы — десятки	Единицы — десятки — сотни	IV—V

живается на глубину от 300—400 до 700—800 м и более (иногда свыше 1010—1100 м).

На известных осадочных месторождениях, находящихся в складчатых областях, оруденение по падению ограничивается примерно такими же интервалами (500—800 м). На месторождениях со спокойным залеганием рудоносных слоев ширина рудоносных полос, так же как и длина их, нередко измеряется километрами.

Мощность промышленных рудных тел на урановых месторождениях колеблется в широких пределах — от единиц сантиметров (на месторождениях с богатыми рудами) до единиц и десятков метров. В соответствии с принятой в горной практике системой, рудные тела по мощности разделяются на пять групп (табл. 6).

Разведку рудных тел первой, второй и частично третьей группы для вскрытия полной мощности рудного тела ведут с применением расчечек или камерного бурения.

Рудные тела IV и V групп по мощности укладываются в размеры сечения штреков, поэтому расчечки и скважины на этих месторождениях проходят в меньшем объеме и с другими целями (для поисков и вскрытия апофиз и субпараллельных линз).

На урановых месторождениях определение мощности рудного тела в выработках и скважинах часто затруднено из-за отсутствия четких границ с вмещающими породами.

В таких случаях на помощь приходит гамма-съемка забоев и гамма-каротаж, позволяющие быстро и достаточно точно наметить границы промышленного оруденения. При гамма-съемке в соответствии с показаниями прибора границы отмечаются прямо в забое мелом, краской, копытью карбидной лампы или деревянными колышками, забиваемыми в породу.

При определении мощности рудных тел сложной формы производят несколько измерений в разных точках забоя. Место замера



Группировка рудных тел по мощности

Группы	Мощность, м	Особенность способа подготовки и разработки месторождения
Весьма мощные	Более 15—20	Очистная выемка ведется вкрест простирания или с разделением рудного тела на части, вынимаемые раздельно
Мощные	От 3,5—5 до 15—20	При крутом падении очистная выемка может вестись на всю мощность рудного тела
Средние	От 1,3—2 до 3,5—5,0	Подрывка боковых пород не производится; мощность 5 м является пределом применения простой распорной крепи
Тонкие	От 0,5—0,8 до 1,3—2	В подготовительных выработках подрываются боковые породы; очистные ведутся без подрывки боковых пород
Весьма тонкие	Менее 0,5—0,8	Подготовительные и очистные выработки ведутся с подрывкой боковых пород

мощности обычно совмещается с местом взятия пробы. Если мощность рудного тела замеряют в плоскости, идущей под углом к линии простирания или падения его, то вносятся соответствующие поправки [63].

В выработках, идущих по простиранию или падению мощных рудных тел, мощность определяется в ортах или скважинах, заменяющих орты. В случае переслаивания рудных и безрудных полос вопрос о мощности решается в зависимости от того, возможна раздельная выемка рудных прослоев (прожилков, жил) или нет. Если селективная добыча возможна, мощность определяется для каждой рудной жилы или прослоя отдельно, если нет, то для всей рудоносной зоны, включая и безрудные прослои.

В. И. Смирнов [63] подчеркивает непригодность применяемого иногда «способа прессования», т. е. искусственного исключения при подсчете мощности пустых прослоев, которые при разработке неизбежно будут попадать в руду и разубоживать ее.

Сложнее и менее точно производится определение мощностей по скважинам. В зависимости от вида бурения мощность устанавливается по керну, по шламу или при помощи гамма- и электрокаротажа.

При недостаточном выходе керна (нормальным считается выход 70% и выше) мощность нельзя определить точно. В этом случае по контрольным горным выработкам или по данным каротажа находят поправочный коэффициент.

Результаты контрольной проверки мощностей, установленных по скважинам, дают отклонения от истинных иногда на зна-

чительную величину, причем чаще в сторону занижения. Так, на урановых месторождениях из девяти рассмотренных случаев в шести наблюдались отклонения в пределах  $(-8)$ — $(-57)\%$ , в трех —  $(+10)\%$ ; на свинцовом месторождении отклонение составило  $(-35\%)$ , на медном —  $(-23)\%$ .

Кроме понятий об истинной, видимой и средней мощности рудного тела, в рудничной практике часто приходится пользоваться понятиями минимальная рабочая (выемочная) и минимальная промышленная мощности».

Минимальная рабочая (выемочная) мощность определяется техническими возможностями ведения очистной выемки. Согласно существующим правилам эксплуатации, минимальная рабочая мощность для крутопадающих рудных тел ограничивается 0,6 м и для пологих — 0,8 м.

Минимальная промышленная мощность связана обратной зависимостью с содержанием урана в руде: чем выше содержание, тем меньше может быть мощность рудного тела. Соотношение между минимальной промышленной мощностью и содержанием определяется метропроцентом, представляющим собою произведение мощности рудного тела на содержание металла в пределах этой мощности. Например, при метропроценте, равном 0,02 м%, и минимально промышленном содержании 0,03% минимальная промышленная мощность должна быть не менее 0,7 м. В противном случае рудное тело должно быть отнесено к категории забалансовых.

Минимально промышленное содержание и метропроцент для каждого месторождения определяет проектная организация на основании технико-экономических расчетов.

Элементы залегания. В горной практике принято выделять по углу падения в градусах четыре группы рудных тел: горизонтальные 0—3°; пологие 3—30°; наклонные 30—45°; крутые 45—90°.

Замеры элементов залегания рудных тел должны быть по возможности массовыми, так как только в этом случае можно судить о среднем значении углов падения и азимутов простирания. Одиночные замеры, вследствие случайных отклонений, могут дать неправильное представление об условиях залегания рудных тел, зон или пластов и привести к существенным ошибкам при составлении разрезов и планов.

### Распределение урана в рудном теле

Наряду с изучением внешних форм рудных тел изучается также их внутреннее строение, которое в основном определяется взаимным расположением урановых и других минералов и минеральных комплексов внутри рудного тела.

Оруденение может быть прерывистым и сплошным, равномерным и неравномерным. Под прерывистостью оруденения понимается перемежаемость участков промышленных руд с непромыш-

ленными или с пустыми породами в пределах одного и того же рудного тела, рудоносной зоны или продуктивного пласта. При этом имеется в виду такая прерывистость, которая может существенно повлиять на способ выемки руды, на густоту опробования разведочной сети. Прерывистость оруденения — понятие относительное, так как прерывистость зависит не только от природных условий, но и от кондиций, устанавливаемых на руду.

Месторождения с прерывистым оруденением представляют собою сложные объекты для разведки, оценки и отработки. Например, при наличии непромышленных участков внутри контура рудного тела могут быть допущены существенные просчеты в запасах. При отработке таких месторождений обычно возникает необходимость в раздельной выемке руды, в организации рудо-разборки и сортировки руды; увеличивается возможность потерь и разубоживания и может возрасти процент «бросовых» работ при эксплуатации.

При непрерывном оруденении, наоборот, упрощаются разведочные работы, опробование, контроль за отработкой; представляется возможность применить наиболее экономичные системы разработок.

Степень прерывистости оруденения принято выражать через «коэффициент рудоносности», численно определяющий отношение непромышленной части к промышленной в пределах рудного тела или рудоносной структуры. Коэффициент рудоносности определяется разными, неравноценными по точности способами. Наиболее доступен и распространен линейный способ, заключающийся в вычислении отношения суммарной длины рудных участков, вскрытых штреками и восстающими, к общей длине этих выработок, пройденных по периметру блока, жилы, рудной зоны и т. д.

Коэффициент рудоносности можно вычислить также по данным отработки — из отношения отработанных рудных площадей или объемов к общей отработанной площади в пределах погашенных блоков или участков. На месторождениях, разведанных буровыми скважинами, для этой цели используют отношение числа скважин, вскрывших рудное тело, к общему числу скважин, пройденных на разведочном полигоне.

Иногда коэффициент рудоносности определяют из отношения числа проб с кондиционным содержанием к общему числу проб, взятых на данном участке.

Коэффициенты, вычисленные разными способами для одного и того же участка, могут существенно различаться между собою. Необходимо различать коэффициенты рудоносности, вычисленные для рудоносной структуры в целом, для отдельного рудного тела или, наконец, для отдельного блока. Интересные в этом отношении данные приведены у П. А. Прокофьева [56]. На одном из месторождений по рудной зоне, включающей 22 блока, были подсчитаны запасы один раз с учетом коэффициента рудоносности,

вычисленного по всей зоне, и другой — с учетом поблочных коэффициентов рудоносности. Суммарные запасы, подсчитанные тем и другим способом, разошлись всего на 4%, в то время как расхождения по отдельным блокам достигли 100—170%. Больше того, при использовании общего коэффициента запасы числились даже в тех блоках, где их практически не было.

Аналогичные сопоставления по урановым месторождениям показывают, что расхождения между блочными коэффициентами и коэффициентами средними по месторождению могут достигать  $\pm 100$ —200% и более.

Коэффициент рудоносности для месторождений различных морфологических групп представлен следующими величинами:

I . . . . .	около 1
II . . . . .	0,8—1
III . . . . .	0,5—0,8
IV . . . . .	0,25—0,5
V . . . . .	0,03—0,04

Коэффициенты рудоносности, вычисленные по отдельным блокам, на одном и том же месторождении могут колебаться в широких пределах.

Неправильное определение коэффициента рудоносности может привести к значительным ошибкам, особенно при текущем планировании добычи урана, когда расчеты ведутся по каждому блоку отдельно. Для поисково-разведочных целей и для подсчета запасов по месторождению в целом можно брать средние значения коэффициента рудоносности, вычисленные по рудным зонам. Для текущего планирования добычи и для подсчета запасов по каждому блоку необходимо пользоваться только поблочными коэффициентами.

Равномерность оруденения принято численно выражать через коэффициент вариации. В литературе [75] давно обращалось внимание на то, что этот коэффициент дает представление лишь об общем размахе колебаний в содержаниях, не отражая характера изменчивости оруденения в пространстве. Несмотря на это, коэффициентом вариации продолжают пользоваться до сих пор как показателем, характеризующим месторождение по степени равномерности оруденения.

И. П. Шарапов [76] рекомендует заменить коэффициент вариации коэффициентом колеблемости, вычисляемым по формуле:

$$\gamma = \frac{\sum (y_n - y_{n-1})}{2 \sum y_n - (y_1 + y_N)}, \quad (3)$$

где  $\gamma$  — коэффициент колеблемости;  
 $y_n$  — числовое значение  $n$ -го члена ряда;  
 $y_n - y_{n-1}$  — разность между двумя соседними членами;  
 $\sim y_1$  — первый член ряда;  
 $y_N$  — последний член ряда.

Проведенное нами сопоставление коэффициентов вариации с коэффициентом колеблемости, вычисленных для одних и тех же блоков, показало, что формула И. П. Шаралова отражает общий характер изменчивости значительно лучше, чем коэффициент вариации, но она также не дает правильного представления о размахе колебания, что существенно снижает ее значение.

По степени равномерности оруденения руды делятся на пять групп (табл. 7).

Таблица 7

**Группировка месторождений по равномерности оруденения**

Типы оруденения	Коэффициент		Морфологическая группа
	вариации	колеблемости	
Весьма равномерные . . .	До 20	Нет данных	I
Равномерные . . . . .	20—40	0,1—0,2	I
Неравномерные . . . . .	40—100	0,2—0,45	II
Весьма неравномерные . .	100—200	0,45—0,60	III—IV
Крайне неравномерные . .	Выше 200	Выше 0,6	V

На урановых месторождениях, в особенности на магматогенных, наиболее распространено неравномерное и весьма неравномерное оруденение. Равномерное оруденение и даже весьма равномерное характерно для осадочных и реже для некоторых гидротермальных месторождений, отличающихся невысоким содержанием урана в руде.

Анализ равномерности оруденения по отдельным рудным телам показывает, что на одном и том же месторождении рудные тела могут характеризоваться различными коэффициентами вариации. Поэтому для целей рудничной геологии целесообразно коэффициенты равномерности по аналогии с коэффициентами рудоносности вычислять для каждого рудного тела отдельно.

**Минералогический состав, структура и текстура руд**

Изучение минералогического состава, структуры и текстуры руд проводится в процессе документации рудных тел в горных выработках и при лабораторном изучении штучков руды и вмещающих пород.

В забое изучается форма выделений, размеры и характер распределения в рудном теле главнейших минералов, видимых невооруженным глазом; отмечается относительное количество минералов, их парагенезисы и возрастная последовательность выделения минеральных комплексов [11, 27, 41]. Одновременно ведутся наблюдения над характером гидротермальных изменений вмещающих пород возле жил различного состава. Отмечают,



Структурно-морфологическая характеристика жил	Распределение и формы проявления жильной минерализации	Характерные формы уранового рудопроявления (урановые смоляные руды)
Зоны дробления краине непостоянны, мощность с частыми перегибами и раздубами до 3-5 м, неравномерно минерализованные, обычно выделяющиеся коутые ветвящиеся апофизы, образующие жильные узлы.	Жильные минералы резко отличаются друг от друга, вмещающим породам (не 20-30%). Участки жил дробятся за счет раннего разовывания кварца. Карбонаты с Q <sup>2</sup> неравномерно густо сетью разнообразно ориентированных тонких, часто ветвящихся и сплетавшихся прожилков. Наиболее выделяющиеся мощные прожилки часто параллельны оси жили, однако протягиваются по простиранию не более нескольких метров.	Мелкие линзы неправильной формы, мощность несколько см, вытянутые по падению, то по простиранию, в ч. на 1-3 м, реже до 10-15 м, связаны в 4-5 квари, карбонатными прожилками, реже в незначительных трещинах в жильной зоне жил в тонких отжилках от нее во вмещающих породах; частота урановая смола в пустотах в роговой каюм кварце. Обычно главная масса промышленных руд приурочена к апофизам от главной жилы.
Брекчи	Минерализация занимает около 50% и более Q <sup>2</sup> вместе с вмещающими породами в блоках. Цемент из карбонатов с Q <sup>2</sup> .	Урановая смола инкрустирует обломки пород или кварца в карбонатном цементе - выделенные руды, бедные по металлу, но иногда выделяющиеся на десетки метров.
Зоны милонитизации с дробными эликнами трещины невыдержанные по мощности от десятков долей м до нескольких м. На небольших интервалах апофизы, скобящиеся с главной жилой.	Жильная минерализация отсутствует или густо инкрустирует милонит-окварцованные милониты и карбонатизированные милониты. В более грубо дробл. участках также очень тонкие прожилки карбонатов и линзы кварца. Апофизы минерализованы значительно.	Неправильные мелкие выделения урановой смолки тесно прилегающие участки милонита длиной около 1,5-2 м. Кроме того, редкие и очень мощные (до 40 см) линзы сплошной смолки, пруроченные к раздубам жил и более мелкие линзы в апофизах.
Жилы простой формы, представляющие заполнение одной или 2-3 параллельных открытых крестовых трещин. Ветвление характерно на отдельных жилах или когда вмещающие породы являются порфир.	Жильные минералы - карбонаты с Q <sup>2</sup> почти целиком заполняют жильные трещины. Схематическое изображение структуры жил и уранового оруденения жильной минерализации	Тонкие (мощн около 0,5-1 см, до 10 см) выдерживающиеся на десятках метров полосы смолки в карбонате - по существу не линзы, а рудные интервалы жил



Рис. 1. Структурно-морфологическая характеристика жил: 1 — зоны дробления; 2 — брекчи; 3 — зоны милонитизации; 4 — жилы простой формы (по Р. В. Геленов).

к каким деталям структуры больше тяготеют те или иные минеральные комплексы: к трещинам скалывания или разрыва, к оперяющим или к основным трещинам, к раздувам, пережимам или изгибам трещин, к складкам волочения, к замкам или крыльям складок и т. д.; определяют, какие вмещающие породы более благоприятны для оруденения, и другие факты, так или иначе помогающие объяснению причин локализации оруденения или имеющие поисковое и оценочное значения. На осадочных и на многих гидротермальных месторождениях, где нет видимых урановых

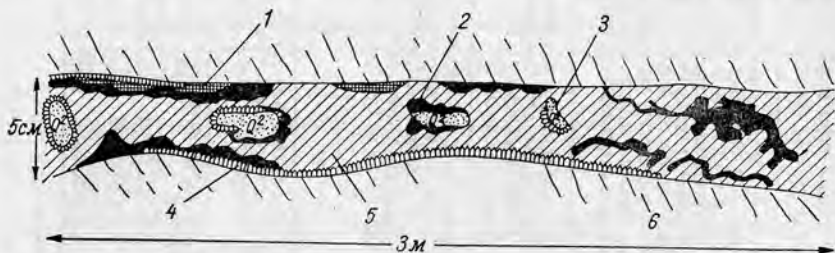


Рис. 2. Зарисовка рудного узла карбонат-настурановой жилы (по К. Т. Савельевой):

1 — флюорит; 2 — настуран; 3 — кварц роговиковоподобный  $Q^2$ ; 4 — кварц гребенчатый ( $Q^3$ ); 5 — карбонаты Са—Mg неравномернoзернистые, пятнистоокрашенные; 6 — интенсивноокварцованные породы.

минералов или где они являются большой редкостью, изучение забоя должно обязательно сопровождаться детальной гамма-съемкой по сгущенной сетке. Результаты гамма-съемки изображаются в виде изогамм на плоскости задокументированного забоя и накладываются на геологическую документацию этого же забоя.

На жильных гидротермальных месторождениях зарисовывают все вскрытые забоем жилы, рудные зоны и сопровождающие их прожилки. На зарисовках необходимо отчетливо показывать характер пересечения жил и прожилков разного минерального состава.

В крупном масштабе зарисовывают детали, подчеркивающие возрастное взаимоотношение минеральных комплексов и отдельных минералов. При этом комплексы, с которыми связано оруденение, изображаются более яркими условными знаками. Примеры минералогической документации и описания рудных тел показаны на рис. 1, 2. Зарисовки сопровождаются отбором образцов для детального изучения минерального состава в лабораторных условиях и для пополнения музея.

В результате изучения должны быть выяснены и подробно описаны все минералы и минеральные ассоциации в рудных телах, установлены генерации минералов и стадии минерализации, а также выделены жильные формации (рис. 3).



Типы жил	Крупные зоны нарушения	Структуры I порядка	Структуры II - III порядков	Структуры и более выс- ших порядков
Карбонатные с настураном	■	■	■	■
Кварцевые с настураном	■	■	■	■
Карбонатно-кварцевые	■	■	■	■
Карбонатно-баритовые	■	■	■	■
Флюорито-баритовые	■	■	■	■
Карбонатно-барито-кварце- вые с арсенидами Ni-Co и самородными элементами	■	■	■	■
Кварцевые с арсенидами	■	■	■	■
Кальцитовые с сульфидами	■	■	■	■
Кварцевые с сульфидами	■	■	■	■
Кварц-гематитовые	■	■	■	■
Кварцевые	■	■	■	■

■ а ■ б ■ в ■ г ■ д

Рис. 4. Схема последовательного развития различных типов жил в сопряженных трещинных структурах (по К. Т. Савельевой):  
а — преобладают; б — распространенные; в — малораспространенные; г — редкие; д — минералогические находки.

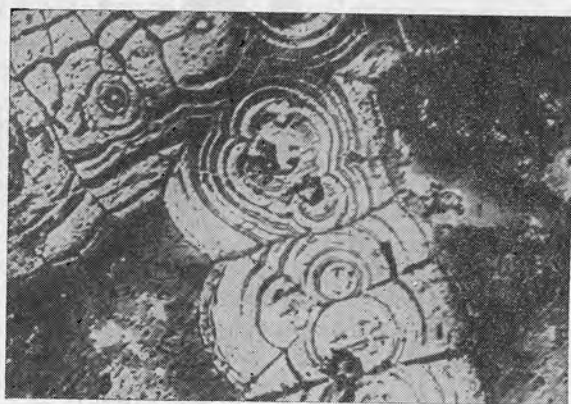


Рис. 5. Колломорфная структура настурана × 500 (фото А. А. Кругловой).

Изучение минералогии рудных тел должно вестись одновременно с изучением тектонической структуры месторождения. Это позволяет уточнить генетические особенности формирования месторождения и закономерности размещения различных типов жил в определенных трещинных структурах. Результаты таких исследований, проведенных на месторождениях V морфологического типа, в качестве примера показаны на рис. 4. Приведенная схема дает наглядное представление о развитии ведущих и сопряженных тектонических нарушений, их роли в формировании рудного поля и приуроченности рудных тел к определенным элементам структуры.



Рис. 6. Полосчатая текстура настурана (белое) в углистом сланце. Радиография.

Выводы, которые можно сделать при совместном изучении минералогии и структуры месторождения, имеют большое практическое значение для поисков, разведки, оценки перспектив и направления геологоразведочных и эксплуатационных работ.

**Структура и текстура руд.** При изучении рудных тел в забое и образцов руды в лабораторных условиях особое внимание обращается на их структурные и текстурные особенности [70]. Оба эти признака имеют важное значение как для познания механизма формирования месторождения, так и для решения ряда практических задач, связанных с разработкой технологии обогащения и переработки руд.

Под структурой руды понимается ее строение, обусловленное формой, размерами и взаимоотношением отдельных минеральных зерен (рис. 5). Текстура определяется пространственным расположением минеральных агрегатов (рис. 6).

Наиболее характерные для урановых месторождений виды структур и текстур и их относительная распространенность на месторождениях разных генетических типов показаны в табл. 8 и 9 (по сообщению П. В. Прибыткова).



Структуры урановых руд и их распространенность

Группа структуры <sup>1</sup>	Краткая характеристика группы	Вид структуры	Распространенность структур					
			В открытых местях	Метасоматические	Осадочные	Осадочно-метаморфогенные	Зоны окисления	Пегматиты
I (I)	Полнокристаллические агрегаты зерен урановых минералов с правильными очертаниями . . . . .	Зернистая  Пластинчатая и листоватая  Субграфическая  Эмульсионная  Структура краевых каемок  Петельчатая и сетчатая	—	—	—	—	—	—
II (III)	Агрегаты зерен урановых минералов пластинчатой формы . . . . .		—	—	—	—	—	—
III (VI)	Срастание зерен урановых минералов с другими минералами с извилистыми очертаниями . . . . .		—	—	—	—	—	—
IV (VII)	Мельчайшие включения урановых минералов в зернах других минералов . . . . .		—	—	—	—	—	—
V (VIII)	Оторочки урановых минералов вокруг зерен ранее образовавшихся минералов . . . . .		—	—	—	—	—	—
VI (IX)	Урановые минералы пересекают или окаймляют по границам зерен другие минералы		—	—	—	—	—	—

<sup>1</sup> В скобках указаны группы по Атласу структур и текстур руд 1954 г. (ВСЕГЕИ).

<sup>2</sup> Слабораспространенные.

<sup>3</sup> Распространенные

<sup>4</sup> Весьма распространенные.

Группа структур	Краткая характеристика группы	Вид структуры	Распространенность структур					
			В открытых породах	Метасоматические	Осадочные	Осадочно-метаморфенные	Зоны окисления	Пематиты
VII (V)	Приуроченность выделения урановых минералов к пересекающейся системе кристаллографических направлений других минералов . . . . .	Решетчатая	—	—	—	—	—	—
VIII (X)	Замещение урановых минералов другими минералами, остатки которых сохранились по периферии . . . . .	Скелетная	—	—	—	—	—	—
IX (XIII)	Зерна минерала с концентрически скорлуповатым строением . . . . .	Колломорфная	—	—	—	—	—	—
X (XIV)	Сферолитовые образования уранового минерала радиально-лучистого строения . . . . .	Сферолитовая	—	—	—	—	—	—
XI (XV)	Зерна урановых минералов самостоятельно или в сочетании с другими образуют причудливые узоры . . . . .	Дендритовая	—	—	—	—	—	—
XII (IV)	Настурран образует волокнистые формы, находящиеся в различных взаимоотношениях . . . . .	Спутанно-волокнистая	—	—	—	—	—	—
XIII (XVIII)	Другие виды структур . . . . .	Торцовая	—	—	—	—	—	—

Текстуры урановых руд и их распространенность

Группа текстуры <sup>1</sup>	Краткая характеристика группы	Вид текстуры	Распространенность текстур					
			Вскрытых месторождениях	Метасоматические	Осадочные месторождения	Осадочно-метаморфические месторождения	Зоны окисления	Перматиты
I (I)	Урановые минералы распределены в рудных и нерудных минералах в виде равномерной и неравномерной, густой и редкой вкрапленности . . . . .	Вкрапленная Вкрапленно-сферолитовая	■ <sup>2</sup>	■ <sup>3</sup>	■	■	■	■
II (II)	Равномерное (насыщенное) распределение урановых минералов. Другие минералы почти отсутствуют . . . . .	Пятнистая (гнездовая)	■	■	■	■	■	■ <sup>4</sup>
III (VI)	Урановые минералы выполняют трещины дробления во вмещающих породах . . . . .	Массивная	■	■	■	■	■	■
IV (III)	Чередование полос минеральных агрегатов с примерно параллельными плоскостями ограничения различной мощности . . . . .	Прожилковая (пересечения) Полосчатая и слоистая	■	■	■	■	■	■

<sup>1</sup> В скобках указаны группы по Атласу структур и текстур руд 1954 г. (ВСЕГЕИ).

<sup>2</sup> Распространенные.

<sup>3</sup> Весьма распространенные.

<sup>4</sup> Слабораспространенные.

Группа текстур	Краткая характеристика группы	Вид текстуры	Распространенность текстур					Пермьяны
			Вскрытых месторождений	Метасоматические	Осадочные месторождения	Осадочно-метаморфные месторождения	Зоны окисления	
V (IV)	Сфероидальные и уплощенные агрегаты, где обломки минералов окаймлены урановыми минералами . . . . .	Кокардовая	■	■	—	—	■	—
VI (VI)	Колломорфные выделения урановых минералов, часто с корковым и концентрически зональным строением . . . . .	Почковидная	■	■	—	—	■	—
VII (VI)	Агрегаты рудных или нерудных минералов пересечены густой сетью прожилков урановых минералов . . . . .	Концентрически скорлуповатая Сетчатая	■	■	—	—	■	—
VIII (VI)	В рудной массе цементом являются урановые минералы или обломки собственно урановых минералов, сцементированные позже выделившимися минералами . . . . .	Петельчатая	■	■	—	—	■	—
IX (IX)	Другие виды текстур . . . . .	Цементная	■	■	—	—	■	—
		Брекчьевая	■	■	—	—	■	—
		Корковая	■	■	—	—	■	—
		Землистая (по-рошковатая)	—	—	■	—	■	—
		Чешуйчатая	—	—	—	—	■	—
		Друзовая	—	—	—	—	■	—

## Околорудные изменения вмещающих пород

На гидротермальных урановых месторождениях в результате длительного взаимодействия рудоносных растворов с вмещающими породами последние претерпевают существенные физические и химические изменения. Внешне эти изменения выражаются в осветлении или покраснении пород, в обильном выделении мелкой вкрапленности пирита, гематита и других минералов.

Мощность зон гидротермального изменения колеблется от нескольких сантиметров до 100 и более метров.

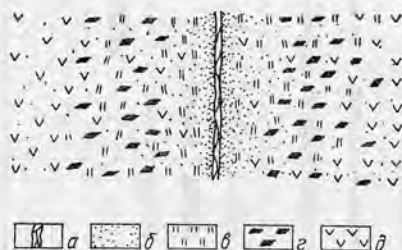


Рис. 7. Развитие околожилых гидротермальных изменений в интрузивных и эффузивно-осадочных породах на контакте со смолковым прожилком:

а — прожилок смолки; б — гематитизация; в — серицитизация; г — карбонатизация; д — кварцевые порфиры.

Из всех указанных типов околорудных изменений наиболее характерным для собственно смолковой стадии является гематитизация и карбонатизация, в меньшей мере — аргиллизация и альбитизация.

Все другие типы изменения, несмотря на широкую их распространенность, связаны обычно с досмолковыми или послесмолковыми процессами минералообразования.

Тип изменения зависит как от состава вмещающих пород, так и от характера гидротермальных растворов. Так, по имеющимся данным известно, что в интрузивных и эффузивно-осадочных породах кислого состава возле кварц-карбонат-баритовых жил и прожилков развивается преимущественно серицитизация и окварцевание; около карбонатных и кальцитовых жил — карбонатизация, а на контакте с ранними сульфидными жилами — хлоритизация.

На многих собственно урановых месторождениях около смолковых прожилков, кроме серицитизации, карбонатизации и окварцевания, особенно отчетливо проявляется гематитизация (рис. 7, 8). Наличие гематитизации и окварцевания на некоторых месторождениях обычно считается хорошим признаком богатого уранового оруденения в жилах.



В околорудных изменениях иногда подмечается вертикальная зональность, выражающаяся в том, что в верхних частях месторождения возле урановых рудных тел развивается альбит, ниже по разрезу — серицит, а в местах выклинивания рудных тел на глубине вмещающие породы подвергаются окварцеванию и обедняются щелочами.

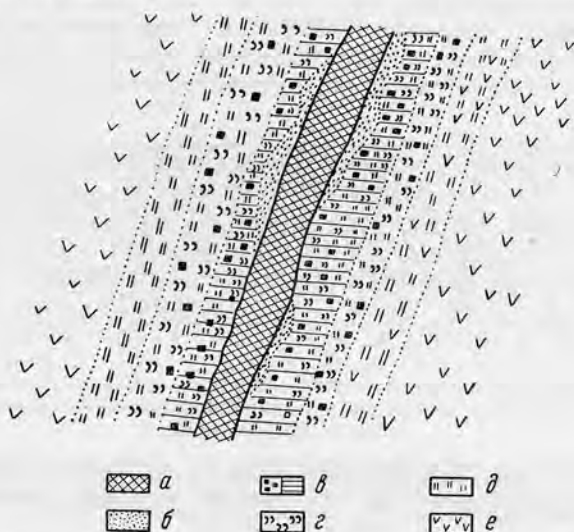


Рис. 8. Схема развития околожилых гидротермальных изменений в метадиабазах около кварц-карбонат-настурановой жилы (по Г. А. Пельмскому):

*a* — кварц-карбонат-настурановая жила; *б* — окварцевание и гематитизация; *в* — пиритизация и карбонатизация; *г* — хлоритизация; *д* — биотитизация; *е* — неизмененные метадиабазы.

Сложные процессы изменения вмещающих пород наблюдаются на железо-урановых месторождениях гидротермально-метасоматического типа. Здесь они выражаются в альбитизации, эгиринизации, родузитизации, биотитизации и карбонатизации железных руд и вмещающих пород в связи с процессами щелочного и карбонатного метасоматоза, протекавшими, по-видимому, одновременно с отложением урана. На этих месторождениях также устанавливается горизонтальная зональность, заключающаяся в последовательной смене минеральных ассоциаций и поперечном разрезе от рудного тела в сторону вмещающих пород (рис. 9).

Химическая сторона процесса заключается в интенсивном привносе железа, магния, кальция и выносе кремния, алюминия и калия. В других случаях отмечается привнос натрия, алюминия, кальция и магния при значительном выносе кремния, железа и калия. При магниезиально-кальциевом метасоматозе в породах повышается содержание магния, кальция, двуокиси углерода и снижается содержание кремния, железа, натрия и калия.

В зависимости от характера и интенсивности околорудных изменений, породы меняют свою первоначальную окраску. Например, при серицитизации заметно осветление пород, хлоритизация придает зеленоватую окраску, а гематитизация — красную.

Изменение окраски и состава вмещающих пород наблюдается не только на гидротермальных, но и на осадочных месторождениях. Эти изменения, вероятно, являются следствием особенностей среды, в которой происходило отложение урана в процессе осадко-накопления, или диагенеза, или последующего его переотложения.

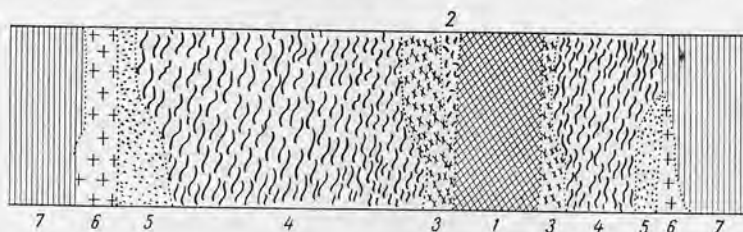


Рис. 9. Зональное расположение метасоматически измененных пород околорудного тела на урановом месторождении гидротермально-метасоматического типа (по М. С. Цыбульской):

1 — урановая карбонат-гематит-магнетитовая руда; 2 — кросситовая порода; 3 — эгиринит; 4 — родузитизированные и рибекитизированные куммингтонито-магнетитовые руды; 5 — родузитизированные куммингтонито-магнетитовые сланцы; 6 — альбитизированные слюдяные сланцы; 7 — неизмененные слюдяные сланцы.

Например, на экзогенных урановых месторождениях вблизи скоплений урановых руд иногда отчетливо проявляется обесцвечивание пород, а также отмечается обогащение песчаников кальцитом и окислами железа. Осадочные породы формации Шайнарам, например, в рудоносных участках имеют серый или светло-оранжево-коричневый цвет, отчетливо выделяющийся на красноватом фоне безрудных песчаников.

Изучение околорудных изменений имеет научное и практическое значение. Н. Н. Курек [46] отмечает, что околорудные изменения очерчивают общий контур рудопроявлений, за пределами которого вероятность нахождения руды ничтожна, и указывают направление, в котором следует разворачивать поисково-разведочные работы.

С. С. Смирнов [62], придавая очень большое значение изучению околорудных изменений, наметил следующий порядок исследования:

1. Определение точного количественного минералогического состава неизмененных и измененных пород.

2. Анализ минералов, выделенных из измененных пород.

3. Масштабы проявления околорудных изменений по простиранию и падению рудного тела и на различных расстояниях от него, возле рудных скоплений и в безрудных участках.

4. Выяснение баланса привноса и выноса отдельных элементов.

Решение этих вопросов достигается детальным изучением многочисленных разрезов по образцам, взятым в различных участках вкрест простираения рудоносных жил и зон измененных пород. Разрезы должны выходить за пределы зон в «свежие» породы.

При изучении околорудных изменений на урановых месторождениях разрезы через рудное тело должны проходить через ту его часть, где смолковые прожилки в количественном отношении несомненно преобладают над всеми прожилками досмолковой и послесмолковой стадий. При этом в измененных вмещающих породах по возможности не должно быть каких-либо других жил и прожилков кроме рудного тела.

Отбор образцов по разрезу производится с учетом мощности и интенсивности околорудных изменений. При очень малых мощностях образцы могут располагаться вплотную один к другому.

При больших мощностях вблизи смолковых жилок образцы берутся через 10—15 см, а в удалении от них — через 0,5—2 м и больше.

#### **Ореолы рассеяния и использование их при поисках слепых урановых рудных тел на гидротермальных месторождениях**

Рудные тела гидротермальных урановых месторождений обычно сопровождаются эндогенными ореолами рассеяния урана и сопутствующих ему элементов [36], образующимися благодаря проникновению рудоносных растворов во вмещающие породы по тонким трещинкам и порам [23].

Уран и сопутствующие компоненты в пределах ореолов рассеяния образуют собственные минералы или находятся в виде изоморфной примеси в других макроскопически невидимых минералах, вкрапленных в рудовмещающие породы.

В ореолах рассеяния изучается распределение урана и сопутствующих ему парагенных элементов, образующих часто более широкие, чем уран, ореолы рассеяния.

Форма ореолов рассеяния в значительной степени определяется формой тектонических нарушений, зон дробления и участков повышенной трещиноватости. Особенно отчетливо ореолы проявляются там, где имеются сближенные и относительно крупные рудоносные трещины, между которыми в породах развита мелкая трещиноватость. Ореолы рассеяния больше вытянуты вверх по направлению восстания, чем в стороны от рудных тел. Так, на изученных месторождениях с крутопадающими трещинными рудными телами мощностью в 2—3 м ширина ореолов рассеяния достигает 100 м,

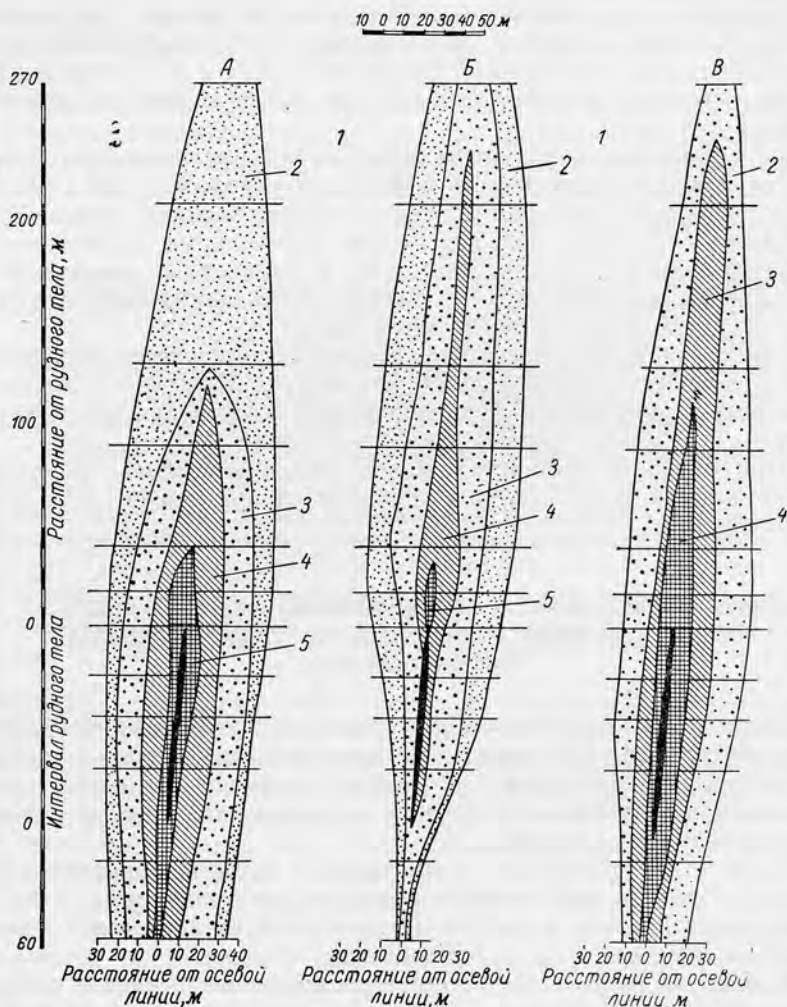


Рис. 10. Обобщенные ореолы рассеяния элементов вокруг уранового рудного тела в поперечном вертикальном разрезе (по Г. И. Вертепову):

1 — рудное тело; 2 — горизонт опробования. Содержание элементов в коренных породах А. Подвижный уран: 1 — до 1,5 г. ф.; 2 — от 1,5 до 5 г. ф.; 3 — от 5 до 20 г. ф.; 4 — от 20 до 50 г. ф.; 5 — от 50 г. ф. и более. Б. Свинец: 1 — до 2 г. ф.; 2 — от 2 до 5 г. ф.; 3 — от 5 до 20 г. ф.; 4 — от 20 до 50 г. ф.; 5 — от 50 г. ф. и более. В. Молибден: 1 — до 5 г. ф.; 2 — от 5 до 20 г. ф.; 3 — от 20 до 50 г. ф.; 4 — от 50 г. ф. и более.

а выше рудных тел ореолы прослеживаются на расстоянии в 120—150 м, иногда — до 250—270 м.

Общей закономерностью в строении ореолов рассеяния является постепенное уменьшение содержаний до значений геохимического фона по мере удаления от рудовмещающих трещинных зон (рис. 10). Степень концентрации элементов в пределах ореолов рассеяния в десятки и сотни раз превышает их обычное (фоновое) содержание во вмещающих породах. Наиболее высокие содержания устанавливаются в материале из самих тектонических зон, особенно в темной тектонической глинке. Ореолы рассеяния различных элементов обычно бывают смещены по вертикали по отношению друг к другу.

В изученных ореолах рассеяния установлено, что наибольшие концентрации свинца наблюдаются над рудными телами и в верхних частях последних, тогда как в корнях рудных тел свинцовые ореолы практически отсутствуют. Ореолы рассеяния урана и молибдена, в отличие от свинца, развиваются как над рудным телом, так и под ним. Благодаря этому наблюдается закономерное изменение отношения средних содержаний сопутствующих элементов к урану на разных горизонтах относительно рудного тела. Выше рудного тела эти отношения обычно составляют первые единицы, а ниже рудных тел они уменьшаются до десятых и сотых долей единицы.

Широкое развитие ореолов рассеяния урана и сопутствующих ему элементов вверх от рудных тел выдвигает ореолы в качестве эффективных поисковых признаков слепых урановых рудных тел, залегающих на глубинах первых сотен метров. Величина отношений средних содержаний элементов в ореолах рассеяния, выраженных в единицах геохимического фона, может быть использована при оценке глубины вскрытия эрозией известных рудных тел, а также при оценке перспективности обнаруживаемых ореолов рассеяния. Геохимические методы поисков слепых урановых рудных тел можно применять лишь при достаточно хорошей изученности геологического строения исследуемого участка и знании других поисковых признаков, характерных для данного уранового месторождения. Геохимическим поискам должны предшествовать опытно-методические работы, целью которых является:

а) выявление элементов — спутников урана, образующих ореолы рассеяния вокруг урановых рудных тел и являющихся их индикаторами;

б) определение величины нормального фонового содержания урана и сопутствующих ему элементов (геохимический фон);

в) установление размеров ореолов рассеяния урана и его спутников вокруг урановых рудных тел.

Опытно-методические работы должны вестись в соответствии со специальной инструкцией [37] и должны сопровождаться детальными структурно-минералогическими исследованиями для выявления других признаков слепых урановых рудных тел.



## Структурный контроль оруденения

Структурный контроль оруденения выражается в закономерной приуроченности промышленного оруденения к определенным элементам складчатых или разрывных структур рудного поля. Этот вид контроля имеет особенно большое значение на гидротермальных месторождениях трещинного и метасоматического типа, и, по-видимому, на метаморфогенных месторождениях, где имело место перемещение рудного вещества в связи с метаморфизмом пород и тектоникой. Структурный контроль на осадочных месторождениях проявляется менее отчетливо.

На гидротермальных месторождениях большое значение имеет дорудная и внутрирудная тектоника. Послерудные нарушения могут также влиять на распределение рудного вещества на тех месторождениях, где формирование рудных залежей связано с переотложением урана (например, в зоне вторичного обогащения). Кроме того, послерудная тектоника нарушает первичное залегание рудных тел, чем сильно усложняет их поиски, разведку, оценку и отработку. Поэтому изучение послерудной тектоники так же необходимо, как и дорудной.

**Складчатые структуры.** Контролирующая роль складчатых структур в совокупности с разрывными на урановых месторождениях в ряде случаев проявляется достаточно отчетливо. Так, например, на одном гидротермально-метасоматическом месторождении, приуроченном к метаморфическому комплексу древних пород, было установлено, что структуры, определяющие положение промышленных рудных тел, возникли в завершающую стадию образования синклинальных складок. Особо благоприятными для рудоотложения здесь оказались шарнирные части синклиналей, мелкие складки и флексурные перегибы высших порядков, а также межпластовые срывы, зоны дробления и рассланцевания, находящиеся в крыльях синклинальных складок.

В развитых здесь крупных продольных нарушениях с большой амплитудой перемещения оруденение отсутствует совсем или встречается только в отдельных участках (в более мелких зонах).

Основная масса промышленного оруденения сосредоточивается в мелких, оперяющих крупные разломы трещинах, не выходящих за пределы одного слоя, и в участках брекчирования и мелких разрывов, тесно связанных со складчатой структурой.

**Разрывные деформации.** Контролирующее значение в распределении гидротермальных урановых месторождений принадлежит крупным региональным разломам. Однако статистически установлено, что отдельные месторождения и целые рудные поля в большинстве случаев находятся не в самих разломах, а на некотором удалении от них. Так, по сообщению Л. И. Лукина и др. месторождения могут располагаться в интервале до 2 км от главных разломов, а отдельные месторождения удаляются от них на 5—7 км (рис. 11). Структурная позиция гидротермальных урановых месторождений очень разнообразна. Известны

месторождения, залегающие в лежачем или висячем боках крупных рудоконтролирующих разломов (например, месторождение Эйс, Канада), в местах интенсивного развития трещин, оперяющих крупные разломы, в участках расщепления или сопряжения крупных разломов, в блоках пород, расположенных между крупными разломами и разбитых сложной системой трещин, ориентированных параллельно, диагонально или примерно под прямым углом к разломам и, наконец, в ветвящихся системах трещин, занимающих секущее положение по отношению к ведущим разломам.

В пределах рудного поля или месторождения рудные тела могут находиться в отдельных трещинах и зонах скалывания простого строения, могут быть разобщенными или связанными между собою редкими диагональными трещинами (апофизами).

В других случаях минерализованные трещины, оперяющие крупные разломы, группируются в более сложные веерообразные пучки, причем местами отмечается, что пучки трещин развиваются не по всей длине разломов, а преимущественно в местах их изгиба.

На некоторых месторождениях рудные тела приурочиваются к системам мелких пересекающихся трещин в клиновидных блоках пород, зажатых между сходящимися зонами разлома. Аналогичное штокверковое строение отмечается также у рудных тел, приуроченных к дайкам интрузивных пород и к пластам туфов.

В рудных телах и рудоносных структурах наиболее благоприятными для рудоотложения являются следующие участки:

1. Искривления рудовмещающих трещин по простиранию и падению, где образуются рудные скопления в форме уплощенных и вытянутых линз различных размеров.

2. Пересечения дорудных тектонических зон и трещин, являющиеся участками наибольшего дробления пород и развития в них мелкой трещиноватости, доступной для циркуляции гидротермальных растворов. Рудные скопления имеют столбообразную форму (рис. 12).

3. Сопряжения дорудных тектонических трещин разного направления. Рудные тела в этих случаях также имеют преимущественно столбообразную форму.

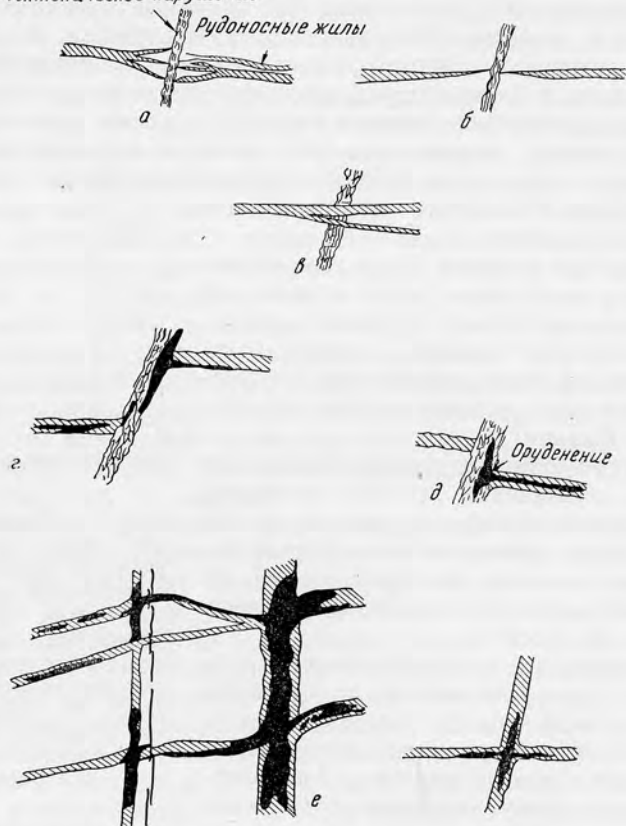
4. Зоны мелких пересекающихся и ветвящихся трещин, в которых образуются сложные штокообразные и столбообразные залежи или уплощенные вытянутые линзы.



Рис. 11. Пространственная связь гипогенных урановых месторождений с крупными разломами (по Л. И. Лукину).

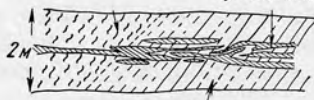
Цифры над колонками показывают процент зарегистрированных месторождений и рудопоявлений от общего их количества в одном ураноносном районе.

Тектоническое нарушение



Кварцево-серпичитовые сланцы

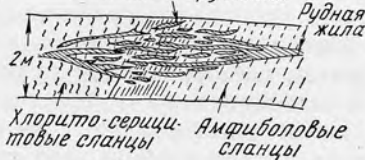
Рудная жила



Амфиболовые сланцы

ж

Послойное нарушение



Хлорито-серпичитовые сланцы

Рис. 12. Факторы, влияющие на строение рудоносных структур и локализацию оруденения (по Е. В. Тимофееву и С. Н. Кашпирову):

*a* — ветвление жилы вблизи нарушения; *б* — выклинивание жилы вблизи нарушения; *в* — раздвоение жилы; *г* — ложное смещение; *д* — локализация оруденения в местах пересечения трещин двух направлений; *е* — изменение морфологии жил на участке смены состава пород; *ж* — изменение морфологии жилы при пересечении послойного нарушения.

5. Перекрестия рудоносных зон пологопадающими дорудными тектоническими нарушениями или дайками. Положение рудных залежей в этих случаях определяется положением подпруживающей поверхности. Рудные тела имеют форму сложных залежей, склоняющихся в соответствии с элементами залегания сочленяющихся структур.

6. Пересечения дорудных послонных разрывных нарушений рудоносными жилами. В местах таких пересечений рудоносные жилы ветвятся, образуя рудные залежи со штокверковым распределением минерализации.

7. Пересечения рудоносных зон с более ранними дайками, жилами и породами, благоприятными для рудоотложения. Большое значение имеет повышенная трещиноватость в местах пересечения и наличие во вмещающих породах органического вещества, сульфидов и других минералов, способствующих осаждению урана.

8. Верхние части слепых минерализованных трещин. Форма рудных тел в таких случаях обычно жилообразная или линзообразная.

9. Ветвления рудоносных жил на флангах.

10. Многочисленные тонкие апофизы (усы), развивающиеся в висячем и лежащем боках рудных жил, а также места сочленения жил с апофизами. В совокупности образуются рудные столбы нередко с очень богатым оруденением.

Методы изучения структур рудных полей при геологоструктурном картировании поверхности и подземных горизонтов, вскрытых горными выработками, подробно изложены в литературе [8, 9, 15, 38, 43].

Изучение начинается с тщательного анализа мелко- и крупномасштабных геологических карт района месторождения. При этом выясняются основные направления складчатости, элементы залегания слоев, осей складок, тектонических нарушений, определяется господствующее направление перемещений по ним, форма выходов интрузивных тел и ориентировка их длинных осей (в случае вытянутой формы), условия залегания и места локализации дайковых и жильных пород, положение гидрографической сети и отношение ее к элементам тектоники и т. д. Совокупность сделанных наблюдений может дать первое представление о господствовавшем плане деформации, что в свою очередь является полезным при расшифровке деталей структуры рудного поля. Данные, полученные при изучении геологических карт, пополняются материалами рудничной документации.

Крупные складчатые формы не всегда могут оказаться доступными для непосредственного изучения при геологоструктурном картировании на поверхности рудного поля и тем более в подземных выработках. Поэтому при документации горных выработок необходимо уделять больше внимания изучению складок высших порядков, складок волочения, а также кливажа,

сланцеватости, внутрислоистой трещиноватости и т. д. Нередко микроскладчатость, квиваж и сланцеватость являются единственными геологическими фактами, позволяющими разобраться в сложной складчатой структуре месторождения и установить возрастную последовательность пород, слагающих рудное поле.

При изучении трещинной тектоники важной задачей является выделение дорудных, рудных и послерудных структур и установление их связи с разными фазами минерализации.

Изучение дорудного этапа трещинной тектоники удобнее начинать с наблюдений и документации формы и условий залегания дайковых и жильных пород, если дорудный возраст последних не вызывает сомнений. По элементам залегания, по положению раздувов, пережимов и ответвлений, по взаимным пересечениям даек и по направлению видимых смещений в местах пересечения можно составить представление о господствующих направлениях сжатия и растяжения, об амплитуде и направлении перемещения, о местах приоткрывания или сжатия на плоскостях разного направления в дорудный период.

Методы изучения минерализованных рудных трещин и жил мало чем отличаются от изучения дорудных даек. При документации минерализованных трещин и жил также необходимо отмечать характер выполнения (минеральный комплекс, глинка трения, брекчия), текстурные особенности, многофазность минерализации, наличие признаков роста минералов в открытой полости, положение раздувов и пережимов, характер ответвления апофиз, взаимных пересечений, наличие смещений и направлений перемещений по сместителям.

Должны быть произведены тщательные замеры элементов залегания жил, прожилков, трещин, особенно в местах их искривления, в раздувах, пережимах, в участках скопления богатых руд и в местах сопряжения жил с апофизами. Так же детально должны быть задокументированы плоскости с бороздами скольжения.

Эти данные могут оказаться решающими при определении направления склонения рудных тел или рудных столбов, направления возможных перемещений, положения участков сжатия и растяжения в рудоносных зонах и трещинах.

При этом надо иметь в виду, что надежные выводы о закономерностях структурного контроля могут быть сделаны только по совокупности наблюдений различных структурных факторов.

Сложной и важной задачей является установление возрастного отношения между рудным телом и тектоническим нарушением, срезающим его. Нарушения, принимаемые за послерудные только на том основании, что они пересекают рудное тело со смещением его или без видимого смещения, при более внимательном изучении нередко оказываются дорудными. От правиль-



ного решения этого вопроса зависят успехи поисков смещенных частей, находящихся за нарушением. Например, если сброс дорудный, то продолжения рудного тела за нарушением может и не оказаться.

Достаточно надежными признаками дорудного возраста зоны нарушения, срезающей рудное тело, можно считать: наличие следов гидротермального изменения пород в зоне нарушения, устанавливаемое иногда по внешнему виду или под микроскопом, и присутствие в зоне нарушения мелких рудных гнезд, линзочек или прожилков, которые часто неправильно принимаются за растащенные обломки жилы.

После того, как вопрос о возрастном соотношении решен, должно быть дано обоснование для направления поисков смещенной части рудного тела. Целесообразно начинать с анализа плана дорудной (если сместитель дорудный) или послерудной деформации. Если наблюдения показывают, что в дорудный или рудный периоды сжимающие усилия действовали, например, в меридиональном направлении, то следует ожидать, что по всем сместителям северо-восточного простирания будет наблюдаться «левое», а по северо-западным — «правое» смещение так, как показано на рис. 13. Этот способ определения

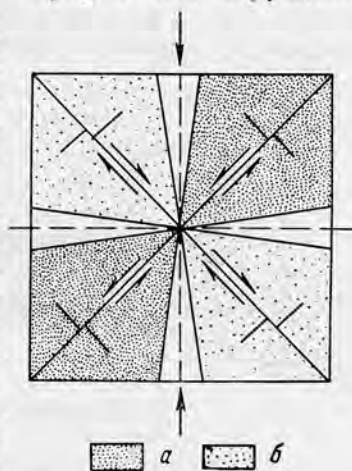


Рис. 13. Зависимость направления перемещения по зонам нарушения от ориентировки сжимающих усилий:

а — сектор левых смещений;  
б — сектор правых смещений.

напоминает старинное правило горняков, основанное на опыте, которое выражалось так: «при сбросе следует, пройдя сбрасыватель насквозь, вести разведочную выработку горизонтально в сторону тупого угла, образуемого пластом и сместителем».

Это практическое правило не является универсальным, тем не менее оно служит очень хорошим подтверждением того, что на каждом месторождении и даже в районе направление смещений подчиняется определенным закономерностям. Анализ плана деформации позволяет своевременно подметить или даже предвидеть эти закономерности и использовать их при поисках смещенных частей рудных тел.

Анализируя направление движения по сместителю, необходимо иметь в виду, что в природе очень часто встречаются «ложные смещения», которые не всегда легко распознаются.

На рис. 14 показано ложное смещение кварцевой жилы, которое могло быть принято за истинное, если бы случайно в этом месте не оказалось аплитовой дайки.

Направление движения по сместителю иногда может быть определено по положению сопряженных с ним оперяющих трещин. Задача эта решается геометрическим путем [16]: по величине двугранного угла сопряжения и по положению линии сочленения. При этом принимается, что углы сопряжения менее  $30\text{--}40^\circ$  чаще характеризуют ответвления сколового характера, а более  $40\text{--}45^\circ$  — разрывного.

При вычислении величины угла сопряжения и определении положения линии сочленения удобно пользоваться известным

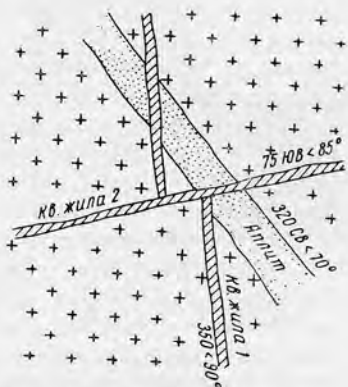


Рис. 14. Пример ложного смещения кварцевой жилы (зарисовка Г. И. Петрова).

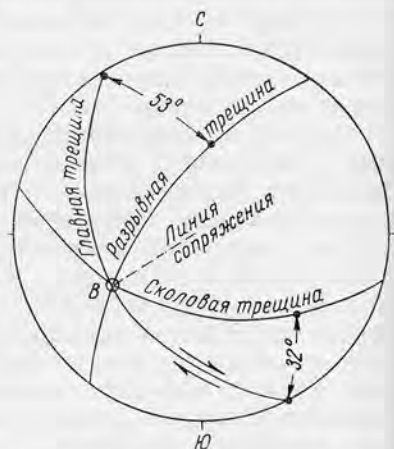


Рис. 15. Расположение главной и сопряженных с ней трещин, нанесенных на сетку Вульфа.

методом стереографических проекций с применением сетки Вульфа (рис. 15).

На осадочных и осадочно-метаморфогенных месторождениях вопрос о положении смещенных рудных тел решается проще. С этой целью изучаются и сопоставляются стратиграфические разрезы, вскрытые выработками или скважинами в блоках перед сместителем и за ним. По положению маркирующих горизонтов определяется направление и амплитуда перемещения.

Изучение пострудной трещинной тектоники необходимо не только для установления роли сместителей, но и для выяснения общей трещиноватости пород, определяющей горнотехнические условия отработки участков месторождения. С этой целью производится определение «удельной» трещиноватости по количеству видимых глазом трещин, встречающихся на одном погонном метре выработки. Подсчет числа трещин производится выборочно в участках, где трещиноватость развита значительно. С этой целью трещины замеряются в трех плоскостях: в забое, кровле и в стенке выработки. Результаты замеров обрабатываются ста-

гистически с построением розы трещин или круговых диаграмм для того, чтобы количественно отразить удельную трещиноватость и определить главные направления трещин на данном участке.

Места замера удельной трещиноватости наносят на маркшейдерский план, а места повышенной трещиноватости указывают на планах и разрезах условным значком [73].

### Литологический контроль оруденения на гидротермальных месторождениях

Сравнительный анализ геологии гидротермальных месторождений, произведенный рядом исследователей, позволил сделать вывод о преимущественной пространственной связи руд-

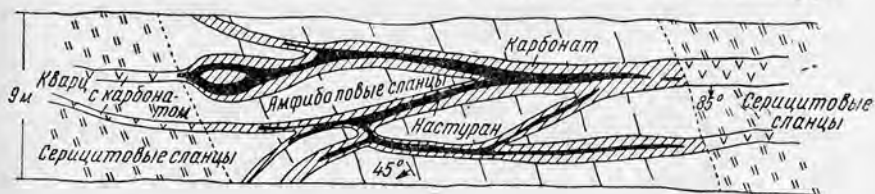


Рис. 16. Литологический контроль локализации уранового оруденения.

ных скоплений с определенными литологическими комплексами вмещающих пород. Например, для некоторых ураноносных провинций характерна приуроченность уранового оруденения к осадочно-метаморфогенным и вулканогенным породам, богатым карбонатами и железисто-магнезиальными минералами (аргиллиты, хлоритовые сланцы, роговообманковые гнейсы, слюдястые сланцы, железистые сланцы и кварциты, амфиболо-биотитовые сланцы, филлиты, углисто-глинистые сланцы, апидотовые аргиллиты, базальты). Менее благоприятными являются породы, обогащенные  $\text{SiO}_2$ , близкие по составу гранитам (граниты, гранито-гнейсы, гранулиты, кварцевые и полевошпатовые порфиры, кварциты, аркозовые песчаники).

Причину избирательного рудоотложения объясняют наличием во вмещающих породах минералов или элементов (двухвалентное железо, сульфиды, органическое вещество), способствующих осаждению урана из гидротермальных растворов и большой способностью пород основного и среднего состава к реакции с ураноносными растворами. В качестве убедительного примера отчетливо проявленной связи локализации оруденения с составом вмещающих пород могут служить многие жильные месторождения пятого морфологического типа. Здесь наиболее богатые концентрации урана наблюдаются в жилах или участках жил, залегающих в породах, богатых железистыми минералами: амфиболитах и амфиболовых сланцах (рис. 16), биотитовых сланцах, биотитизированных спессартитах и метадиабазам,

а также в породах, обогащенных органическим веществом (углефицированных сланцах), пиритизированных кварцево-графитовых сланцах и карбонатных прослоях.

Подсчет площадей рудных линз в жилах, секущих пачки амфиболовых и слюдястых сланцев, проведенный на одном из месторождений, показал, что 75% продуктивной площади приходится на участки развития амфиболовых пород и только 25% — на слюдястые сланцы. Здесь же было установлено, что продук-

тивность рудных жил на участках, залегающих в метадиабазах, в 2—3 раза выше по сравнению с участками жил, находящихся в хлоритовых сланцах. На другом месторождении наибольшая продуктивность отмечается у жил, находящихся среди кварцевобитуминозных сланцев, полосчатых



Рис. 17. Пространственная связь гипогенных урановых месторождений с варисцийскими интрузивными массивами (по Л. И. Лукину).

Цифры над колонками показывают проценты зарегистрированных месторождений и рудопроявлений урана от общего их количества в одном ураноносном районе.

амфиболовых сланцев и особенно среди графитизированных углистых сланцев.

По данным К. Т. Савельевой, на некоторых месторождениях хорошо заметна контролирующая роль сульфидно-магнетитовых скарнов, кварцево-касситерито-грейзеновых жил и халькопиритовых залежей (до 90% запасов руды находится в местах пересечения этих пород рудоносными жилами). Продуктивность жил в местах пересечения скарнов во много раз выше продуктивности жил, залегающих в амфиболитах, керсантитах и гнейсах.

Прослой кварцитов и слюдястых сланцев с многочисленными линзами метаморфогенного дорудного кварца в этих районах совершенно лишены уранового оруденения.

Указанные закономерности не являются универсальными для всех металлоносных провинций. Известны, например, металлоносные провинции, где подавляющая часть месторождений располагается в породах кислого состава — кварцевых порфирах, фельзит-порфирах, сферолит-порфирах, туфах и лавобречиях эффузивной толщи, а также в гранит-порфирах, сиенит-порфирах, реже в гранодиоритах, интрузивных кварцевых пор-

фирах и фельзит-порфирах. Причины такой связи пока не ясны. По-видимому, в данном случае большее значение имел структурный контроль оруденения, чем литологический.

В ряде случаев интенсивность оруденения падает по мере приближения к гранитам, а в самих гранитах промышленные месторождения практически отсутствуют. В других районах — наоборот: месторождения приурочиваются непосредственно к выходам интрузивных пород кислого состава и не выходят в породы осадочного комплекса (карбонатные, аргиллитовые).

Характер территориальной связи оруденения с выходами интрузий в одном ураноносном районе иллюстрируется диаграммой (рис. 17).

Показанные на диаграмме расстояния не являются предельными. Например, небольшое гидротермальное месторождение, залегающее в туфах кварцевых порфиров, находится на расстоянии около 200 км от известных выходов интрузивных пород.

### **Литолого-фациальные особенности осадочных месторождений урана**

Осадочные месторождения широко распространены среди различных геологических формаций прибрежно-морского происхождения (битуминозные глинистые сланцы, известняки, глины, фосфориты, углисто-кремнистые сланцы, песчаники, конгломераты), а также среди озерно-лагунных, озерно-болотных и речных отложений (мергели, косослоистые песчаники, конгломераты, угли и песчаники угленосных свит).

Ураноносные породы отличаются некоторыми фациальными особенностями. Например, рудоносные известняки некоторых месторождений являются переходными к ракушняково-оолитовым разностям, которые содержат небольшое количество обломочных материалов (глинистых и алевролитовых) и, как правило, обогащены органическим веществом.

Ураноносные угли отличаются повышенной зольностью. Благоприятным признаком ураноносности на угольных месторождениях считается наличие в стратиграфическом разрезе туфогенных отложений и песчаников, налегающих на угленосную свиту.

На месторождениях, приуроченных к континентальной красноцветной толще, оруденение связывают с отложениями аллювиальных фаций, отличающихся характерной косою слоистостью, значительной изменчивостью мощности слоев, частым их выклиниванием, постоянными следами размыва. Отмечается приуроченность рудных залежей к руслам древних потоков. Наиболее богатые рудные залежи находятся обычно в мощных пластах серых песчаников, залегающих в красноцветной формации, тогда как тонкие пласты практически безрудны. Благоприятными являются песчаники, имеющие серую окраску, содержащие растительные остатки (стволы деревьев и растительный детритус).



На некоторых месторождениях Плато Колорадо оруденение приурочено непосредственно к остаткам растений и нередко полностью замещает целые стволы деревьев.

Большое значение для рудоотложения имеет проницаемость пород. Особенно благоприятными для рудоотложения считаются границы между породами с различной проницаемостью (песчаники-аргиллиты) и площади с быстрой сменой фаций. К положительным признакам относится наличие в верхних частях стратиграфического разреза хорошо проницаемых пород, содержащих в своем составе вулканический пепел, обломки эффузивных пород и примеси металлов: Cu, Pb, Zn, Ag, Ni, Co, Mo, Se, As.

Выяснение связи оруденения с литологическим составом пород и их фаціальными особенностями производится на основе детального геологического картирования и документации горных выработок и скважин, совмещаемой с опробированием, гамма-каротажем и гамма-съемкой.

При геологическом картировании и документации стратиграфических разрезов в опорных обнажениях изучаются: литология пластов, признаки, считающиеся благоприятными для уранового оруденения (радиоактивность пород, наличие органических остатков, пиритизация, фосфатность, карбонатность, окраска пород), характер слоистости (или микрослоистость), гранулометрический состав, характер плоскостей напластования, мощности пластов и элементы их залегания. При изучении разреза выделяются маркирующие горизонты и устанавливаются ритмы осадконакопления.

Примерная форма документации стратиграфического разреза

цвет	Важнейшие признаки пласта						Литологический состав	Ритмы	Кривая гамма-активности
	текстура	карбонатность	фосфатность	органические остатки	пиритизация	мощность			

По опорным разрезам составляются сводные литолого-фаціальные профили по району и в пределах рудного поля через всю толщу пород, включающую продуктивные горизонты. По сводным разрезам и по материалам документации выявляется приуроченность оруденения к определенным горизонтам, уточняется связь оруденения с определенными фациями и литологическими разновидностями пород, выясняются детали строения рудных тел, их размеры, форма, условия залегания, характер распределения оруденения внутри рудного тела и т. д.

Опорные разрезы и сводные профили служат основой для составления литолого-фациальных карт, на которых указывается характер распределения оруденения в плоскости пласта и отношения к различным фациям.

## 2. МЕТОДЫ РУДНИЧНОЙ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

### Виды геолого-геофизической документации и основные требования к ней

Вся рудничная геолого-геофизическая документация может быть разделена на первичную и сводную. К первичным относятся все материалы, являющиеся основой для сводных обобщающих документов, составляемых в процессе обработки и анализа первичной документации в камеральных условиях [19].

К первичной геологической и геофизической документации относятся:

1. Полевые книжки геологов с зарисовками, записями и предварительными обобщениями, сделанными непосредственно в забоях или в поле. Полевые книжки геофизиков-операторов с данными по гамма-съемке, радиометрическому опробованию и гамма-каротажу шпуров.

2. Журналы зарисовок и описаний, перенесенных из полевых книжек, систематизированных по выработкам, рудным телам, пластам и т. д. Зарисовки выработок и забоев с данными гамма-съемки, радиометрического опробования и гамма-каротажа шпуров; каротажные диаграммы.

3. Буровые журналы и колонки буровых скважин; журналы гамма-каротажа скважин и журналы гамма-измерений керна.

4. Геологические разрезы по буровым скважинам с результатами гамма-каротажа.

5. Сводные журналы геофизика-оператора с данными по гамма-съемке, каротажу и радиометрическому опробованию, систематизированные по выработкам, горизонтам и блокам.

6. Журналы аномалий с результатами их проверки и вскрытия.

7. Журналы опробования и обработки проб, журналы гамма-экспресс-анализа руды в вагонетках, автомашинах, ящиках и т. д.

8. Журналы образцов.

Сюда же могут быть отнесены: акты на заложение и закрытие горных выработок и буровых скважин; предписания об изменении направления горных работ; разрешение па отпалку в забоях при селективной добыче, на зарезку нового слоя или ленты; ведомости химических, радиометрических, спектральных, минералогических и прочих анализов, журналы и графики эталонирования радиометров; акты на определение удельного и объемного весов; справки об установленных кондициях на руду, о результатах технологических испытаний, журналы настройки, эталонирования и учета работы рудосортировочных радиометрических установок, мате-

риалы по учету потерь и разубоживания по опробованию закладочного материала и т. д.

К сводным геолого-геофизическим документам относятся:

1. Обзорная карта района месторождения в масштабе 1 : 500 000 — 1 : 1 000 000 с указанием железных и шоссейных дорог, рек, энергетических баз, промышленных и населенных пунктов и крупных месторождений полезных ископаемых.

2. Геологическая карта района месторождения в масштабе 1 : 200 000 — 1 : 15 000 с нанесенными на ней месторождениями полезных ископаемых, гамма-аномалиями (самолетными, наземными), эманационными, радиогидрохимическими и магнитными аномалиями; геологические разрезы к карте и сводная стратиграфическая колонка.

3. Детальная геолого-структурная карта рудного поля в масштабе 1 : 25 000 — 1 : 10 000 с геолого-структурными разрезами.

4. Геолого-структурная карта месторождения с нанесением устьев всех горных выработок и скважин, пройденных с поверхности. Масштаб карты 1 : 10 000 — 1 : 5000 — 1 : 2000 или 1 : 1000. Геолого-структурные разрезы к карте.

5. Геологические планы горизонтов горных работ и разрезы к ним в масштабе 1 : 2000 — 1 : 1000 — 1 : 500 до 1 : 200 с данными геолого-геофизической документации.

6. Планы опробования (в тех же масштабах).

7. Продольные проекции рудных тел с контурами запасов промышленных и забалансовых руд и с отработанными контурами.

8. Сортные планы.

9. Паспорта блоков или блокные карточки с данными о запасах, отработке, закладке и опробовании.

10. Планы и разрезы охранных целиков.

11. Планы мощностей и планы размыва пластов (на угольных и других осадочных месторождениях).

12. Карты рельефа подошвы и кровли продуктивного слоя (для месторождения с пологим и горизонтальным залеганием рудных залежей).

13. Карты мощностей вскрыши (для открытой разработки).

14. Блок-диаграммы и модели, характеризующие условия залегания и морфологию рудных тел.

Многие из перечисленных документов составляются еще до передачи месторождения в эксплуатацию геологическими организациями, ведущими поисково-съёмочные и разведочные работы. В процессе отработки месторождения они проверяются и корректируются на основе материалов, получаемых рудничными геологами и геофизиками при геолого-геофизическом изучении вскрываемых и обрабатываемых горизонтов.

К числу сводных материалов, помимо перечисленных, относятся также ведомости движения запасов, учета добычи, потерь и разубоживания, акты на списание некондиционных руд и запаса-

сов, отнесенных в потери по геологическим причинам, проекты доразведки шахтных полей, материалы по подсчету запасов.

**Основные требования к документации.** Перечисленные первичные и сводные материалы должны строго отвечать своему назначению: графические материалы должны отражать все детали, доступные для изображения в выбранном масштабе, быть объективными и удобочитаемыми, должны сопровождаться надписями и условными обозначениями. На картах, планах и зарисовках

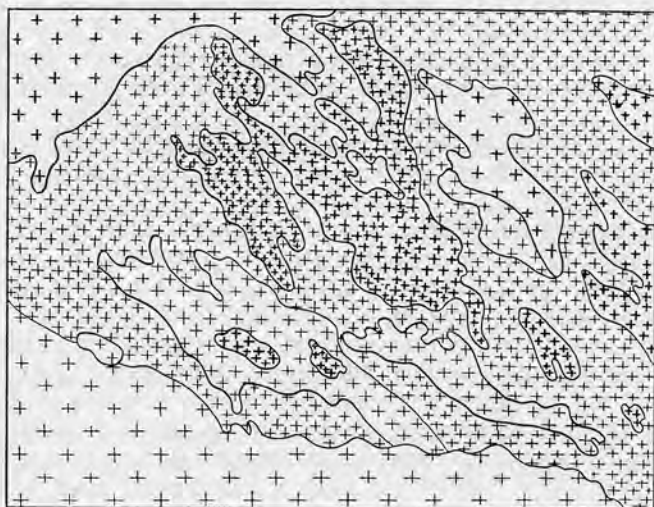


Рис. 18. Геологическая карта, изображенная в одинаковых значках, но различной величины и густоты их расположения (по В. А. Миронову, ЦНИГРИ).

должны быть четко разграничены непосредственно наблюдаемые факты от предполагаемых, отстроенных путем интерполяции и экстраполяции.

Все геологические документы должны быть подписаны ответственными исполнителями — геологом, геофизиком и маркшейдером.

**Условные обозначения.** От подбора условных обозначений во многом зависит обзорность геологических документов [72]. Для условных обозначений применяется цветная раскраска, штрихи или буквенные знаки. Преимущество раскраски заключается в широких возможностях получать контрастные, легко читаемые чертежи. Неудобством является трудоемкость работы при размножении чертежей. Пользуясь штриховыми знаками, варьируя их размерами и толщиной линий, можно также достичь хорошей рельефности изображения (рис. 18). Большим преимуще-

ством штриховых обозначений является возможность быстро размножать чертежи путем светокопирования и фотографии.

Буквенные обозначения без раскраски или штриховки применяются редко. Практически чаще пользуются комбинированными обозначениями, отражая разными цветами геологический возраст пород, а штрихами или буквами — их литолого-петрографические или структурные разновидности.

На руднике должна быть принята единая система условных обозначений, утвержденная главным геологом и являющаяся обязательной для всех лиц, занимающихся геологической и геофизической документацией. Все необходимые изменения в документации и дополнения к ней должны вноситься только с разрешения главного геолога (с доведением до сведения всем рудничным геологам).

Условные обозначения должны быть разработаны для всех видов геологической документации. Они должны отражать следующее:

1. На мелкомасштабных геологических картах — главным образом крупные стратиграфические подразделения. Для этого пользуются различными цветами и индексировкой в соответствии со шкалой Международного геологического конгресса.

2. На крупномасштабных картах, охватывающих рудное поле или месторождение, особое значение приобретает расчленение пород по литолого-петрографическому составу и возрасту. Нередко на таких картах отражается условными знаками характер метаморфизма, окологорудных изменений вмещающих пород и минерализация жильного гидротермального комплекса. Для изображения жильной минерализации целесообразнее пользоваться цветной тушью.

3. На структурно-геологических картах площадей, сложенных интрузивными породами, условными знаками отмечают: направления ориентировки удлиненных минералов, углы наклона и направление погружения линий «течения», ориентировка различного рода трещин, борозд скольжения, зон дробления, брекчирования, милонитизации, а также положение контактов, шлиров, даек и жил. В складчатых областях, на площадях развития осадочных и осадочно-метаморфических пород обозначаются оси антиклиналей, синклиналей, флексурные изгибы, а там, где имеются достаточные данные, — изолинии кровли или подошвы маркирующих горизонтов.

4. На картах радиогидрохимической съемки наряду с геолого-тектоническими элементами предусматриваются условные значки для водоемов, гидросети, источников, мест взятия проб воды и радиогидрохимической характеристики проб.

5. На картах эманационной съемки раскрашиваются площади с различной концентрацией эманаций радона в почвенном воздухе. Иногда ограничиваются условными знаками в точках замера, размер или цвет которых отражает определенное количество эман.



Чаще карту эманационной съемки составляют на восковке, которую легко можно наложить на геологическую карту с целью определения пространственной связи аномалий с элементами геологии.

При детальной тематической документации не всегда удается с помощью общепринятых условных обозначений достичь рельефного изображения особенностей строения жил или показать характер распределения минералов. Для этой цели прибегают к произвольной штриховке и крапу, значение которых в каждом отдельном случае поясняется в записной книжке рядом с зарисовкой.

### Применяемая аппаратура

Основной задачей рудничной радиометрии является качественное и количественное определение радиоактивных элементов в руде по интенсивности гамма-излучения.

Регистрация гамма-излучения производится при помощи радиометрической аппаратуры с газоуполненными и сцинтилляционными счетчиками ионизационных камер [4, 12, 65]. Радиометрическая аппаратура, используемая на рудниках, весьма разнообразна по назначению, по условиям применения и по конструкции (табл. 10).

По назначению можно выделить несколько основных видов приборов:

1) переносные гамма-радиометры типа УР-4М и др. для измерения интенсивности гамма-излучения в горных выработках и в шпурах;

2) каротажные установки легкого (переносные) и тяжелого типа КРЛ и КРТ для измерения интенсивности гамма-излучения в скважинах;

3) многосчетчиковые стационарные установки для экспресс-анализа отбитой породы и рудной массы, погруженной в вагонетки, автомашины или ящики РСР-3, РСР-6 и для экспресс-анализа недробленных проб в цилиндрических сосудах на 5—6 кг или 10—12 кг РКИ-1У;

4) радиометры рудоразборочных машин типа РАС, РМ и др., предназначенных для сортировки и обогащения руд;

5) лабораторные установки для анализа порошковых проб (типа Б, РРС и др.);

6) транспортный радиометр РСУ-Т для экспресс-анализов отбитых руд в движении.

Описание конструкций и радиотехнических схем радиометров приводится в специальной литературе [4, 54, 65].

Приборы со слуховыми индикаторами (ПРС-Р, РМ-2) предназначены только для предварительного разделения горнорудной массы на сорта без точного определения содержания урана. Остальные приборы используются, как правило, для более точных количественных измерений. Поэтому радиометры с интегральными

Тип прибора, год выпуска	Название; основное назначение	Тип регистрируемого излучения	Основные конструктивные особенности	Тип приемника излучений
<b>1. Радиометры рудничные, переносные для измерения радио</b>				
УР-4М*, 1955 („Выстрел“)	Универсальный радиометр для измерений радиоактивности в выработках, в шпурах и на поверхности	γ	Датчик выносной, герметичный с прямой телескопической гильзой и сменными счетчиками	СТС-1, СТС-8
РПР-1, 1958 („Рупор“)	Рудничный радиометр	γ	То же	СТС-1, СТС-2 СТС-6
РГН, 1958 („Фон“)	Радиометр направленного приема для опробования массива и закладочного материала	γ	Счетчики расположены в нижней части пульта	2 счетчика: СТС-2 для регистрации полезного излучения; СТС-1 — для компенсации фона
ПРС-Р, 1955	Радиометр рудничный, слуховой	γ	Датчик выносной, герметичный, прямой	СТС-1
СРП-2, 1958 („Кристалл“)	Полевой сцинтилляционный радиометр для качественной оценки радиоактивных элементов	γ	То же	NaJ(Tl) + + ФЭУ-35
РРС, 1958 („Селен“)	Радиометр рудничный с декадным пересчетом для анализа руд в естественном залегаании штуфов и порошковых проб в полевых лабораториях	γ, β + γ	4 датчика взаимозаменяемых, выносных, герметичных (ДР, ДА, ДБГ и ДУ — соответственно, рудничный, аналитический датчик и β-, γ-датчик и блок БГС — универсальный)	СТС-2, СТС-6, СТС-8, СГС-6

\* УР-4, 1951 («Байкал») — то же, что и УР-4М, но счетчики МС-13, МС-14 и МС-

Таблица 10

применяемая на урановых рудниках

Тип индикации	Количество диапазонов и пределы измерений	Чувствительность или порог уверенного отсчета	Линейность и точность	Вес прибора, кг	Питание прибора	Срок службы источников питания при непрерывной работе, ч
активности пород в забоях, горных выработках и шпурах						
Стрелочная и слуховая	2 — от 10 до 10 000 мкр/ч	5 мкр/ч на 6 делений первой шкалы	Нелинейная характеристика	4,6	Батарейное	80
То же	3 — от 0 до 75 000 мкр/ч	—	Точность $\pm 10\%$	2,8—3,0	»	200
Стрелочная	3 — от 0 до 2500 мкр/ч	10 мкр/ч при фоне до 200 мкр/ч и 30 мкр/ч при фоне более 2000 мкр/ч	Линейна в ограниченной области. Точность 5—15% (в зависимости от фона)	7	»	350
Слуховая	2 — от 50 до 10 000 мкр/ч	1—3 имп/мин на 1 мкр/ч	—	2	»	6 месяцев
Слуховая и стрелочная	2 — от 0 до 1250 мкр/ч	Не более 1,5 мкр/ч	Точность $\pm 10\%$	3	»	80
Стрелочная	Объем счета 100 000 импульсов	—	Разрешающее время 20 мксек (средняя предельная частота 2000 имп/сек)	Пульт 3,5 кг	Батарейное	50

и пульт менее герметичны и невзрывобезопасны.

Тип прибора, год выпуска	Название; основное назначение	Тип реги- стрируе- мого из- лучения	Основные конструктор- тивные особенности	Тип приемника излучений
-----------------------------	----------------------------------	--	---	----------------------------

## 2. Каротажные

КРЛ-М*, 1955 („Истра“)	Каротажный лег- кий радиометр	γ	Датчик выносной, герметичный, в железной гильзе	МС-13, МС-14
РКР, 1958 („Рекорд“)	Рудничный каро- тажный радио- метр на кри- сталлических триодах для каро- тажа сква- жин до 120 м	γ	Два датчика смен- ных выносных в стальной гильзе	В одном дат- чике 3 парал- лельных сче- тчика СГС-6, в другом — один СТС-6
КРТ, 1952 („Рица“)	Каротажный тя- желый радио- метр	γ	Датчик выносной, герметичный, в железной гильзе	МС-9, МС-16, МС-13
КРС, 1956 („Ручей“)	Каротажный ра- диометр тяже- лый с грубым разделением на излучение ура- на и тория	γ	Датчик выносной, герметичный	Сцинтилляци- онный + ФЭУ 25 2 шт. с разной высотой кристаллов NaJ(Tl) 40 мм и 4 мм

\* КРЛ, 1952 («Ильмень») — то же, что и КРЛ-М, но отсутствует взрывобезопасный в

Тип индикации	Количество диапазонов и пределы измерений	Чувствительность или порог уверенного отсчета	Линейность и точность	Вес прибора, кг	Питание прибора	Срок службы источников питания при непрерывной работе, ч
радиометры						
ЭМС, стрелочная, слуховая	10—25 000 мкр/ч на ЭМС — до 100 имп/сек	5—10 мкр/ч	Нелинейность характеристики не превышает $\pm 10\%$	Пульт — 9,3; зонд — 3,5; комплект с питанием — 47,8 облегченная конструкция; 57 — взрывобезопасная конструкция	Батарейное	50
То же	Стрелочная 0—100 000 мкр/ч (пять диапазонов); ЭМС — до 200 имп/сек	5—10 мкр/ч	Нелинейность $\pm 15\%$ на поддиапазоне 100 000 мкр/ч и $\pm 10\%$ на остальных поддиапазонах	Комплект около 35 кг (вместе с 120 м кабеля); пульты — 6 гильзой 61	»	50
То же и самописец ЭС-42	от 5 до 20 000 мкр/ч	2 деления на 1 мкр/ч на первом диапазоне	Точность $\pm 10\%$	54,5	Виброблок или батарейное	150
Самопишущий гальванометр, ЭМС, стрелочная и слуховая	от 0 до 20 000 мкр/ч Дискриминация — 0,5 до 10 в через 0,2 в	2 мкр/ч	Точность $\pm 10\%$	78	Сетевое и от электродвижка „Киев-2“	—

риант конструкции.



Тип прибора, год выпуска	Название; основное назначение	Тип регистрируемого излучения	Основные конструктивные особенности	Тип приемника излучений
--------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------------	-------------------------

### 3. Радиометры для экспресс-анализов руд

РСР-6, 1957 („Стенд“)	Контрольный стационарный радиометр для экспресс-анализа отбитой горнорудной массы	γ	Две (для вагонетки), четыре (для автомашины) кассеты прямоугольные плоские	СТС-8, по 25 шт. в кассете
РСР-3, 1955 („Стрела“)	То же, но с автоматической сортировкой и дистанционным управлением	γ	Датчики многосчетчиковые — две, четыре кассеты плоские прямоугольные	То же
РСР-7, 1958 („Кварц“)	Стационарный радиометр на полупроводниках для экспресс-анализа отбитых руд в емкостях и для анализа недробленых проб	γ	Две плоские кассеты и полый цилиндрический датчик	То же по 15 шт. в каждом датчике

### 4. Радиометры для экспресс-анализов руды в

РКИ-1У*, 1956	Радиометр контрольный ионизационный для анализов богатых руд и концентратов	γ	Датчик П-образный, ионизационная камера	Ионизационная камера объемом 80 л
---------------	---	---	---	-----------------------------------

### 5. Аппаратура для экспресс-

РСУ-Т, 1957 („Объем“)	Транспортный радиометр для экспресс-анализов отбитых руд в движении	γ	Датчик цилиндрический в свинцовом экране	Сцинтилляционные счетчики NaJ(Tl) + ФЭУ-29
--------------------------	---	---	--	--

\* РКИ-1-55, 1955, то же, что РКИ-1У, но ионизационная камера на 200 л, характеристика

Тип индикации	Количество диапазонов и пределы измерений	Чувствительность или порог уверенного отсчета	Линейность и точность	Вес прибора, кг	Питание прибора	Срок службы источников питания при непрерывной работе, ч
---------------	---	---	-----------------------	-----------------	-----------------	--

## в вагонетках и в автомашинах

Стрелочная	От 0,001% до 1%	0,002% на 4 деления шкалы	Линейна до 0,3%	—	Сетевое	—
ЭМС, стрелочная; автомат	Автомат 0—1%, дистанционно до 500 000 <i>имп/мин</i>	0,001% на 4 деления первой шкалы	Линейна до 1%; точность $\pm 10\%$	—	»	—
Стрелочная	от 2 до 2000 <i>мкр/ч</i>	1,5—2 <i>мкр/ч</i>	Линейна до 500 <i>мкр/ч</i>	—	Батарейное (можно использовать сетевое)	—

## малых емкостях (в ящиках и баках)

Стрелочная	От 0,1 до 70%	0,02% на 1 деление	Линейна; точность $\pm 5-6\%$	—	Сетевое или батарейное	—
------------	---------------	--------------------	-------------------------------	---	------------------------	---

## анализов руд на транспортерах

ЭМС с пересчетом 1:10 000	От 0 до 10 000 <i>мкр/ч</i>	14—44 <i>имп/сек</i> на 1 <i>мкр/ч</i>	Линейна	—	Сетевое	—
---------------------------	-----------------------------	--	---------	---	---------	---

чувствительности линейна в области 0,3—10%.

Тип прибора, год выпуска	Название; основное назначение	Тип регистрируемого излучения	Основные конструктивные особенности	Тип приемника излучений
--------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------------	-------------------------

### 6. Лабораторные

Установка типа Б с блоком БГС, 1952 и 1956	Радиометр для лабораторных анализов порошковых проб	$\beta + \gamma$ , $\gamma$	Датчик выносной, негерметичный	$\gamma$ - и $\beta$ -счетчики газоразрядные
Лабораторная многосчетчиковая установка (двояная установка типа Б со специальным датчиком), 1954	Радиометр для анализов порошковых проб с одновременным измерением $\beta$ и $\gamma$ -излучения пробы	$\beta$ , $\beta + \gamma$	Датчик выносной, в свинцовом домике; две группы счетчиков; нижняя — экранирована от $\beta$ -излучения	МС-6 по 4 шт. в каждой группе
ЛАС, 1956 („Баксан“)	Радиометр для измерения проб малой концентрации с раздельным определением урана и тория (со спектральным анализом $\alpha$ -излучения пробы)	$\alpha$ , $\beta$ , $\beta + \gamma$	Датчики выносные	$\gamma$ -измерение — ФЭУ-19 + NaJ(Tl); $\beta$ -измерение — СТС-5 и МСТ-17; $\alpha$ -измерение ФЭУ-19 + ZnS
АРП, 1959 („Ореол“)	Радиометр для анализа порошковых проб малой концентрации с раздельным определением урана и тория	$\beta$ , $\beta + \gamma$	Датчики выносные	СТС-5 $\times$ 15 шт. + NaJ(Tl) ФЭУ-19

Тип индикации	Количество диапазонов и пределы измерений	Чувствительность или порог уверенного отсчета	Линейность и точность	Вес прибора, кг	Питание прибора	Срок службы источников питания при непрерывной работе, ч
---------------	---	---	-----------------------	-----------------	-----------------	--

## установки

ЭМС с пересчетом 1:64	Разрешающее время 50 мксек	0,001 %	Точность анализа проб с содержанием 0,01% и выше $\pm 5\%$	—	Сетевое	—
ЭМС с пересчетом 1:64	Разрешающее время 50 мксек	0,001 %	Точность анализа проб с содержанием выше 0,01% урана составляет $\pm 5\%$	—	»	—
ЭМС и стрелочная	До 5000 имп/сек (разрешающее время меньше 10 мксек); дискриминация: счетный канал от 2 до 10 в через 2 в; канал интенсивметра от 2 до 10 в через 1 в	По $\gamma$ -излучению — $3,5 \times 10^{-4}\%$ ; по $\beta$ -излучению с СТС-5 $6 \times 10^{-4}$ и с МСТ-17 $3 \times 10^{-3}\%$ ; по $\alpha$ -излучению $7 \times 10^{-4}\%$	Точность $\pm 3\%$	—	»	—
То же	Разрешающее время до 10 мксек; диапазон измерений от 0,01 до 6% (по ЭМС'у 2000 имп/сек; интенсивметр — до 7000 имп/сек)	Около 0,01 %	Линейна до 5%	—	Сетевое и батарейное	—

Тип прибора, год выпуска	Название; основное назначение	Тип регистрируемого излучения	Основные конструктивные особенности	Тип приемника излучений
--------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------------	-------------------------

### 7. Рудоразборочные

„Вятка“ PM-912, 1956, „Вятка“ РАС, 1956	Установка для радиометрического обогащения руд с рудосортировочными радиометрами для порционной и поточной сортировки	γ	Датчик выносной — кассета с газоразрядными счетчиками (монтируется под транспортером)	„Вятка“ РМ-912, ВС-6×9 шт. в кассете, „Вятка“ РАС ВС-9×6 шт. в кассете
РСР-4, 1956 („Вихрь“)	Радиометр сцинтилляционный рудоразборочный для сортировки руд	γ	Датчик выносной — кассета со сцинтилляционными счетчиками под транспортером	NaJ(Tl) + ФЭУ-19 — 4 шт. по два в параллель
РСР-2, 1956 („Яхрома“)	Радиометр сцинтилляционный рудоразборочный для сортировки по содержанию (с учетом веса) в комплекте со специальной карусельной машиной	γ	Датчики выносные — 8 ячеек под каруселью	NaJ(Tl) + ФЭУ-19



Тип индикации	Количество диапазонов и пределы измерений	Чувствительность или порог уверенного отсчета	Линейность и точность	Вес прибора, кг	Питание прибора	Срок службы источников питания при непрерывной работе, ч
---------------	---	---	-----------------------	-----------------	-----------------	--

## радиометры

Исполнительное реле, стрелочная и световая	50 мкр/ч	Порог уверенного срабатывания 200 мг металла при скорости 0,25 м/сек (может изменяться в широких пределах)	—	—	Сетевое	—
Исполнительное реле, стрелочная и слуховая	От 0 до 50 мкр/ч	30 мг металла при 50% срабатываний исполнительного реле (экспозиция 0,5 сек)	—	—	»	—
Исполнительное реле, стрелочная и световая	0—10 мкр/ч	0,01% при классе крупности +50 мм —150 мм	—	—	»	—

и импульсными индикаторами должны отличаться более высокой чувствительностью, стабильностью и линейностью характеристики в широком диапазоне измеряемых активностей.

Все типы радиометров строятся по принципиально общей схеме. Они состоят из приемника радиоактивных излучений (датчика), усилительно-регистрирующего (измерительного или исполнительного) блока и блока питания прибора.

Датчики в большинстве случаев изолируются от узла питания и усилительно-регистрирующего блока и соединяются с гибким шлангом. Питание датчиков осуществляется посредством лампового генератора от батарей или высоковольтного выпрямителя от сети переменного тока. Питание усилительно-регистрирующего узла производится также от сети или от сухих анодных и накальных батарей. В усилительно-регистрирующий блок обычно входит нормализатор импульсов, выпрямитель и ламповый вольтметр или же выходной усилитель и электромеханический счетчик (ЭМС). У приборов с ЭМСом, предназначенных для регистрации большого числа импульсов, включается пересчетная схема. Отсчет показаний радиометра производится по стрелочному индикатору, ЭМСу или самозаписывающему механизму.

Приемники излучения представляют собой газонаполненные или сцинтилляционные счетчики, помещаемые в специальные гильзы или кассеты, и реже ионизационные камеры.

**Газоразрядные счетчики.** В рудничных гамма-радиометрах широко используются самогасящиеся стеклянные счетчики типа МС, ГС, СТС, ВС, наполненные инертными газами (криптоном, аргоном) с примесью гасящих добавок в виде многоатомных газов (паров, спирта, амилацетата) или галогенов.

Счетчики различаются как по материалу и величине рабочей поверхности катода счетной трубки, так и по составу газового наполнителя и гасящей добавки. Счетчики разных типов обладают различной эффективностью и спектральной чувствительностью, что следует учитывать при производстве количественных измерений.

Счетчики типа МС и ГС с катодом из легких веществ (медь, аквадаг) малочувствительны к мягким гамма-лучам; счетчики типа ВС с катодом из тяжелых материалов (вольфрам) очень чувствительны к мягкому гамма-излучению. Чувствительность счетчиков ВС к нефильтрованному гамма-излучению примерно в два раза выше, чем у счетчиков МС, СТС, ГС.

При измерении фильтрованного гамма-излучения, наоборот, чувствительность счетчиков ГС выше чувствительности ВС.

**Сцинтилляционные счетчики.** Они в последнее время начинают играть все большую роль в радиометрической аппаратуре, используемой на урановых рудниках. Их особенности подробно излагаются в опубликованной литературе [12]. Счетчики состоят из сцинтиллятора (фосфора), фотоумножителя (ФЭУ) и специального усилителя (так называемого предусилителя).

В качестве фосфоров для гамма-счетчиков чаще всего применяются кристаллы йодистого натрия, активированные галлием, — NaJ(Tl).

По сравнению с газовыми сцинтилляционные счетчики имеют ряд преимуществ. В частности, амплитуда импульсов в сцинтилляционных счетчиках пропорциональна энергии ионизирующих частиц, что дает возможность различать регистрируемое излучение по энергиям. Высокая эффективность сцинтилляционных счетчиков при регистрации гамма-излучения равна приблизительно 100% для энергий 0,1—0,2 Мэв, 80% для 1 Мэв и 40% для 2 Мэв [для кристалла NaJ (Tl)].

Относительная величина фона в сцинтилляционных счетчиках ниже, чем в газоразрядных, за счет меньшей чувствительности к космическим лучам; разрешающее время ( $10^{-6}$  сек) у сцинтилляционных счетчиков значительно меньше, чем у газоразрядных, что обеспечивает расширение диапазона измерений.

Высокая чувствительность к гамма-излучению при малых габаритах фосфора делает сцинтилляционные счетчики удобными для конструирования относительно малогабаритной и в то же время чувствительной аппаратуры.

К недостаткам сцинтилляционных счетчиков относится необходимость хорошей изоляции кристалла и фотоумножителя от света и надежной стабилизации напряжения, а также сложность конструкции.

Рациональность замены газовых счетчиков сцинтилляционными бесспорна в приборах, где совершенно обязательна высокая чувствительность или возможность дискриминации по энергиям. Это бывает особенно необходимо при измерении радиоактивности у движущихся объектов или на установках с движущимися приемниками излучения, например при экспресс-анализе на транспортерах, в каротажных установках, в приборах для автоматической рудосортировки.

В рудничных радиометрах, рассчитанных на работу в рудных забоях или в стационарных установках типа РКС, заменять газоразрядные счетчики сцинтилляционными не имеет смысла.

**Ионизационные камеры.** Для измерения больших интенсивностей целесообразно использовать интегрирующие ионизационные камеры. Работа с ионизационной камерой заключается в измерении ионизационного тока насыщения, величина которого пропорциональна числу пар ионов, образуемых источником радиоактивности в 1 сек в 1 см<sup>3</sup> объема камеры.

Основное достоинство ионизационных установок — это линейность их показаний во всем диапазоне измеряемых интенсивностей.

Такие установки используют для гамма-экспресс-анализов богатых руд и концентратов. Стационарные радиометры этого типа имеют объем камер до 80—100 л и более. Использование камер такого объема обеспечивает достаточную чувствительность изме-

рений, не снижая линейность характеристики радиометра даже в области больших скоростей счета.

Важнейшей характеристикой радиометрической аппаратуры является чувствительность и цена деления измерительного прибора. Чувствительность определяется при градуировке и выражается числом делений прибора или числом импульсов в минуту, приходящихся на 1 *мкр/ч* или на единицу содержания радиоактивного вещества (при данных условиях измерения), например на проценты равновесного урана. Чувствительность и цена деления прибора находятся между собой в обратной зависимости.

Диапазон регистрируемых интенсивностей излучений в измерительной схеме прибора разбивается на поддиапазоны. Соотношение между соседними поддиапазонами в большинстве приборов принимают 5—10-кратным. В пределах каждого поддиапазона должна быть обеспечена линейность показаний, то есть прямая пропорциональность между измеряемой интенсивностью излучения и показанием прибора. Наилучшая линейность обычно обеспечивается на первых наиболее чувствительных шкалах.

Для замера интенсивности излучения в очень широких пределах пользуются счетчиками различных размеров, что обеспечивает необходимую линейность показаний. В случае импульсной регистрации линейность показаний может быть получена с помощью специальных пересчетных схем. Область линейных показаний должна охватывать диапазон наиболее широко распространенных интенсивностей гамма-излучения.

**Эталонирование радиометров.** Для всех полуколичественных и количественных измерений показания гамма-радиометров необходимо выражать в общих единицах — *мкр/ч*. Этим достигается сопоставимость измерений, произведенных различными приборами. Перевод показаний прибора в *мкр/ч* производится путем эталонирования, позволяющего устанавливать соотношение между показаниями прибора и эталона, интенсивность излучения которого заранее точно известна.

Эталонирование переносных и каротажных радиометров, предназначенных для измерения радиоактивности в массиве, осуществляется точечными стандартными эталонами радия:

№ 5 — 0,1 мг Ra и № 6 — 1,0 мг Ra.

Регистрируемая интенсивность гамма-излучения эталона, удаленного от счетчика на расстояние «*r*» см, рассчитывается по формуле:

$$I = 8,5 \times 10^{-9} \frac{Q}{r^2}, \quad (4)$$

где  $8,5 \times 10^{-9}$  *мкр/ч* — гамма-постоянная, равная мощности дозы излучения, создаваемой 1 г радия через платиновый фильтр толщиной 0,3 мм на расстоянии 1 см;

*Q* — содержание радия в эталоне, г.

По показаниям радиометра и рассчитанным интенсивностям излучения от эталона строят кривую эталонирования, по которой все показания прибора переводят в *мкр/ч*. Условия эталонирования подбираются так, чтобы прибор в основном регистрировал только первичные гамма-лучи эталона. Для этого эталонировочную установку помещают на расстоянии не ближе чем на 1—1,5 м от пола, стен и от других «рассеивающих» предметов, а эталон перемещают только в интервале 0,5—3,0 м, где доля рассеянного излучения минимальна.

Спектры гамма-излучения эталона и урансодержащих рудных тел различаются в основном за счет мягких рассеянных лучей [18, 80, 81, 82, 84, 85]. Их относительное уравнивание может быть выполнено (в первом приближении) за счет применения толстостенных железных гильз, поглощающих мягкое излучение [18]. Об исключении влияния рассеянного гамма-излучения при эталонировании радиометров путем введения специальных поправок говорится в работе [78].

Для эталонирования многосчетчиковых стационарных установок часто используют специальные рабочие эталоны, которые изготовляют из измельченной до 3—5 мм руды того же состава, что и контролируемая горнорудная масса. Размеры и форма тары с эталонным материалом должны соответствовать габаритам емкостей с контролируемой рудой. В общем случае для изготовления эталонов используют равновесные, слабоэманлирующие руды ( $K_{эм}$  5—7%). Многосчетчиковые установки, не обладающие линейной характеристикой, эталонируются не одним, а серией эталонов с различными содержаниями урана. В случае использования рабочих эталонов показания радиометров выражаются не в *мкр/ч*, а непосредственно в процентах равновесного урана.

### Первичная документация горных выработок

Методика геологической документации горных выработок и скважин детально изложена в различных руководствах и инструкциях Министерства геологии и охраны недр [19, 20, 45]. В приложениях к ним даны перечень и формы различных видов геологической документации и отчетности. Эти методы и формы геологической документации применяются и на урановых месторождениях с той лишь разницей, что здесь геологическая документация сопровождается данными радиометрических измерений и специальной геофизической документацией.

При геологической документации вертикальных и наклонных горных выработок (шахт, восстающих, гезенков, шурфов) обычно зарисовывают все четыре стенки с последующим составлением разверток [38].

При несложном геологическом строении и простой форме рудного тела допускается документация двух или даже одной стенки выработки ориентированной вкрест простирания рудного тела.



Документация производится последовательно, по мере продвижения выработки. Места зарисовок привязываются к постоянно закрепленным и нанесенным на маркшейдерскую основу пунктам (маркшейдерские точки, устья выработок).

Документация вертикальных и наклонных выработок дает полный и непрерывный геологический разрез рудного тела по падению только в том случае, если мощность рудного тела не превышает сечения выработки. При большой мощности рудных тел разрезы составляются путем интерполяции между рассечками и шпурами, задаваемыми из восстающих для вскрытия полной мощности рудного тела. Такие разрезы — менее точны.

В горизонтальных выработках — квершлагах и ортах — документируются метр за метром обе стенки и кровля выработок. Зарисовка дается в виде развертки, на которой одновременно изображаются кровля и стенки выработки.

Кровля зарисовывается так, как она должна представляться наблюдателю, находящемуся над кровлей и смотрящему на нее сверху вниз. Такая зарисовка может переноситься на погоризонтный план непосредственно. Стенки в отличие от кровли могут изображаться либо так, как их видит наблюдатель, либо в зеркальной проекции. На руднике должна быть установлена какая-либо одна система изображения, для того чтобы не создавалось разнобоя и путаницы. При любом способе изображения должна в обязательном порядке указываться ориентировка документируемой выработки и ее стенок относительно стран света, метраж от устья выработки (или от маркшейдерских точек), название и номер выработки, фамилия составителя и дата.

В штреках при крутом падении рудного тела и пластов вмещающих пород кровля и забой документируются через определенные интервалы. При пологом залегании зарисовываются обе стенки и забой. Зарисовки делаются обычно одновременно с опробованием, поэтому величина интервала между зарисовываемыми забоями определяется густотой сети опробования. Практически эти расстояния изменяются от 1 до 5 м, а на месторождениях I и II морфологических групп достигают 10—12 м.

Геологическая документация горных выработок сопровождается гамма-съемкой, проводимой с целью поисков рудных тел, оконтуривания рудных интервалов и выяснения характера распределения урана в рудных телах (рис. 19). Сущность гамма-съемки заключается в следующем.

Общий эффект гамма-излучения в любой точке выработки представляет собою сумму следующих членов:

$$I_{\text{общ}} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_{\text{втор}} + I_{\text{эм}} + I_{\text{н. ф}}, \quad (5)$$

где  $I_{\text{общ}}$  — регистрируемая интенсивность гамма-излучения;  
 $I_1, I_2, I_3, I_4$  — интенсивность, создаваемая за счет гамма-излучения каждой из стенок выработки;

$I_{\text{втор}}$ ,  $I_{\text{эм}}$ ,  $I_{\text{н. ф}}$  — интенсивность вторичного гамма-излучения; гамма-излучения продуктов распада эманаций, находящихся в воздухе выработки; натуральный фон радиометра.

Из-за сложности учета всех факторов, влияющих на величину каждого из членов ряда и на их сумму, даже примерная математическая

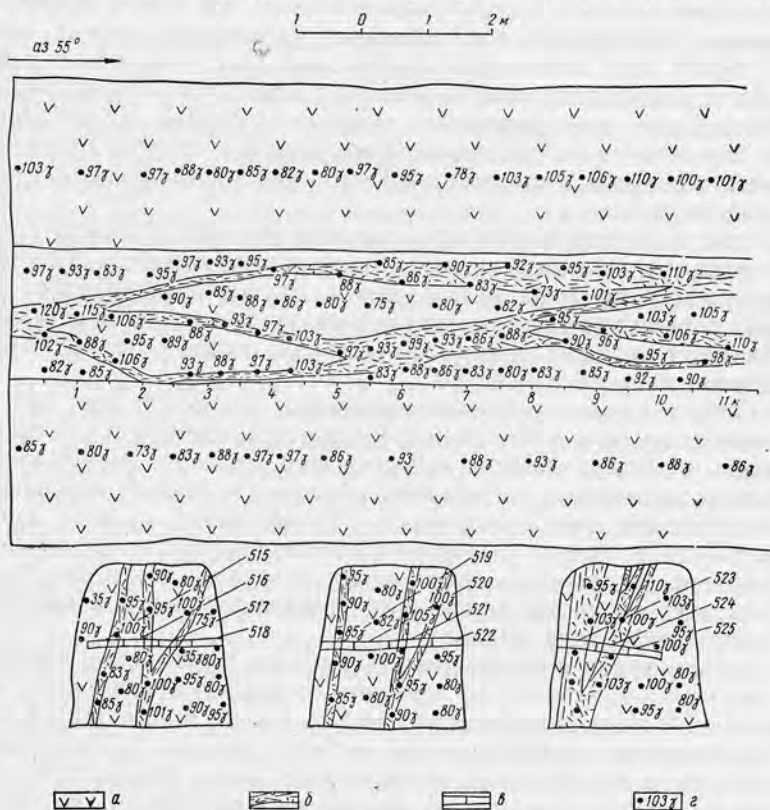


Рис. 19. Пример геолого-геофизической документации горных выработок:

*a* — кварцевые порфиры; *б* — зоны дробления; *в* — борзодовая проба и номер пробы; — точка  $\gamma$ -измерения в мкр/ч.

тическая интерпретация  $I_{\text{общ}}$  весьма сложна и практически не производится.

Обычно гамма-съемка ведется по общему излучению ( $I_{\text{общ}}$ ), что вполне достаточно для сравнения радиоактивности пород, пересекаемых горной выработкой. Измерения при съемке проводятся по всему сечению выработки как на слух, так и по индикатору радиометра. Точки измерения, в которых берутся отсчеты по индикатору, располагаются по определенной сети. Густота сети

определяется сечением выработки, характером оруденения, необходимой детальностью документации и т. п.

По способу расположения точек измерения в выработке гамма-съемка носит название осевой, спирально-осевой (спиральной), съемки по отдельным сечениям и по забоям.

Осевая съемка заключается в измерении интенсивности гамма-излучения в точках, расположенных вдоль оси горной выработки. Данные этой съемки характеризуют суммарный эффект гамма-излучения всех плоскостей выработки. Такие измерения проводятся в выработках малого сечения с относительно равномерным оруденением, представленным мощными рудными телами (например пластами на месторождениях осадочного генезиса), или в практически безрудных полевых штреках и других малоперспективных выработках.

Замеры интенсивности производятся через интервалы в 1—3 м. В промежутках между точками замера интенсивность излучения непрерывно прослушивается через слуховой индикатор. При обнаружении заметно повышенного излучения делается остановка, уточняется положение аномалии (в кровле, почве и стенках) с нанесением ее на план выработки.

Спирально-осевая съемка отличается от осевой тем, что при движении вдоль выработки непрерывно прослушиваются ее стенки, кровля и почва. Замеры производятся не через определенные, заранее намеченные интервалы, а только в точках повышенной интенсивности гамма-излучения. Такой метод съемки принят в выработках большого сечения на месторождениях с резко неравномерным оруденением. Выявленные аномалии, как и при других видах съемки, точно замеряются, документируются и наносятся на маркшейдерские планы.

Гамма-съемка по сечениям заключается в измерении интенсивности гамма-излучения по периметру выработки через интервалы в 1—3 м. В каждом сечении в стенках и кровле производится замер интенсивности гамма-излучения в 5—10 точках (в зависимости от размеров выработки и от неравномерности оруденения). Расстояние между точками по периметру выработки составляет около 0,5—0,8 м. Измерения по индикатору сопровождаются прослушиванием интенсивности гамма-излучения от всех плоскостей выработки в телефон. Такая съемка проводится на месторождениях с мощными рудными телами и с неравномерным оруденением (осадочно-метаморфогенные или гидротермально-метасоматические).

Гамма-съемка передового забоя производится путем прослушивания в телефон или измерения интенсивности по индикатору. Точки измерения располагаются по сетке или линейно, в зависимости от особенностей оруденения, от формы и мощности рудного тела. Расстояние между точками по площади забоя обычно не превышает 40—50 см; при линейном расположении их берется не менее 10—20 точек по линии измерения.

Для того, чтобы показания приборов можно было выразить в общепринятых единицах измерения (*мкр/ч*), приборы предварительно эталонируют. Для грубой количественной оценки оруденения ограничиваются опытными измерениями, устанавливающими отношение между регистрируемой интенсивностью излучения и содержанием урана в руде данного месторождения.

Опытные измерения выполняются на специальных моделях-ящиках с рудой различного содержания.

На каждой модели проводят многократные измерения, определяют средние показания прибора и сопоставляют их с содержанием урана в руде, находящейся в ящиках.

Контуры аномалий, обнаруживаемых оператором в выработках, уточняются путем повторных измерений. Для выяснения причин, вызывающих аномалию, поверхностный слой в пределах намеченного контура перед повторным промером отбивается молотком. Если аномальные показания радиометра связаны с наличием рудных выделений, локализованных в нескрытой части выработки, то результаты повторных измерений должны быть более высокими, чем до отбойки. Если аномальные показания прибора были обусловлены влиянием соседних рудных участков или связаны с гамма-излучением радиоактивной пыли и продуктов распада эманации, то показания радиометра при повторных измерениях могут остаться без изменения или резко снизиться.

После проверки аномальный участок оконтуривается мелом или краской с указанием класса аномалии (I, II, III и т. д.) в соответствии с предполагаемым содержанием, производится привязка к маркшейдерским точкам и другим ориентирам и делается запись в книжке оператора. После возвращения из выработки аномалия наносится на погоризонтный план или на продольный разрез рудного тела.

Записи результатов гамма-измерений обрабатываются и обычно представляются графически. При осевом способе съемки строится кривая средней интенсивности гамма-излучения вдоль выработки с отметкой аномальных участков на ее стенках (рис. 20). Аналогичные графики строятся и при спирально-осевой съемке с той разницей, что в этом случае кривая отражает не среднюю, а максимальную интенсивность гамма-излучения. На графике указывается класс аномалии и, если есть данные, причина аномалии (например наличие видимого оруденения). При площадной съемке забоя или стенки выработки делается зарисовка с точками и результатами измерения. На этих зарисовках выделяются сортовые контуры или проводятся изогаммы, более наглядно отражающие характер распределения урана в рудных телах. Данные гамма-съемки используются для опробования и документации рудных блоков. На рис. 21 дан пример геофизической документации очистного слоя по рудному блоку на месторождении третьей морфологической группы. На горизонтальный план очистного

слоя нанесены данные гамма-опробования и каротажа отпалочных шпуров и скважин.

Для того, чтобы не перегружать геологические планы и зарисовки, целесообразно упомянутые графики строить на отдельных листах кальки. В случае необходимости калька с графиками может быть совмещена с геологической зарисовкой или планом.

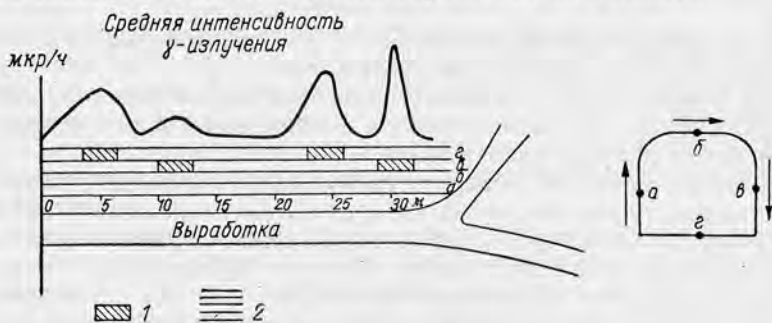


Рис. 20. Данные осевой  $\gamma$ -съемки:

1 — аномальные зоны; 2 — развертка стенок выработки.

### Документация буровых скважин и шпуров

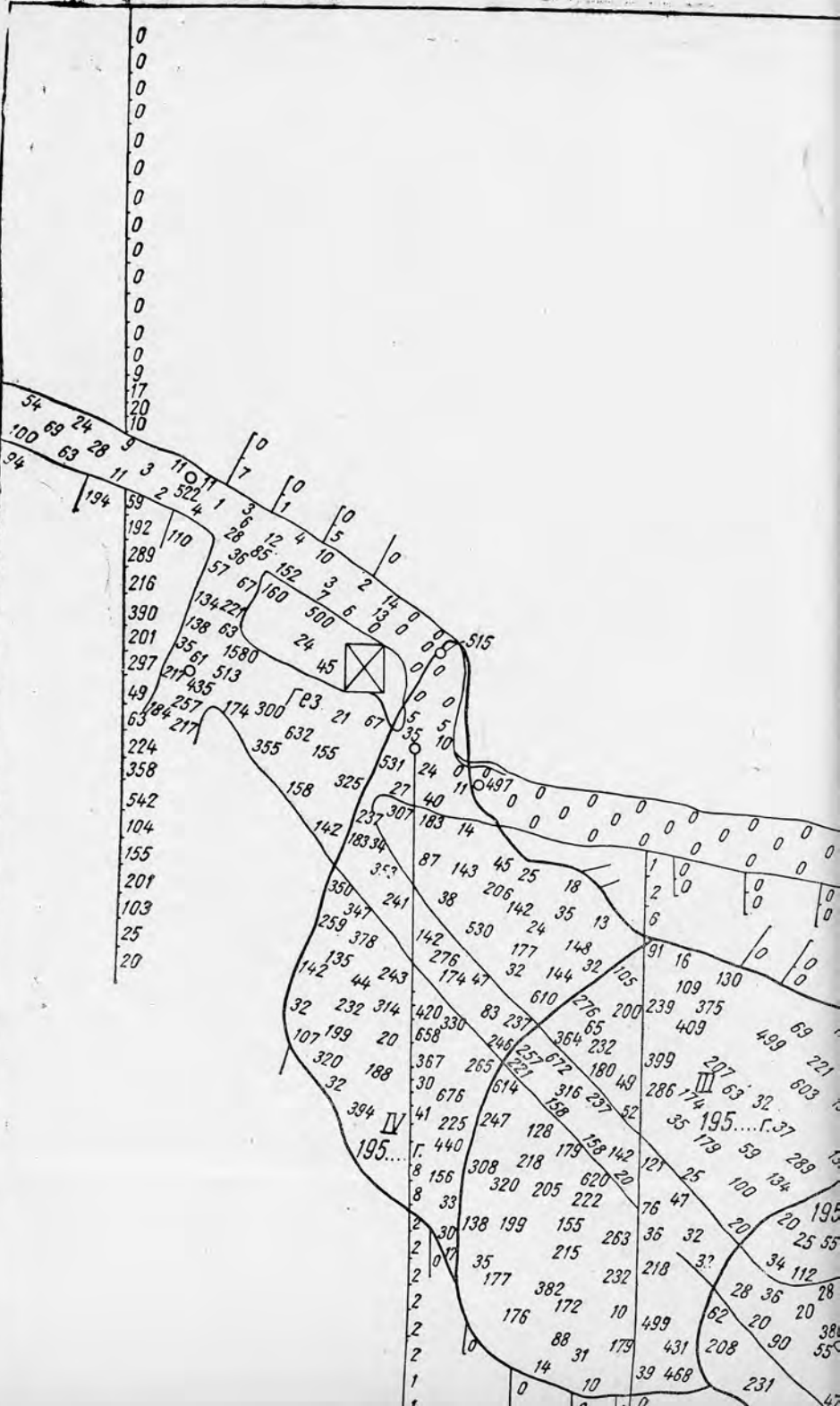
При глубоком колонковом и короткометражном камерном бурении геологическая документация заключается в последовательном измерении выхода керна и его описании по интервалам проходки, в составлении сводных колонок пород, пройденных скважиной, в выделении рудоносных интервалов, в отборе проб и образцов для детального изучения пород и руды. По скважинам ведутся также наблюдения, необходимые для решения инженерно-геологических и гидрогеологических вопросов.

Методы геологической документации подробно изложены в различных инструкциях и учебных пособиях [2, 32].

При документации скважин на урановых рудниках составляют карточки, на которых наряду с общими геологическими сведениями приводится график гамма-каротажных измерений. На этой же карточке в крупном масштабе дается документация рудного интервала с полной его характеристикой (рис. 22 и 23), с расчетом мощности и содержания урана по данным гамма-каротажа и опробования. Такие карточки (паспорта) служат основой для составления геологических разрезов по скважинам. Разрезы скважин строятся с учетом зенитных и азимутальных углов искривления так, как показано на рис. 24.

На вертикальном профиле пунктиром показано положение скважины, построенной только с учетом зенитного искривления. Точки ( $l_1 - l_2 - l_3$  и т. д.), в которых производилось измерение искривления в скважине, спроектированы на горизонтальную линию (отрезки  $l_{x_1} - l_{x_2} - l_{x_3}$  и т. д.). На плане, помещенном





0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
9  
17  
20

54  
100  
94  
69  
63  
24  
28  
11  
3  
194  
192  
289  
216  
390  
201  
297  
49  
63  
224  
358  
542  
104  
155  
201  
103  
25  
20

0  
7  
1  
0  
3  
6  
12  
4  
10  
5  
0  
1  
1  
0  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100  
101  
102  
103  
104  
105  
106  
107  
108  
109  
110  
111  
112  
113  
114  
115  
116  
117  
118  
119  
120  
121  
122  
123  
124  
125  
126  
127  
128  
129  
130  
131  
132  
133  
134  
135  
136  
137  
138  
139  
140  
141  
142  
143  
144  
145  
146  
147  
148  
149  
150  
151  
152  
153  
154  
155  
156  
157  
158  
159  
160  
161  
162  
163  
164  
165  
166  
167  
168  
169  
170  
171  
172  
173  
174  
175  
176  
177  
178  
179  
180  
181  
182  
183  
184  
185  
186  
187  
188  
189  
190  
191  
192  
193  
194  
195  
196  
197  
198  
199  
200  
201  
202  
203  
204  
205  
206  
207  
208  
209  
210  
211  
212  
213  
214  
215  
216  
217  
218  
219  
220  
221  
222  
223  
224  
225  
226  
227  
228  
229  
230  
231  
232  
233  
234  
235  
236  
237  
238  
239  
240  
241  
242  
243  
244  
245  
246  
247  
248  
249  
250  
251  
252  
253  
254  
255  
256  
257  
258  
259  
260  
261  
262  
263  
264  
265  
266  
267  
268  
269  
270  
271  
272  
273  
274  
275  
276  
277  
278  
279  
280  
281  
282  
283  
284  
285  
286  
287  
288  
289  
290  
291  
292  
293  
294  
295  
296  
297  
298  
299  
300  
301  
302  
303  
304  
305  
306  
307  
308  
309  
310  
311  
312  
313  
314  
315  
316  
317  
318  
319  
320  
321  
322  
323  
324  
325  
326  
327  
328  
329  
330  
331  
332  
333  
334  
335  
336  
337  
338  
339  
340  
341  
342  
343  
344  
345  
346  
347  
348  
349  
350  
351  
352  
353  
354  
355  
356  
357  
358  
359  
360  
361  
362  
363  
364  
365  
366  
367  
368  
369  
370  
371  
372  
373  
374  
375  
376  
377  
378  
379  
380  
381  
382  
383  
384  
385  
386  
387  
388  
389  
390  
391  
392  
393  
394  
395  
396  
397  
398  
399  
400  
401  
402  
403  
404  
405  
406  
407  
408  
409  
410  
411  
412  
413  
414  
415  
416  
417  
418  
419  
420  
421  
422  
423  
424  
425  
426  
427  
428  
429  
430  
431  
432  
433  
434  
435  
436  
437  
438  
439  
440  
441  
442  
443  
444  
445  
446  
447  
448  
449  
450  
451  
452  
453  
454  
455  
456  
457  
458  
459  
460  
461  
462  
463  
464  
465  
466  
467  
468  
469  
470  
471  
472  
473  
474  
475  
476  
477  
478  
479  
480  
481  
482  
483  
484  
485  
486  
487  
488  
489  
490  
491  
492  
493  
494  
495  
496  
497  
498  
499  
500  
501  
502  
503  
504  
505  
506  
507  
508  
509  
510  
511  
512  
513  
514  
515  
516  
517  
518  
519  
520  
521  
522  
523  
524  
525  
526  
527  
528  
529  
530  
531  
532  
533  
534  
535  
536  
537  
538  
539  
540  
541  
542  
543  
544  
545  
546  
547  
548  
549  
550  
551  
552  
553  
554  
555  
556  
557  
558  
559  
560  
561  
562  
563  
564  
565  
566  
567  
568  
569  
570  
571  
572  
573  
574  
575  
576  
577  
578  
579  
580  
581  
582  
583  
584  
585  
586  
587  
588  
589  
590  
591  
592  
593  
594  
595  
596  
597  
598  
599  
600  
601  
602  
603  
604  
605  
606  
607  
608  
609  
610  
611  
612  
613  
614  
615  
616  
617  
618  
619  
620  
621  
622  
623  
624  
625  
626  
627  
628  
629  
630  
631  
632  
633  
634  
635  
636  
637  
638  
639  
640  
641  
642  
643  
644  
645  
646  
647  
648  
649  
650  
651  
652  
653  
654  
655  
656  
657  
658  
659  
660  
661  
662  
663  
664  
665  
666  
667  
668  
669  
670  
671  
672  
673  
674  
675  
676  
677  
678  
679  
680  
681  
682  
683  
684  
685  
686  
687  
688  
689  
690  
691  
692  
693  
694  
695  
696  
697  
698  
699  
700  
701  
702  
703  
704  
705  
706  
707  
708  
709  
710  
711  
712  
713  
714  
715  
716  
717  
718  
719  
720  
721  
722  
723  
724  
725  
726  
727  
728  
729  
730  
731  
732  
733  
734  
735  
736  
737  
738  
739  
740  
741  
742  
743  
744  
745  
746  
747  
748  
749  
750  
751  
752  
753  
754  
755  
756  
757  
758  
759  
760  
761  
762  
763  
764  
765  
766  
767  
768  
769  
770  
771  
772  
773  
774  
775  
776  
777  
778  
779  
780  
781  
782  
783  
784  
785  
786  
787  
788  
789  
790  
791  
792  
793  
794  
795  
796  
797  
798  
799  
800  
801  
802  
803  
804  
805  
806  
807  
808  
809  
810  
811  
812  
813  
814  
815  
816  
817  
818  
819  
820  
821  
822  
823  
824  
825  
826  
827  
828  
829  
830  
831  
832  
833  
834  
835  
836  
837  
838  
839  
840  
841  
842  
843  
844  
845  
846  
847  
848  
849  
850  
851  
852  
853  
854  
855  
856  
857  
858  
859  
860  
861  
862  
863  
864  
865  
866  
867  
868  
869  
870  
871  
872  
873  
874  
875  
876  
877  
878  
879  
880  
881  
882  
883  
884  
885  
886  
887  
888  
889  
890  
891  
892  
893  
894  
895  
896  
897  
898  
899  
900  
901  
902  
903  
904  
905  
906  
907  
908  
909  
910  
911  
912  
913  
914  
915  
916  
917  
918  
919  
920  
921  
922  
923  
924  
925  
926  
927  
928  
929  
930  
931  
932  
933  
934  
935  
936  
937  
938  
939  
940  
941  
942  
943  
944  
945  
946  
947  
948  
949  
950  
951  
952  
953  
954  
955  
956  
957  
958  
959  
960  
961  
962  
963  
964  
965  
966  
967  
968  
969  
970  
971  
972  
973  
974  
975  
976  
977  
978  
979  
980  
981  
982  
983  
984  
985  
986  
987  
988  
989  
990  
991  
992  
993  
994  
995  
996  
997  
998  
999  
1000



IV  
195...

III  
195...



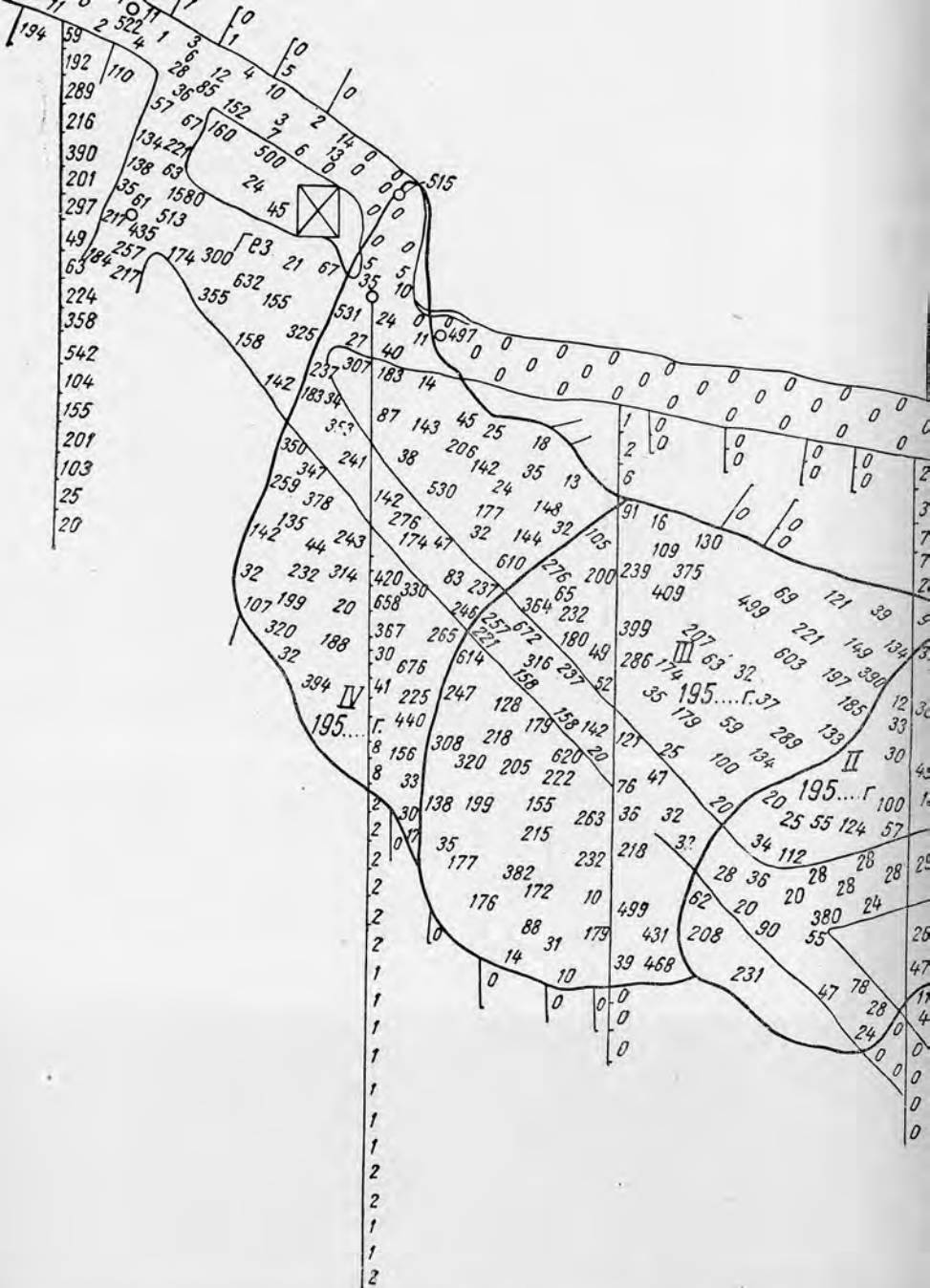
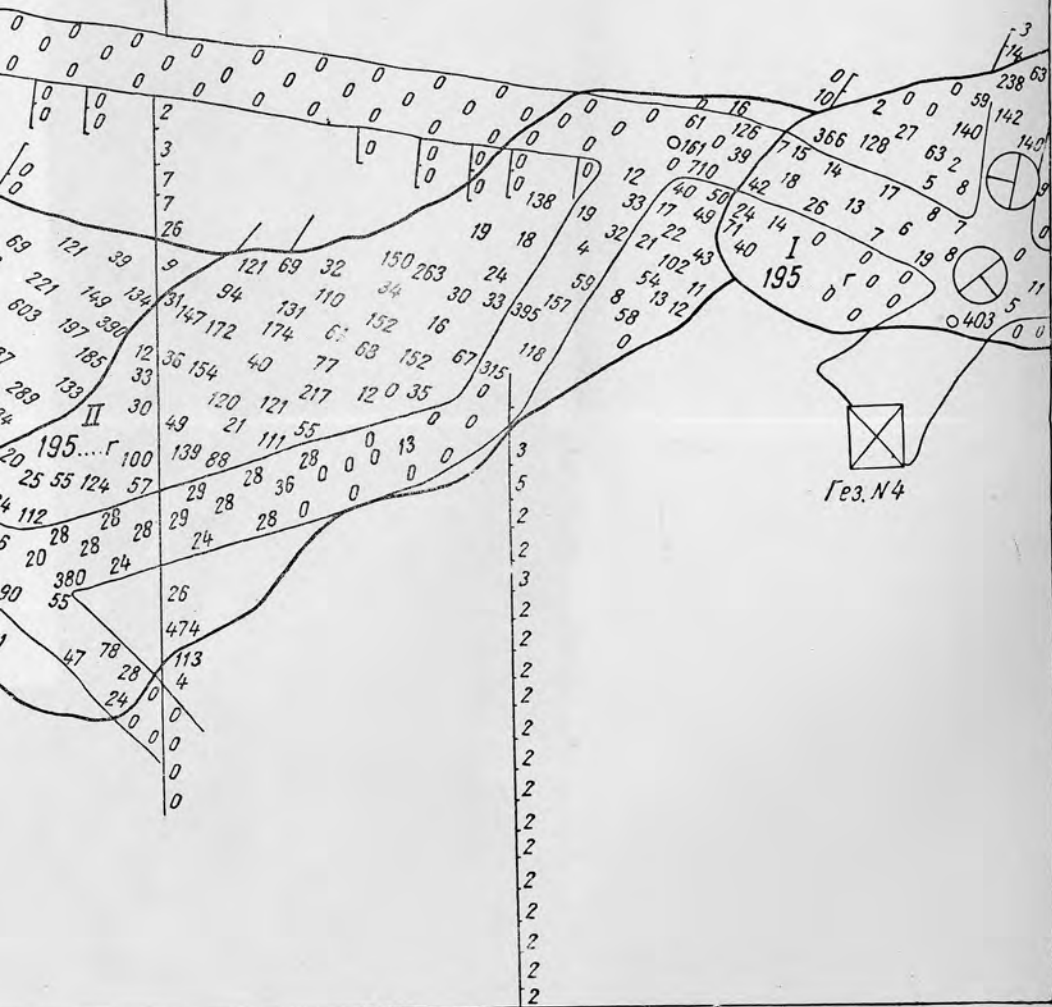


Рис. 21. Геолого-геофизическая документ

Условные обозначения: 015  
 017 — радиометрическое опробование с экранами горноподготовительных выработок  
 по заходкам;  $\frac{10}{12}$  — контрольно-разведочные шпурсы с данными у-карота



Экономическая документация очистного блока.

Результаты выработок: 156—160 — данные шпурового радиометрического опробования очистных блоков  
и с данными γ-каротажа:  $\begin{matrix} 150 \\ 170 \\ 25 \end{matrix}$  — скважина с данными γ-каротажа.

Место заложения: горизонт; выработка,

Координаты устья скважины:

x =

y =

z =

МЕСТО  
РУДНИК.....

Глубина скважины, ..... м

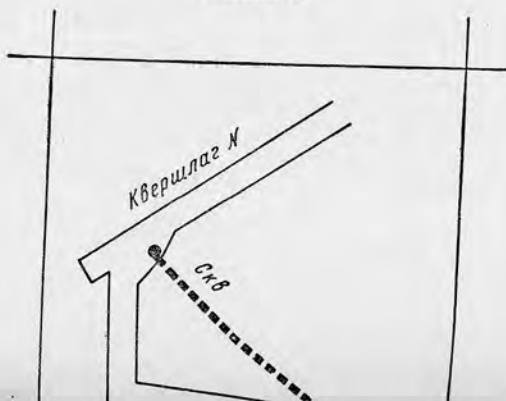
Масштаб 1:200 и мельче

Геологический разрез и график $\gamma$ -каротажа	Глубина контактов по оси скважины, м	Абсолютная глубина, м	Мощность слоя по скважине, м	Краткое описание пород	Возраст пород	Угол слоистости по отношению к Т. оси керна	Истинная мощность, м	Выход керна		Углы		Диаметр бурения скважины, мм	Глубина крепления скважин обсадочными трубами, м	Уровень воды в скважине, м
								м	%	Зенитный	Азимутальный			

Расчет мощности и содержания

План увязки

Горизонт  
Масштаб



Исходные данные

Азимут простирания рудного тела

Принятый угол падения рудного тела

Угол между осью скважины и падением

Горизонтальная мощность рудного тела скважины по данным  $\gamma$ -каротажа

Угол встречи между азимутом бурения скважины и азимутом простирания рудного тела „ $\alpha$ ”

Угол встречи между азимутом простирания рудного тела и азимутом проекции „ $\beta$ ”

Истинная горизонтальная мощность  $m = m_p \cdot \sin \alpha$



МЕСТОРОЖДЕНИЕ .....

РУДНИК.....УЧАСТОК.....ШАХТЯ.....

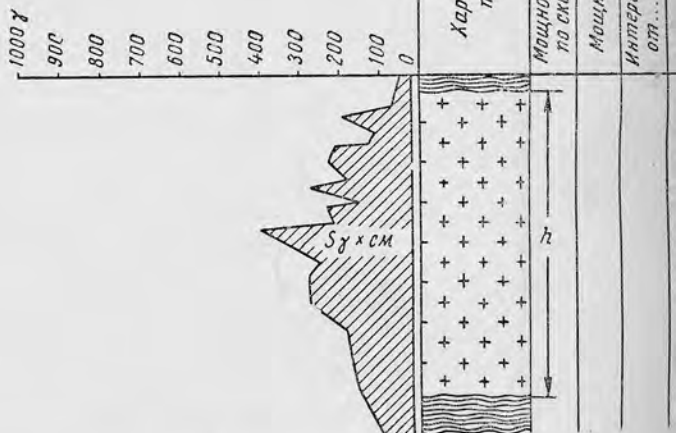
СКВАЖИНА №.....

Детализация рудных интервалов

Масштаб 1:50 и крупнее

Параметры	
Азимутальный	Диаметр бурения скважины, мм
	Глубина крепления скважин обсадочными трубами, м
	Уровень воды в скважине, м

График гамма-каротажа



т мощности и содержания принятых к подсчету запасов

Исходные данные	Интервал от до
т простираения рудного тела	
тый угол падения рудного тела, $\lambda$	
между осью скважины и падением рудного тела, $\eta$	
нтальная мощность рудного тела в плоскости бурения скважины по данным $\gamma$ -каротажа, $m_2 = \frac{l \cdot \sin \eta}{\sin \lambda}$	
стречи между азимутом бурения и азимутом простираения рудного тела, „ $\alpha$ ”	
стречи между азимутом простираения рудного и азимутом проекции „ $\beta$ ”	

Расчет содержания металла рудных интервалов  
Интервал от.....

$h$  - мощность рудного интервала  
 $S$  - площадь аномальных пиков в  $\gamma$ -каротаже  
 $K$  - коэфф. пересчета от интенсивности к мощности  
 $\delta$  - поправка на влияние бурового раствора  
 $q$  - содержание металла в %  

$$q = \frac{S \cdot \delta}{K \cdot h}$$

Исходные	Рудные интервалы по оси скважины, м

Начата .....

Окончена .....

Начальный азимут

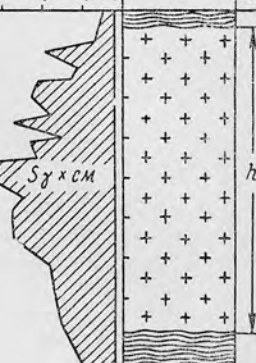
Конечный азимут

Начальный угол наклона

Конечный угол наклона

## Детализация рудных интервалов

Масштаб 1:50 и крупнее

Каротажа	Характеристика пород, руд	Мощность контактов по сдвигине, м	Мощность слоя, м	Интервал подъяема керна от ..... до ..... м	Выход керна		Интервал отпробования от ..... до ..... м	Номер пробы	Длина пробы		Содержание U, % по данным анализа		Содержание Ra по данным анализа	
					м	%			Радиометрического	Химического	Радиометрического, %	Радиохимического, г/г		
300														
200														
100														
0														
														

## Расчет содержания металла по гамма-каротажу рудных интервалов

Интервал от ..... до ..... м

$h$  - мощность рудного интервала

$S$  - площадь аномальных пиков в гамма-сантиметрах

$K$  - коэфф. пересчета от интенсивности ( $\gamma$ ) к содержанию ( $\%$ )


$\delta$  - поправка на влияние бурового раствора и обсадных труб

$q$  - содержание металла в %

$$q = \frac{S \cdot \delta}{K \cdot h}$$

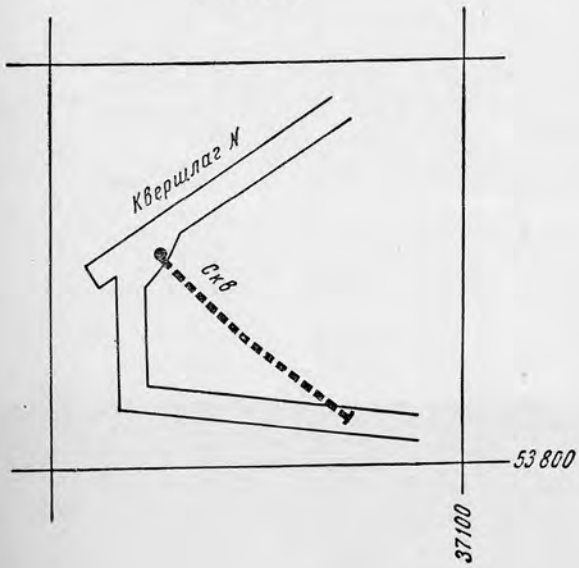
Исходные данные	Рудные интервалы по осадкам, м		Длина	Содержание металла в %
	от	до		

Содержание металла в % исход керна в %

Геологический разрез и график $\gamma$ -каротажа	Глубина контактов скважины, м	Абсолютная глубина	Мощность слоя по ск не, м	Краткое описание пород	Возраст пород	Угол сплоскости по шенню к т. оси керн	Истинная мощность	Керн		Зенитный	Азимутальный	Диаметр бурения ск жин, мм	Глубина крепления ск обсадочными трубами	Уровень воды в скваж м
								м	%					
														

План увязки

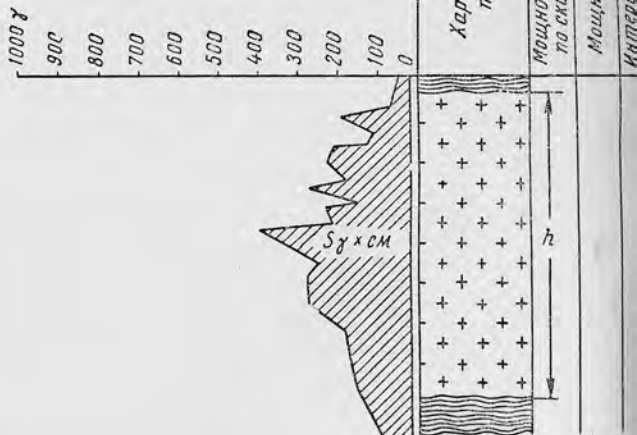
Горизонт  
Масштаб



Расчет мощности и  
сч

Исходные
Азимут простираения руд
Принятый угол падения руд
Угол между осью скважины и
Горизонтальная мощность
ния скважины по данным
Угол встречи между азим
простираения рудного тел
Угол встречи между азим
тела и азимутом проекце
Истинная горизонтальная
$m = m_2 \cdot \sin \alpha$
Горизонтальная мощность
проекции, $M = \frac{m}{\cos \beta}$
Среднее содержание метал
Абсолютная отметка кр
Абсолютная отметка по

Зенитный	Азимутальный	Диаметр бурения скважины, мм	Глубина крепления скважины к обсадочным трубам	Уровень воды в скважине, м



Расчет мощности и содержания принятых к подсчету запасов

Исходные данные	Интервал от до
Направление простирания рудного тела	
Падение угла падения рудного тела, $\lambda$	
Расстояние между осью скважины и падением рудного тела, $l$	
Горизонтальная мощность рудного тела в плоскости бурения скважины по данным $\gamma$ -картажа, $m_2 = \frac{l \cdot \sin \lambda}{\sin \lambda}$	
Угол встречи между азимутом бурения и азимутом простирания рудного тела, $\alpha$	
Угол встречи между азимутом простирания рудного тела и азимутом проекции, $\beta$	
Нормальная горизонтальная мощность рудного тела, $m = m_2 \cdot \sin \alpha$	
Горизонтальная мощность рудного тела, нормальная к проекции, $M = \frac{m}{\cos \beta}$	
Среднее содержание металла по данным $\gamma$ -картажа	
Абсолютная отметка кровли рудного тела	
Абсолютная отметка подошвы рудного тела	

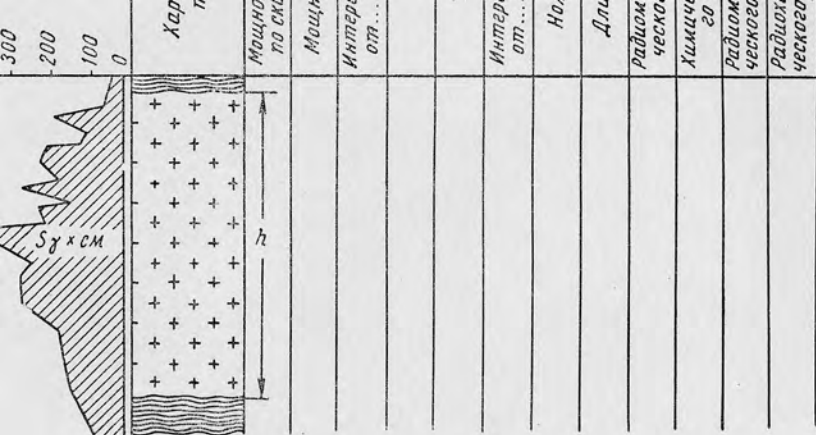
Расчет содержания металлов в рудных интервалах

- $h$  - мощность рудного интервала
- $S$  - площадь аномальных пиков
- $K$  - коэф. пересчета от центра
- $\delta$  - поправка на влияние бурения
- $q$  - содержание металла в %

$$Q = \frac{S \cdot \delta}{K \cdot h}$$

Исходные данные	Рудные интервалы по оси скважины		Длина интервала
	от	до	
По $\gamma$ -картажу			
По опробованию			
По $\gamma$ -картажу			
По опробованию			

Рис. 22. Форма документации буровых скважин.



**Расчет содержания металла по гамма-каротажу рудных интервалов**  
 Интервал от..... до ..... м

- h* - мощность рудного интервала
- S* - площадь аномальных пиков в гамма-сантиметрах
- K* - коэфф. пересчета от интенсивности (*γ*) к содержанию (*в* %)
- δ* - поправка на влияние бурового раствора и обсадных труб
- q* - содержание металла в %

$$q = \frac{S \cdot \delta}{K \cdot h}$$

Исходные данные	Рудные интервалы по оси скважины, м			Σ СГ в м%	Ср. содержание металла в %	Выход зерна в %
	от	до	Длина интервала			
По γ-каротажу						
По опробованию						
По γ-каротажу						
По опробованию						

Характеристика породы

### Скважина №

Координаты устья скважины  $x =$   
 $y =$   
 $z =$

Азимут бурения -

Диаметр бурения -

Угол наклона -

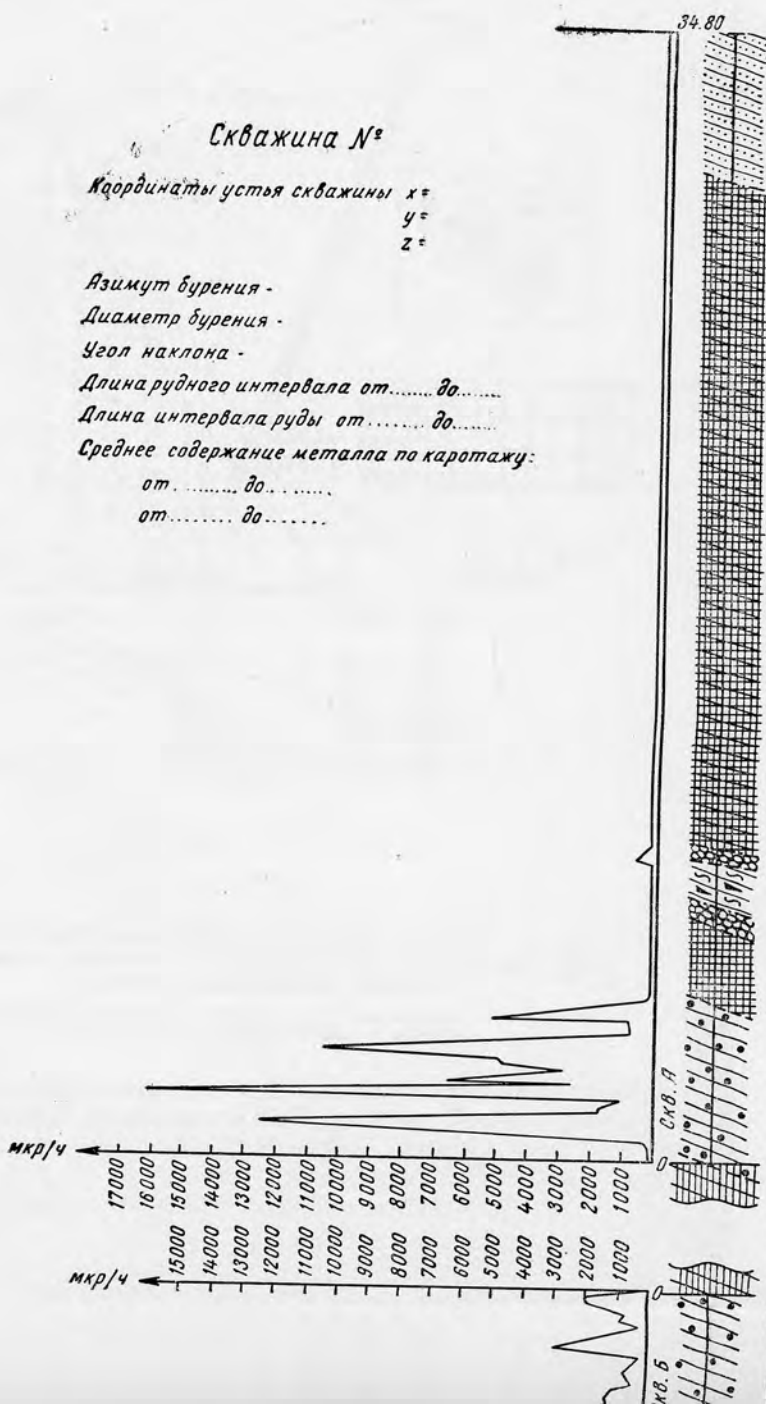
Длина рудного интервала от ..... до .....

Длина интервала руды от ..... до .....

Среднее содержание металла по каротажу:

от ..... до .....

от ..... до .....



1  
Сланцы  
хлорита  
биотита

Руды, не содержащие урана

Брекчия рудная

Сланцы

Брекчия рудная

Не содержащие урана

Руды

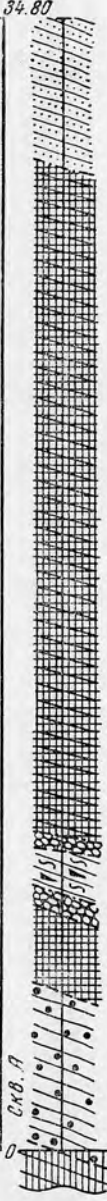
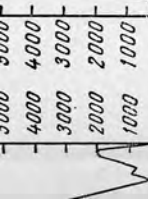
Урановые

Керна нет



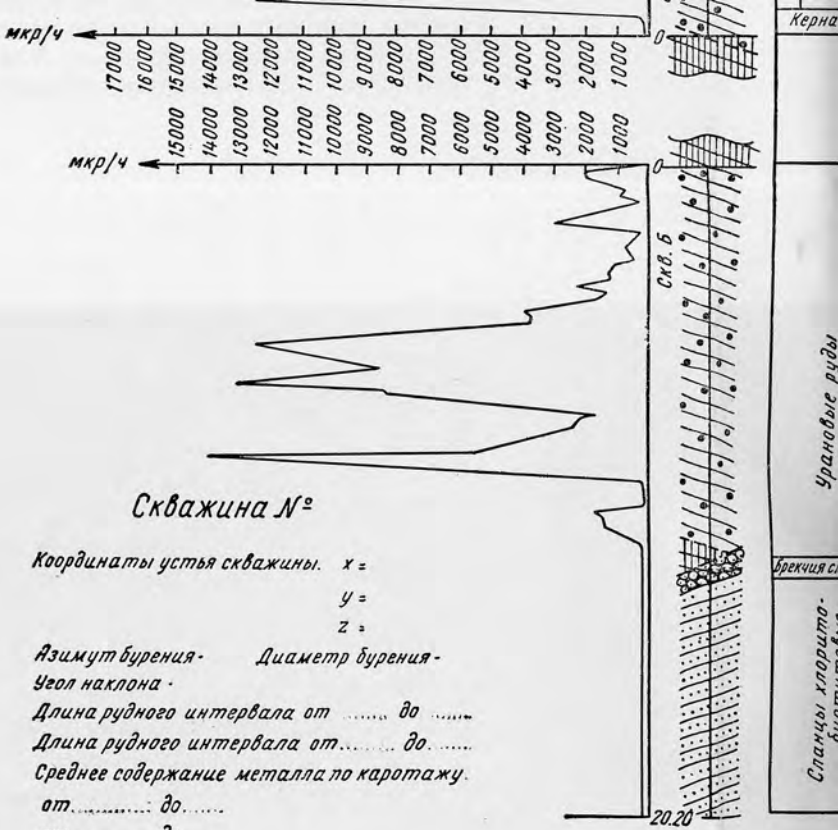
34.80

ку:



1	Глубина контакта Нижней сланцевой покрытия слоя по оси скважины, м		Интервал подъема керна, м			Выход керна	№ проб	Интервал опробования, м		Длина проб, ж. л. в.	Длина керна, ж.	Промеж. керна, ж.	Углы свержения числа урана, с числом проб толщина пласти	11
	2	3	от	до	м			%	от					
	4													
Сланцы хлорито- биотитовые														
Руды, не содержащие урана														
Брекчия рудная														
Сланцы														
Брекчия рудная														
Не содержа- щие урана														
Руды Урановые														
Керна нет														
Штрек														

Характерис-  
тика пород



### Исходные данные к подсчету

- 1 Средняя мощность рудного интервала перпендикулярная плоскости проекции
- 2 Среднее содержание металла по  $\gamma$ -пробованию и  $\gamma$ -каротажу

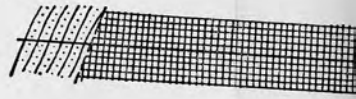
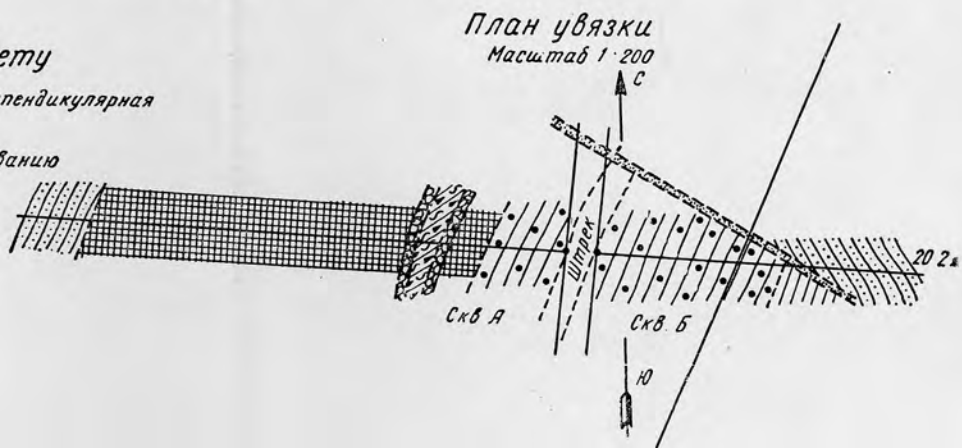
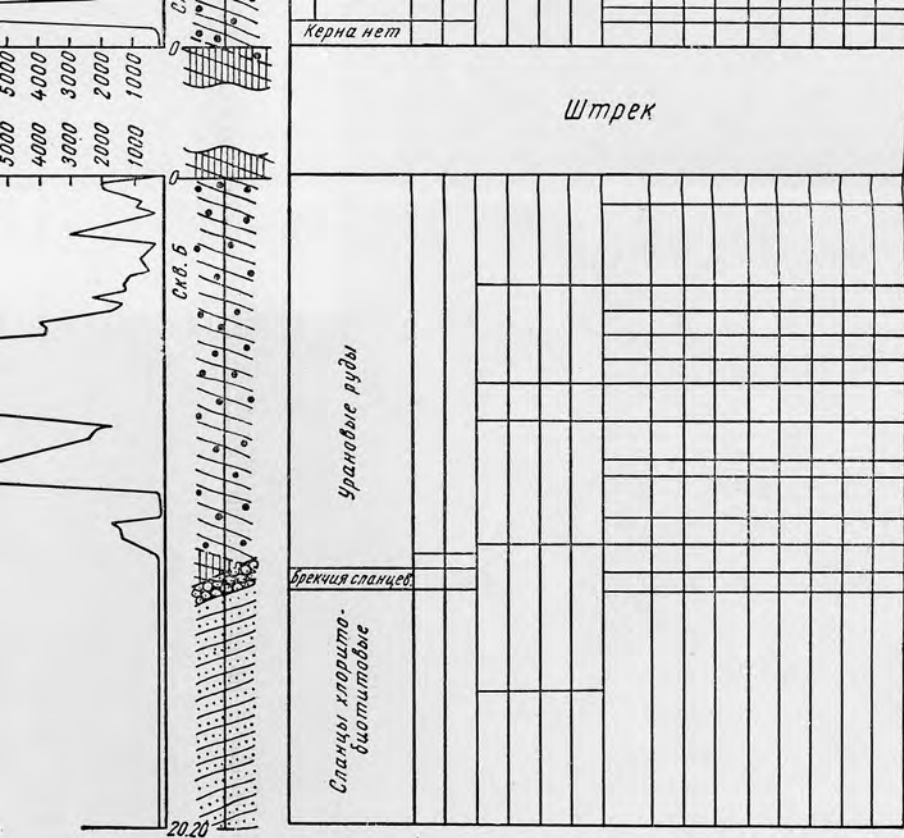


Рис. 23. Геолого-геофизическая документация



лого-геофизическая документация скважин камерного бурения.



При колонковом бурении скважин рудный интервал разбуривается в присутствии коллектора, наблюдающего за процессом бурения и правильностью укладки керна в ящик.

Описание керна, выделение литологических типов пород и отбор образцов производятся геологом или опытным коллектором под наблюдением геолога непосредственно на скважине. В кернохранилище, куда керн доставляется в специальных ящиках, производится повторный осмотр керна, корректируется сделанное на скважине описание, уточняется положение рудных интервалов, выделенных при каротаже скважины, промеряется радиометром керн в пределах рудного интервала и во вмещающих породах (по 3—4 м со стороны висячего и лежащего бока), отбираются пробы для анализа. Если данные гамма-каротажа окажутся ненадежными, то радиометром промеряется керн по всей скважине.

После просмотра, описания, отбора проб и образцов и проведения соответствующей камеральной обработки керн вмещающих пород подлежит сокращению в соответствии с существующими инструкциями [32]. При этом следует придерживаться правила, чтобы оставленные образцы обеспечивали возможность проверки правильности составленных разрезов, отражали все разновидности пород, их фациальные переходы, характер гидротермальных изменений и т. д.

На опорных скважинах керн обычно сохраняется полностью или сокращается только после изучения разреза. В качестве опорных оставляются скважины, наиболее полно отражающие геологический разрез, а также скважины наиболее резко отличающиеся от него. Керн, подлежащий уничтожению, актируется и зарывается в землю.

Документация разведочных и отпалочных шпуров сводится к записи результатов гамма-каротажа и к выделению по этим данным рудных (промышленных) интервалов, обозначаемых на планах и зарисовках по оси шпура условными знаками (например, рудный интервал — красной тушью, безрудный — черной).

### **Первичная документация очистных выработок**

Основная задача документации очистных работ заключается в уточнении геологических и горнотехнических показателей, полученных ранее при документации разведочных, горноподготовительных и нарезных выработок.

На основании этих уточненных данных планируют последующую месячную добычу, контролируют и направляют очистные работы, следят за полнотой отработки, разрабатывают мероприятия по сокращению потерь и разубоживанию руды, определяют тоннаж добытой руды и ведут учет движения запасов.

Степень детальности и частоты документации очистных выработок определяется сложностью геологического строения месторождения, способом выемки руды и скоростью продвижения забоя.

Выбор объекта документации (забой, кровля, стенка и т. д.) и способы изображения очистного пространства на первичных и сводных документах зависят от мощности рудного тела и применяемой системы разработки.

Так например, на маломощных жилах с гнездовым оруденением, разрабатываемых системой подэтажных штреков с погашением целиков шпурами, зарисовываются кровля и забой подэтажных штреков и каротируются задаваемые из них шпуры.

Элементы структур, контакты вмещающих пород, минералогический состав жил, контуры рудных линз, а также шпуры и горные выработки показываются на блоковой карточке, представляющей собой изображение блока в плоскости жилы.

При отработке аналогичных месторождений горизонтальными слоями документируется кровля очистного слоя. Если очистное пространство крепится с затяжкой кровли, то документируются забой через 2—4 м уходки. При этом документировать детально каждую очистную ленту нет необходимости. Даже на сравнительно сложных месторождениях обычно ограничиваются документацией 5—6 лент на блок, т. е. интервал между детально задокументированными сечениями составляет 6—8 м по восстановлению.

Одновременно с геологической документацией ведется гамма-съемка выработок и каротаж шпуров. С их помощью устанавливаются границы промышленного оруденения в забое и контролируется полнота отработки рудных апофиз, характерных для этого типа рудных тел. Результаты первичной документации переносятся на продольные проекции жил, по ним составляются геологические послойные планы и геологические разрезы.

При разработке мощных и изометричных рудных тел с креплением квадратными окладами и закладкой или вертикальными прирезками документируют стенки прирезок и кровлю очистного слоя. В контуре блока наносят основные элементы структуры (контакты, дайки, жилы, тектонические зоны и элементы их залегания), а за пределами очистных выработок показывают контрольные шпуры с результатами их каротажа.

Кровля покрывается гамма-съемкой. Точки замера, размещенные в промежутках между крепью, наносят на план кровли вместе с результатами гамма-измерений, по которым проводят контуры промышленных сортов руды. Для большей наглядности площади сортовых контуров закрашивают цветными карандашами или заштриховывают цветной тушью.

Содержание для рудного контура принимается как среднее арифметическое, вычисленное по всем замерам, находящимся в пределах контура.

Привязка рудных контуров сортового плана по слою производится маркшейдерским способом к квадратным окладам крепления или к вертикальным выработкам (восстающим, рудоспускам).



Более трудоемким является составление сортовых планов при документации вертикальных стенок забоев или прирезок. Положение каждого задокументированного забоя показывают на плане (рис. 25). На зарисовки забоев наносят точки и результаты гамма-измерений, по которым проводят контуры промышленных и забалансовых руд. Затем границы промышленных контуров с верхней кромки зарисовки забоя переносят на план слоя. Если в забое проводят гамма-каротаж отпалочных шпуров, то вначале вычисляют среднее содержание по каждому шпуру, а затем среднее по каждой вертикальной линии шпуров. После этого значение средних содержаний наносят на план кровли обрабатываемого слоя и по ним составляют сортовой план кровли отработанного слоя, являющегося также почвой следующего слоя, планируемого к отработке. Иногда среднее содержание вычисляют сразу по всем шпурам, включенным в одну отпалку. В этих случаях на план выносят одну точку, отвечающую центру забоя, возле которой и проставляют среднее содержание по забую.

Сортовые планы обычно составляют на восковке, что позволяет совмещать их с соответствующей геологической основой. При этом нередко выявляется вполне определенная роль литологического и структурного контроля оруденения, позволяющая давать геологически обоснованные прогнозы и уверенно направлять разведочные и очистные работы.

Полученные таким образом материалы документации очистных выработок обобщаются в виде паспортов блоков, концентрирующих все уточненные геологические сведения о рудном теле и состоянии запасов в блоке.

При документации очистных выработок на месторождениях I, II и IV морфологических групп, в случае горизонтального или наклонного залегания рудоносных пластов, документируют забои очистных выработок и стенки заходов, параллельные блоковым восстающим или откаточным штрекам. На основе такой первичной документации составляют разрезы по простиранию и вкрест простирания пласта, а также сортовые планы в плоскости пласта или на горизонтальной плоскости.

При разработке мощных рудных тел системами с обрушением обычно ограничиваются геологической документацией подготовительных и нарезных выработок, так как очистные пространства бывают недоступны для непосредственного наблюдения. В таких случаях особенно большое значение имеет каротаж отпалочных шпуров и буровзрывных скважин. По данным этой документации составляются погоризонтные геологические планы и разрезы вкрест простирания рудного тела. По ним планируют и очистные работы. В процессе разработки планы и разрезы уточняют, где это возможно, выборочной документацией очистных забоев. По результатам гамма-каротажа уточняют границы рудного тела и составляют сортовой план очистного слоя, контур которого определяется по маркшейдерским замерам (см. рис. 21).

Очистной блок *И*  
Слой *И* м от горизонта  
1:200

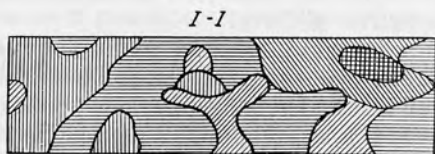
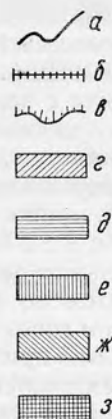
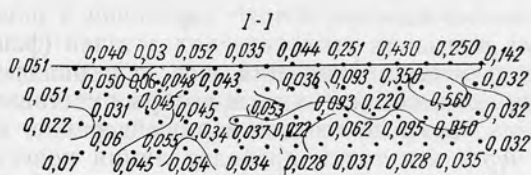
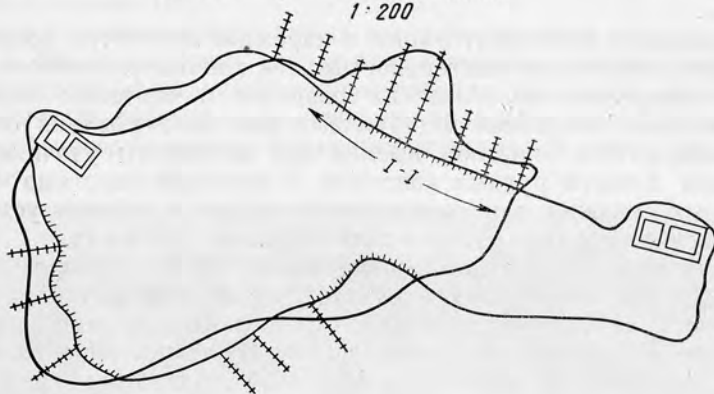


Рис. 25. Пример документации очистного слоя мощного рудного тела:

*а* — контур промышленных руд; *б* — контрольные шпурсы; *в* — бороздовые пробы; *г* — руда с содержанием урана 0,010—0,029%;

<i>д</i>	— руда с содержанием урана	0,030—0,049%;
<i>е</i>	— » » » »	0,050—0,099%;
<i>ж</i>	— » » » »	0,100—0,499%;
<i>з</i>	— » » » »	0,500 и более.

Способы документации очистных работ при открытых разработках зависят от особенностей вскрытия и выемки рудной массы. Документации подлежат как породы вскрыши, так и рудный пласт. Последний документируется более детально, нежели породы кровли.

Разведочно-подготовительные и нарезные выработки документируются с особенной тщательностью, так как они служат основой для составления геологических разрезов и сортовых планов, являющихся исходными материалами для планирования очистных работ. При очистной выемке эти документы уточняются, особенно в части рудных контуров. С помощью каротажа буровзрывных скважин или гамма-съемки забоев и откосов уступов в уточненном контуре рудного тела выделяют сорта руд.

В зависимости от особенностей строения месторождения и способа разработки характер геологической документации будет различным. Так, на месторождениях с горизонтально залегающими рудными залежами большого площадного распространения и небольшой мощности при документации придерживаются определенной сетки, в узлах которой составляются опорные колонки разреза, пополняемые по мере углубления карьера. Для пород вскрыши сетка принимается равной  $100 \times 100$  м, а для рудоносного пласта —  $50 \times 50$  м.

Наряду с зарисовками колонок делают зарисовки и описания всех заслуживающих внимания геологических деталей (фациальных изменений, складчатости, смещений и т. д.), попадающих в промежутки между колонками. Точки, в которых составляются колонки, наносят на сводные геолого-маркшейдерские планы масштаба  $1 : 2000$ ; через эти точки проводят линии поперечных и продольных разрезов. Последние составляются в масштабе  $1 : 500$  и строятся по колонкам с интерполяцией данных между ними и с учетом дополнительных записей и зарисовок, сделанных в полевой книжке при осмотре забоев. Без этого разрезы и планы могут оказаться недостаточно пригодными для использования при планировании и производстве добычи.

В мощных и крутопадающих рудных телах документации подлежат забои или откосы уступов. На месторождениях простого строения при массовой выемке руды зарисовки проводят 2—3 раза в месяц по возможности в одно время с маркшейдерскими замерами, что обеспечивает точную привязку зарисовок.

При сложном строении рудного тела и селективной выемке геологическая документация проводится ежедневно, а радиометрический контроль забоев — ежесменно. Последний заключается в проведении гамма-съемки в забоях и в каротаже контрольных и отпалочных шпуров или взрывных скважин.

Гамма-съемка позволяет выделить непосредственно в забое уступа сорта руд, границы которых намечаются краской с указанием условного номера сорта. После разметки ведется зарисовка стенок с кратким описанием геологических деталей, заслуживаю-

щих внимания. На некоторых месторождениях, где породы и руды легко различаются между собою по цвету, при документации успешно применяется фотография забоев (рис. 26). На фотографии элементы тектоники, сорта руды и их контуры выделяют цветной тушью [17].

При крутом падении рудных тел, залегающих в крепких породах и обрабатываемых сверху вниз уступами, документируются горизонтальные площадки уступов рабочих горизонтов. Зарисовка ведется одновременно с опробованием по линиям через 5 м с последующей интерполяцией геологических контуров между линиями.

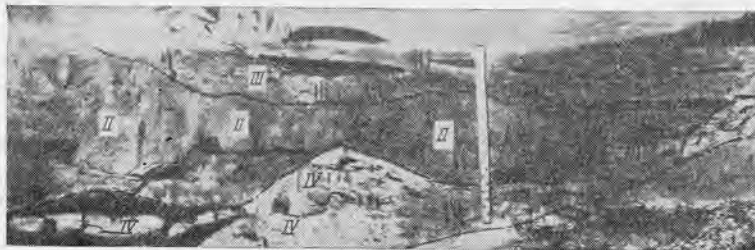


Рис. 26. Фотодокументация забоя при открытой разработке (II, III и IV сорта руды).

Геофизическая документация карьеров (гамма-съемка забоев, картаж шпуров и взрывных скважин) по своему содержанию сходна с документацией подземных выработок.

### **Геологическое картирование, составление планов, блочных паспортов и разрезов**

Детальное геологоструктурное картирование рудного поля или месторождения и составление карт производятся при геологической съемке и разведке поверхности месторождения еще до передачи его в эксплуатацию.

В дальнейшем эти карты уточняются при дополнительных разведочных работах на поверхности или корректируются по материалам подземного картирования, проводимого при детальной разведке и подготовке горизонтов к эксплуатации.

Подземные структурно-геологические планы составляются либо путем специального геологического картирования, проводимого непосредственно в горных выработках, либо по материалам текущей позабойной геологической документации горных выработок и скважин.

Геологическое картирование обеспечивает получение более точных структурно-геологических планов, однако применение этого метода не везде одинаково возможно. На рудниках с неустойчивыми вмещающими породами и рудами, где крепление кровли

и стенок выработок идет сразу же вслед за проходкой, геологическое картирование практически неосуществимо.

Геологические планы составляют на маркшейдерской основе в принятом на руднике масштабе (1 : 200, 1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000). Перед картированием стенки выработок размечаются на метровые или полуметровые интервалы с помощью рулетки, мела или копоти карбидной лампы. Такую же разметку в соответствующем масштабе делают карандашом и на маркшейдерском плане картируемого горизонта. После разметки приступают к детальному осмотру выработок, стенки которых предварительно очищают с помощью молотка или промывают водой. Все обнаруженные при осмотре геологические детали прослеживаются по обеим стенкам и по кровле и привязываются к ближайшим разметочным линиям на стенках выработки. Затем эти детали в соответствующем масштабе зарисовывают на плане и заштриховывают или закрашивают по заранее разработанной системе условных знаков.

Картирование выработок сопровождается описанием и отбором образцов. На планах и в записях отмечают: рудные тела и минерализованные трещины, дайки, жилы, литологический состав вмещающих пород, их цвет, текстурные и структурные особенности руд, характер контактов, элементы залегания, слоистость, сланцеватость и трещиноватость, характер околорудных изменений вмещающих пород, водоносность пород.

Рудные тела, крупные дайки и жилы наносят на план в масштабе, а мелкие и маломощные — в виде линий условного цвета. В описании указывают элементы залегания рудных тел, даек и жил, их мощность, состав, характер зальбандов, последовательность выделения минералов и минеральных комплексов, возрастные взаимоотношения между дайками, рудными телами и жилами различного состава, характер нарушений, направления и амплитуды перемещений и т. д.

Трещинные зоны и отдельные трещины наносят на план так же, как дайки и жилы — в масштабе или условными знаками; в описании отмечают их элементы залегания, мощность, строение, явления брекчирования, милонитизации, наличие глинки трения, признаков перемещения (борозды скольжения, раздувы и пережимы, смещение пересекаемых даек, жил, пластов и т. д.).

Геологическое картирование в условиях магнитных аномалий на железно-урановых рудниках ведется практически без компаса (замеряют только углы наклона пластов, жил или трещин с помощью инклинометра). Элементы залегания (простирание и направление падения) в этих случаях определяют графическим путем по плану. Поэтому все важнейшие детали структур должны вырисовываться на плане с особой тщательностью.

Планы при крутых углах падения рудного тела можно составлять на уровне кровли, почвы или на уровне средней линии забоя. При пологом залегании план лучше составлять на том уровне, на котором рудное тело держится в забое. В противном случае



может получиться, что выработки на плане будут казаться пройденными по пустым породам (как полевые), а рудные тела будут находиться далеко в стороне от выработок (рис. 27).

После того, как картирование выработок закончено, в промежутках между ними интерполируют главные и наиболее отчетливо выдержанные элементы геологии (маркирующие пласты, контакты, рудные тела, дайки, жилы, тектонические зоны и т. д.), а затем наносят второстепенные детали.

При интерполяции учитывают азимуты простираний, возрастные взаимоотношения, характер и направление перемещений (план деформации) и другие закономерности, установленные при картировании выработок. Границы пород, контакты жилы, зоны и т. д. в промежутках между выработками показывают пунктиром. В случае проходки дополнительных выработок или скважин положение границ уточняется и пунктир в этих местах заменяется сплошными линиями.

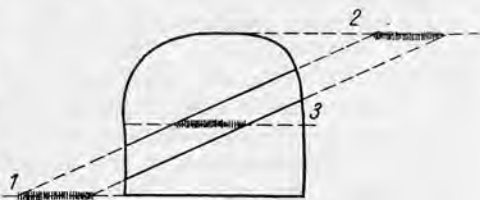


Рис. 27. Выбор уровня, на котором должен составляться план рудного тела:

1 — вынос на уровень почвы; 2 — вынос на уровень кровли; 3 — проекция на плоскость, пересекающую рудное тело в центре забоя.

Составление погоризонтных структурногеологических планов в камеральных условиях по результатам позабойной документации сводится к перенесению всех данных с позабойных зарисовок на план. Так же как и при картировании в выработках, план составляется на заранее выбранном уровне (по кровле, по средней линии забоя и т. д.).

Планы, составляемые таким путем, менее точны, так как здесь геологические данные интерполируются не только между выработками, но и между забоями. Кроме того, сам процесс составления планов по зарисовкам забоев — очень трудоемкий.

Для целей проектирования, вскрытия, разведки и отработки месторождения иногда составляют структурногеологические планы для промежуточных или глубоких горизонтов, где выработок еще нет. Такие планы строят по поперечным разрезам, составленным в свою очередь по структурногеологическим планам опорных горизонтов и по документации восстающих и буровых скважин. С этой целью на разрезах проводят линии горизонта, для которого должен быть составлен план. Затем на планшете намечают линии разрезов и на эти линии наносят все геологические данные и рудные тела, которые показаны на разрезах в месте пересечения его линией проектируемого горизонта. После этого методом интерполяции составляется геологический план заданного горизонта.



Поперечные геологические разрезы составляют в том же масштабе, что и погоризонтные планы. Основой для составления разрезов служат геологическая карта поверхности, погоризонтные геологические планы, документация восстающих и очистных выработок и буровых скважин.

Расстояние между разрезами лимитируется интервалами между вертикальными выработками и скважинами, которые должны попасть в сечение разрезов или находиться вблизи от них. Обычно эти интервалы составляют 50—60 м, но на месторождениях сложного строения они иногда сближаются до 10—12 м, а простого строения — разрезаются до 150—200 м.

Поперечные разрезы составляют с целью увязки рудных тел между горизонтами и уточнения структуры и геологического строения участка месторождения на поверхности и на глубине. Как уже указывалось, разрезы служат основой для построения геологических планов на любом заданном горизонте, не вскрытом горными выработками, и для проектирования разведочно-подготовительных работ.

Продольные разрезы составляют в плоскости наклонных и крутопадающих рудных тел, а иногда в виде проекций на вертикальную или наклонную плоскость. На них наносят все горные выработки, места пересечения рудного тела скважинами и наиболее существенные детали геологического строения (контуры рудных скоплений, контакты породами разного состава, дайки, жилы, тектонические зоны, пересекающие рудное тело, линии сопряжения с апофизами и т. д.), производят блокировку запасов и дают средние показатели по каждому блоку (средняя мощность, содержание, запасы). Продольные разрезы необходимы для подсчета запасов, для планирования добычи, проектирования разведочных, подготовительных и очистных работ.

Планы опробования составляют в крупных масштабах (1 : 200 или 1 : 500), выбираемых в зависимости от размеров рудных тел и сложности геологического строения месторождения. На планах показывают контуры всех горных выработок, их номера или наименования, геологическую ситуацию в условных обозначениях, рудоносные зоны, элементы залегания, места взятия проб и результаты опробования. Планы обычно отстраиваются на уровне половины высоты забоя (1 м от подошвы выработки) или на том же уровне, что и геологические планы. Пополнение и корректировку планов производят по мере продвижения выработок и накопления фактических материалов. Места расположения проб наносят сразу же после их взятия, а результаты — после получения анализов. Для большей наглядности при достаточной большой мощности рудных тел на планах производят цветную раскраску сортов руды (богатые, рядовые, забалансовые и т. д.) или площадей с определенной интенсивностью оруденения.

Планы опробования не следует чрезмерно загружать геологическими и другими деталями. Очень важно также выбрать пра-

вильную систему расположения записей результатов опробования. Хорошо составленный план опробования должен давать возможность без особого труда видеть характер изменения мощностей и содержаний по простираанию или по падению (в восстающих) рудного тела.

Этому требованию лучше всего удовлетворяют планы опробования, где содержание и мощности выписываются непосредственно возле места взятия пробы, а не выносятся в таблицы.

Форма учета добычи и погашения запасов по блоку<sup>1</sup>

	По подсчету Запасы		По эксплуатации опробованию			Отсортировано руды				Получено с фабрики		Направлено в отвал		Потери, %	Разубоживание, %	
	руды, т	содержание, %	металла, кг	рудная площадь, м <sup>2</sup>	содержание, %	металла, кг	Товарной		Фабричной		руды, т	металла, кг	породы, т			металла, кг
							руды, т	содержание, %	металла, кг	руды, т						
Состояние на начало квартала																
Январь																
Февраль																
Март																
Погашено за I квартал																
Остаток II квартала																
Изменение запасов																

<sup>1</sup> Графы 5, 6 и 7 заполняются по данным радиометрии. После получения анализов с завода вводится поправка.

14 и 15 — разнятся по блокам пропорционально добытой фабричной руде.

18 — заполняется по маркшейдерским замерам.

Паспорта обрабатываемых блоков. Материалы геологической документации очистных выработок оформляют в виде сводных документов по каждому эксплуатационному блоку. Такими документами являются паспорта блоков или блокковые карточки. Паспорт блока представляет собою альбом графических материалов, отображающих всю совокупность сведений о геологических и горнотехнических условиях отработки

данного блока и о добыче в нем руды и металла. Блоковая карточка, в отличие от паспорта, выполняется обычно на одном листе ватмана и сопровождается журналами зарисовок и данными по отработке блока.

Выбор той или иной формы сводной документации очистных выработок зависит от особенностей месторождения. На месторождениях сложных, с мощными рудными телами, но с небольшим количеством одновременно обрабатываемых блоков, лучше сосредоточивать всю документацию блока в одном паспорте. На месторождениях с большим количеством рудных тел и блоков (многие десятки и сотни) по необходимости приходится пользоваться более упрощенной системой документации, ограничиваясь блоковыми карточками и сводными продольными профилями по обрабатываемому рудному телу.

Полный паспорт блока составляют на листах ватмана размером от  $30 \times 40$  до  $35 \times 60$  см. На обложке паспорта указывают номер блока, название рудника, участка, шахты, горизонта, начало и конец отработки блока. На обратной стороне обложки помещают перечень материалов в паспорте по листам и страницам. На первом листе приводят схему пространственного расположения эксплуатационного блока в контуре подсчетного геологического блока и принятые условные обозначения.

На втором листе дают чертеж (в масштабе 1 : 200) эксплуатационного блока в проекции на вертикальную или при пологом залегании на горизонтальную плоскость с зарисовками всех оконтуривающих выработок. На этих зарисовках указывают места опробования, проставляют мощности рудного тела и результаты анализа проб или гамма-съемки, выделяют условной штриховкой балансовые и забалансовые руды и сорта.

В нижней части листа или сбоку помещают исходные данные по блоку на начало отработки: среднюю мощность, среднее содержание, удельный вес руды, влажность, площадь блока, объем, тоннаж руды и промышленные запасы.

По мере отработки в контуре блока вычерчивается положение забоев на конец каждого месяца, где показывают места опробования очистных выработок, наносят фактически отработанные сорта руды.

На обратной стороне второго листа составляют таблицу добычи и погашения запасов по блоку по форме.

При отработке мощных рудных тел исходные данные показывают на совмещенном плане верхнего и нижнего горизонтов, оконтуривающих эксплуатационный блок. На плане цветной тушью (для каждого горизонта свой цвет) обводят контуры рудных тел с выделением балансовых и забалансовых руд. Сорта руд выносят на восковку, приклеенную одной стороной к листу ватмана.

На следующих листах дают послейную документацию, представляющую собой планы обрабатываемых лент или очистных слоев,

имеющих привязку к основным восстающим выработкам. На планах показывают главные элементы геологии и структуры, места взятия проб, контурные шпурсы с результатами каротажа. Тут же помещают зарисовки забоев и результаты опробования.

На лист ватмана с зарисовками лент наклеивают одной стороной лист восковки, на который наносят результаты гамма-съемки забоев или кровли выработки с выделением сортов руды. Ниже контура слоя помещают форму послыного учета добычи.

Форма послыного учета добычи

Номер блока	Номер слоя	Дата отработки	Отработанная площадь, м <sup>2</sup>		Содержание, %			Отбито, т		Оставлено	
			общая	товарная	общее	товарное	забалансовое	всего	руды	руды, т	содержание, %

Заполнение паспортов производится обычно в первых числах каждого месяца. По журнальной системе зарисовки слоев ведут отдельно от блоковых карточек. Способ зарисовки лент не отличается от предыдущего.

Данные, характеризующие отработанную ленту, записывают на обратной стороне листа с зарисовками. Блоковая карточка в этом случае представляется в виде одного листа, на котором изображается эксплуатационный блок с оконтуривающими выработками и результатами опробования. На этом же листе приводятся расчеты запасов руды и металла в блоке, числящиеся на начало его отработки. Кроме геологических запасов приводятся промышленные (геологические за вычетом планируемых потерь) и извлекаемые (с учетом планируемого разубоживания).

На многожилных месторождениях, где насчитываются сотни рудных жил, блоковые карточки имеют более простую форму (рис. 28). На одном листе ватмана размером примерно 25 × 30 см изображается (в масштабе 1 : 200) проекция блока на вертикальную плоскость с оконтуривающими выработками. На проекцию наносят границы месячной отработки, погашенные потолочины и целики. В оконтуривающих выработках и блоках на основании позабойной первичной геологической и геофизической документации рисуют рудные линзы. Здесь же показывают линии опробования закладки и номера проб.

На другом листе такого же размера даны геологические зарисовки фланговых восстающих и 5—6 лент, расположенных одна над другой. На зарисовках показаны жилы, минерализация, обозначаемая буквенными индексами, контакты вмещающих пород и тектонические нарушения.

Кроме блоковых карточек на таких месторождениях составляют сводные продольные профили более мелкого масштаба (1 : 500—1 : 1000), на которых показывают горные выработки по состоянию на отчетный период, погашенные жильные площади с отметкой года отработки (в левой стороне погашенного контура), наиболее важные элементы структуры (линии пересечения, сопряжения

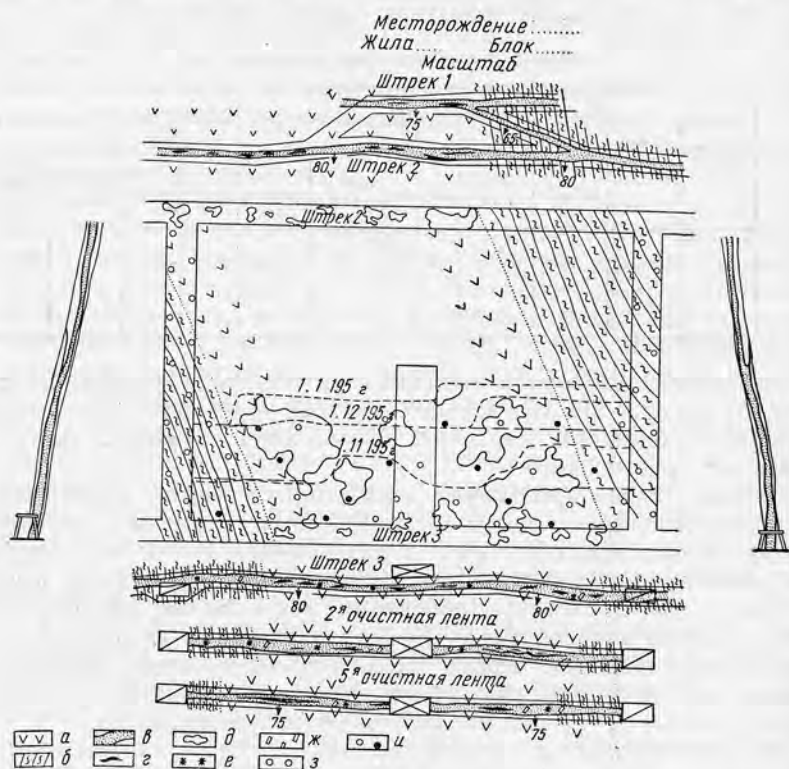


Рис. 28. Карточка геологической документации очистных работ в блоке:

а — амфиболовые породы; б — сланцы; в — кварц-карбонатная жила; г — смолка; д — рудные линзы; е — окислы и гидроокислы железа; ж — барит; з — контрольно-разведочные шпур лежачего бока; и — шпурисячего бока.

и др.), контуры рудных линз и гнезд, а также фактические данные по отработке, выраженные в  $кг/м^2$ , и продуктивность. Здесь же проводятся контуры подсчетных блоков, номера блоков, категории запасов, степень их готовности к отработке, результаты подсчета запасов по блоку в единицах продуктивности и запасы металла в закладке. Этот профиль (рис. 29) с данными отработки и запасами используется при месячном планировании добычи.

При системах разработки с обрушением, где документация очистных затруднена и основное внимание сосредоточивается на



документации подэтажных штреков, составлять блоковые паспорта не следует. Их заменяют составлением рабочих погоризонтных планов опробования в масштабе 1 : 200, на которые наносят усредненные фактические данные содержаний, полученные в результате каротажа отпалочных шпуров, и геологические планы масштаба 1 : 500 с откорректированными контурами рудного тела по дан-

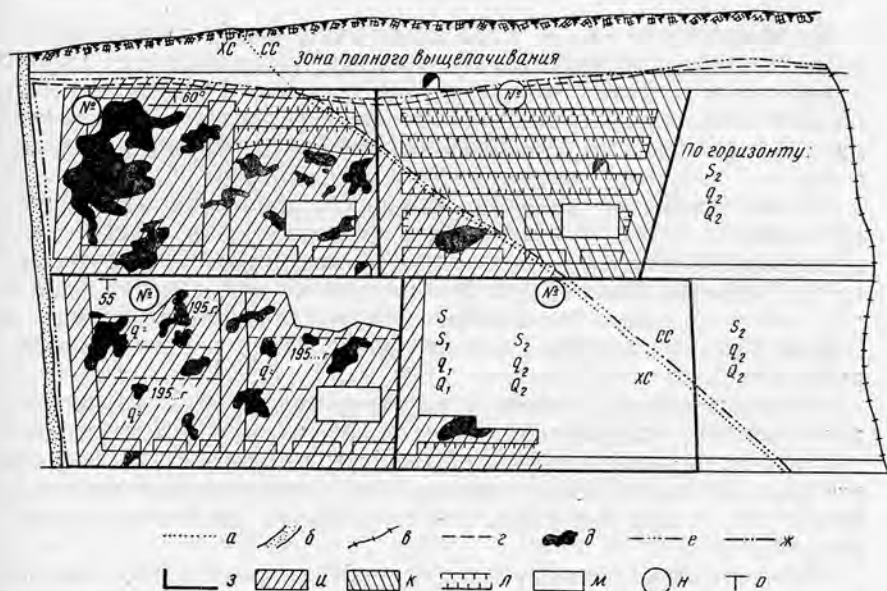


Рис. 29. Схема документации и учета добычи урана по блоку:

а — контакты пород; б — крупный разлом; в — линия выклинивания жилы; г — граница зоны полного выщелачивания; д — рудные линзы; е — контур балансовых запасов; ж — контур забалансовых запасов; з — границы блоков; и — площадь, отработанная в балансовом контуре; к — площадь, отработанная в забалансовом контуре; л — жильная площадь, погашенная каротажем; м —  $\frac{\text{металл}}{\text{площадь}}$  выход по обработке (продуктивность, кг/м<sup>2</sup>); н — номер блока; о — средние углы падения жилы; хс — хлоритовые сланцы; сс — слюдитовые сланцы; S — общая площадь блока, м<sup>2</sup>; S<sub>1</sub> — погашенная площадь блока, м<sup>2</sup>; q<sub>1</sub> — фактическая продуктивность, кг/м<sup>2</sup>; Q<sub>1</sub> — погашенный металл, кг; S<sub>2</sub> — оставшаяся площадь, м<sup>2</sup>; q<sub>2</sub> — расчетная (скорректированная) продуктивность, кг/м<sup>2</sup>; Q<sub>2</sub> — запасы металла, кг; q — продуктивность жильной площади, погашенной за отчетный период, кг/м<sup>2</sup>.

ным отработки. По этим планам отстраиваются поперечные разрезы и проектируется дальнейшая выемка.

**Блок-диаграммы и модели.** На месторождениях со сложной структурой рудного поля и рудными телами неправильной формы в дополнение к погоризонтным планам и разрезам иногда строятся блок-диаграммы и модели. Этим достигается наиболее наглядное пространственное изображение месторождения или отдельных рудных тел, позволяющее правильно ориентировать разведочные, подготовительные и очистные выработки. Способы построения блок-диаграмм и моделей описаны в литературе [52].



Моделирование по сравнению с блок-диаграммами дает более наглядное представление и практически более полезно. Однако на рудниках оно применяется редко из-за сложности изготовления моделей.

### Отбор и лабораторное исследование образцов

Зарисовки и описание выработок и скважин сопровождаются отбором образцов, характеризующих все разновидности пород и руд, встреченных в документируемом забое. Образцы следует брать и в том случае, если породы в забое кажутся похожими на породы уже задокументированные и описанные в другом забое.

После просмотра их на поверхности, сравнения с другими образцами и уточнения записей оставляют только те образцы, которые представляют интерес своей новизной или которые взяты со специальным назначением. Отобранные образцы заносят в журнал учета образцов, где им присваиваются порядковые номера. Эти же номера проставляются на зарисовках и этикетках, которыми снабжаются образцы.

Из образцов, отбираемых при документации или со специальными целями, на рудниках составляются эталонные и музейные коллекции, характеризующие полный стратиграфический разрез, все разновидности пород рудного поля, процессы окolorудных изменений, типы и сорта руд, текстуры, структуры и минералогию руд.

Образцы, предназначенные для лабораторных исследований, тщательно подбирают и готовят в соответствии с задачами исследования. Они должны быть представительными пробами для данного типа руды или породы, место их отбора должно быть точно известно и отмечено на зарисовках, в записных книжках или журналах.

Чистые минералы, подготавливаемые для анализа, должны быть освобождены от примесей других минералов и тщательно проверены под биноклем или микроскопом. Если при отборе окончательно избавиться от примесей нельзя, то следует определить процентное содержание и состав засоряющих минералов, для того чтобы учесть при расчете формулы минерала по его анализу.

Количественные и многие качественные анализы (химический, спектральный, рентгеноструктурный, термический, радиохимический, радиометрический и др.) проводятся в специальных лабораториях.

Простейшие качественные определения обычно выполняются силами камеральных партий и рудничных минералогических лабораторий. При этом пользуются: радиометрическими измерениями интенсивности излучения, простейшими качественными химическими реакциями, перловым анализом, контактными отпечат-

ками, люминесценцией, радиографическими отпечатками, иммерсионным и другими методами. Все эти методы подробно описаны в определителе урановых минералов, составленном Р. В. Гецевой и К. Т. Савельевой [22].

### 3. МЕТОДЫ ОПРОБОВАНИЯ

На урановых месторождениях в связи с радиоактивными свойствами руд широкое применение получили радиометрические методы определения урана в руде, находящейся в массиве или в отбитом состоянии. Благодаря применению этих методов во многих случаях стало возможным значительно упростить технологию опробования, исключив из него трудоемкие процессы отбора и обработки проб. Однако радиометрические методы также не универсальны и имеют свои недостатки, поэтому в настоящее время на одних и тех же месторождениях применяют как общеизвестные, так и новые методы, в зависимости от назначения опробования и от радиологических особенностей руды.

Большое значение при выборе метода опробования имеет вещественный состав руды. Если руда однокомпонентная урановая (или ториевая), то в качестве основного метода применяется радиометрическое опробование. Если руда комплексная, содержащая наряду с ураном никель, кобальт, серебро, молибден и другие нерадиоактивные полезные примеси, то ведущее положение сохраняется за обычными методами опробования.

Выбор метода опробования зависит также и от того, находится ли руда в массиве (в неотбитом состоянии) или в навалах, в ящиках, вагонетках, автомашинах, бункерах, вагонах (рудная масса, отсортированный концентрат, отвальные хвосты).

#### Опробование руды в массиве в горных выработках

Руда, находящаяся в массиве, может быть опробована борздовым, задирковым, валовым, керновым, шпуровым, радиометрическим (позабойным) и гамма-каротажным способами.

Б о р з д о в о е о п р о б о в а н и е по сравнению со всеми другими обычными методами применяется наиболее широко на всех урановых месторождениях, за исключением сложных месторождений пятой морфологической группы. Расположение борзд относительно рудного тела, техника отбойки и обработки проб, так же как и документация опробования, не отличаются от описанных в учебных и методических пособиях по опробованию [6, 7, 28].

Сечение борзд на урановых месторождениях принимается равным  $10 \times 5$  см, иногда  $10 \times 3$  см. Мощные рудные тела, как правило, опробуют секционнно. Длина секции берется обычно не более 1 м. Расстояние между опробуемыми сечениями выбирается в зависимости от морфологии и мощности рудного тела и от степени равномерности оруденения. Например, на месторожде-

ниях первой морфологической группы расстояние между опробуемыми сечениями составляет 4—15 м. На месторождениях второй и третьей группы при мощности рудных тел, не превышающей ширины выработки, расстояние между сечениями в рудных интервалах берется не более 2—2,5 м. При больших мощностях опробованию подлежат только те выработки (квершлагги, орты, скважины, глубокие шпуры), которые пересекают всю мощность рудного тела. В этом случае расстояние между опробуемыми сечениями лимитируется принятой разведочной сеткой (через 10—20 м). Проводить опробование в штреках, идущих по простиранию рудного тела, не рекомендуется, так как результаты такого опробования, как правило, бывают ненадежны.

На месторождениях четвертой морфологической группы расстояние между опробуемыми сечениями сокращается до 1,5—2 м. На месторождениях пятой группы, как уже указывалось, бороздвое опробование почти не применяется.

Задирковое опробование применяется только при опробовании маломощных рудных тел (10 см и менее) и иногда при отборе небольших технологических проб.

Валовое опробование или «опробование добычей» широко используется на месторождениях пятой морфологической группы и при отборе технологических проб. Метод валового опробования, применяемого на урановых месторождениях, близок валовому опробованию редких и драгоценных металлов с гнездовым орудением. Особенность метода состоит в том, что сплошное валовое опробование совмещается с позабойной радиометрической сортировкой и радиометрическим анализом всех продуктов сортировки. Таким образом, в основе этого метода лежит точный учет фактически добытого металла в штучном концентрате, товарной и фабричной руде, а также металла, теряемого в отсортированной породе, идущей в закладку и отвалы.

Фактически добытый и учтенный металл, отнесенный к одному квадратному метру отработанной жильной площади, характеризует продуктивность рудного тела, которая вычисляется по формуле:

$$q = \frac{Q}{S_{от}}, \quad (6)$$

где  $q$  — количество металла, полученного с одного квадратного метра жильной площади (продуктивность), кг/м<sup>2</sup>;

$Q$  — фактическая добыча металла с отработанной площади горной выработки, для которой определяется продуктивность, кг;

$S_{от}$  — отработанная площадь рудного тела, для которого определяется продуктивность, м<sup>2</sup>.

Практически учет продуктивности осуществляется следующим образом: отбитая руда с помощью радиометра сортируется в забое на штучную (богатую), товарную и фабричную. Отсортированная

штуфная и товарная руда затаривается прямо в забое в ящики, маркируется и направляется для взвешивания и определения содержания в ней урана на установке РКИ, рассчитанной на измерение рядовых, промышленных и богатых руд.

Вычисление содержания металла в руде производится по соответствующим формулам и номограммам или по заранее составленным таблицам.

Фабричная руда и отсортированная в забое горная масса, погруженные в стандартные вагонетки, также взвешиваются и направляются на установку РСР-3 или РСР-6 для определения содержания урана.

Вес каждого сорта руды и горной массы, а также содержание в них металла, полученное на установках РКИ и РСР, заносят в специальные рабочие и сводные журналы. В этих же журналах отмечают номера выработок и блоков, из которых поступает руда и горная масса. Отработанную площадь по каждой выработке и блоку определяют маркшейдерскими замерами. Эти данные позволяют установить продуктивность рудного тела по выработкам и по очистным блокам.

Валовой и другие методы опробования на урановых месторождениях тесно связаны с радиометрическими измерениями. Последние применяют как для предварительной качественной оценки участков, намечаемых к опробованию обычными методами, так и для количественной, взамен последних.

При благоприятных условиях ведущее место в опробовании занимают радиометрические методы, а за бороздовыми сохраняются лишь контрольные функции.

Радиометрическое опробование в забоях горных выработок [24, 76] производят при помощи переносных радиометров (см. табл. 17), снабженных щелевыми экранами, и радиометров РГН. Техника радиометрического опробования сводится к следующему. В опробуемом забое измеряют интенсивность гамма-излучения в разных точках, расположенных линейно (по направлению борозды) или по сетке, равномерно покрывающей все рудное тело или весь забой.

При линейном расположении берется не менее 4—5 точек на погонный метр, при площадном — 8—10 точек на квадратный метр площади забоя.

На месторождениях с неравномерным распределением урана количество точек увеличивают до 10—16 и более на квадратный метр. При опробовании участков с нарушенным радиоактивным равновесием плотность сетки повышается до 15—25 точек. В забалансовых и малоперспективных участках измерения ведутся по более редкой сетке (от 3 до 6 точек на квадратный метр). Интерпретация количественных и полуколичественных измерений в массиве основывается на пропорциональности между регистрируемым гамма-излучением и содержанием урана в насыщенном [76] слое руды.

Пропорциональность определяется соотношением

$$I = \frac{\omega K_U Q}{\mu}, \quad (7)$$

где  $I$  — интенсивность излучения в  $\text{мкр/ч}$ ;

$K_U$  — гамма-постоянная радия, выраженная в процентах равновесного урана и численно равная  $28,9 \frac{\text{мкр} \cdot \text{см}^2}{\text{г} \cdot \text{г}}$  (доза излучения, получаемая за час от 1 г однопроцентного равновесного урана на расстоянии 1 см);

$Q$  — концентрация урана в источнике излучения;

$\mu$  — эффективный массовый коэффициент поглощения гамма-излучения в веществе в  $\text{см}^2/\text{г}$ , учитывающий рассеяние гамма-излучения в породе;

$\omega$  — телесный угол, под которым излучение попадает на приемник ( $\omega = 2\pi$  при измерении на поверхности бесконечного пласта;  $\omega = 4\pi$  при измерениях в шпурах или в скважинах).

Для данных условий в формуле (7) численное значение величины

$$\frac{\omega \cdot K_U}{\mu} = \text{const.} \quad (8)$$

Обозначив постоянную величину, обратную этому соотношению, через  $K_\omega$

$$K_\omega = \frac{\mu}{\omega \cdot K_U},$$

получим следующую зависимость между регистрируемой интенсивностью гамма-излучения и содержанием радиоактивного излучателя в исследуемом объекте:

$$I = \frac{Q}{K_\omega}. \quad (9)$$

Численное значение коэффициента  $K_\omega$  в общем случае зависит от вещественного состава излучателя и окружающих пород ( $\bar{\mu}$ ), а также от геометрии измерения ( $\omega$ ) и от спектральной чувствительности радиометра. Этот коэффициент  $K_\omega$ , называемый обычно коэффициентом пересчета, определяется экспериментально для данной аппаратуры в конкретных условиях измерения.

При измерениях на поверхности излучающего бесконечного пласта с целью определения концентрации радиоактивного вещества в породах, вскрываемых горной выработкой, необходимо избавиться от мешающего излучения.

Для выделения одностороннего излучения, поступающего на счетчик только от исследуемого участка пород, используют свинцовые щелевые экраны с вкладышем (реже плоские и оборотные



экраны). Определение содержания урана в процентах ( $Q$ ) при радиометрическом опробовании производится по формуле:

$$Q = B (I_1 - I_2), \quad (10)$$

где  $B$  — коэффициент экрана, определяемый опытным путем;  
 $I_1$  — интенсивность гамма-излучения без экрана;  
 $I_2$  — интенсивность гамма-излучения с экраном.

Величина коэффициента экрана устанавливается посредством серии измерений, выполняемых с экраном и без экрана на рудном эталоне, размеры которого дают возможность принять его за насыщенный для гамма-лучей пласт. Если измерения выполняются радиометром РГН, то среднее содержание урана в опробуемом интервале рассчитывается по формуле (9). С помощью специального эталонирования и опытных измерений показания этого прибора могут быть выражены непосредственно в процентах равновесного урана.

Результаты радиометрического опробования, выраженные в процентах равновесного урана, наносят на планы опробования, паспорта блоков и другие документы и увязывают с данными геологического опробования и документации.

При наличии в руде тория в общем случае радиометрическим методом определяется только суммарная радиоактивность. В этом случае определение содержания урана в руде возможно, если количественное соотношение между ураном и торием известно и сохраняется постоянным для всего месторождения.

Расчет в этом случае ведется по формуле:

$$Q_U = Q_p (1 - K_{Th}), \quad (11)$$

где  $Q_p$  — количество урана, рассчитанное по суммарному гамма-излучению;

$K_{Th}$  — урановый эквивалент тория.

Для определения содержания урана в неравновесной руде с зонально-локальным нарушением равновесия обычно производятся те же измерения, что и на месторождениях равновесных руд. Однако достоверность получаемых данных в этом случае значительно ниже, а объем опытных и контрольных измерений, необходимых для введения поправок, больше. При расчете средних концентраций урана здесь необходимо установить величину среднего коэффициента радиоактивного равновесия в данной геохимической зоне и пределы этой зоны (коэффициент радиоактивного равновесия определяется по анализам групповых проб). Среднюю концентрацию урана в руде можно рассчитать по следующей формуле:

$$Q_{\text{ср. ист.}} = \frac{B \left( \frac{\sum_1^n I_{1i}}{n} - \frac{\sum_1^n I_{2i}}{n} \right) \cdot 100}{K_{\text{р. п. ср}}} = \frac{B (I_{1\text{ср}} - I_{2\text{ср}})}{K_{\text{р. п. ср}}} \cdot 100, \quad (12)$$



- где  $I_{1i}, I_{2i}$  — интенсивности гамма-излучения, регистрируемые с экраном и без экрана в пределах всей геохимической зоны;
- $n$  — количество точек измерения;
- $I_{1\text{ср}}, I_{2\text{ср}}$  — средние интенсивности гамма-излучения с экраном и без экрана;
- $B$  — коэффициент экрана;
- $K_{\text{р. р. ср}}$  — средний коэффициент радиоактивного равновесия, определенный по групповым пробам данной зоны.

### Опробование буровых скважин

Опробование керна скважин широко применяется на урановых месторождениях различных морфологических групп (если выход керна удовлетворяет требованиям инструкций по подсчету запасов). На многих месторождениях данные по опробованию скважин используются при подсчете запасов. На месторождениях сложного строения бурение используют главным образом для прослеживания благоприятных структур и для перспективной их оценки.

Особенность опробования керна на урановых месторождениях заключается в том, что перед отбором пробы от керна его промеряют при помощи радиометра. По результатам промера выделяют промышленные, забалансовые и безрудные интервалы и намечают места для отбора проб.

Пробы отбирают с промышленных участков и из смежных с ними — непромышленных (на расстоянии не менее чем по 1 м с каждой стороны рудного интервала).

Опробование керна на урановых месторождениях всегда сопровождается гамма-каротажем скважины, а на ураново-угольных месторождениях еще и электрокаротажем, который используют для определения границ угольных пластов.

На месторождениях с комплексными рудами опробование керна является обязательным. На одноконпонентных урановых месторождениях с равновесными рудами опробование проводят главным образом при помощи гамма-каротажа.

Г а м м а - к а р о т а ж скважин осуществляется радиометрами типа КРЛ-М, КРТ, КРС, РКР и различными их модификациями. Техническая характеристика каротажных радиометров представлена ниже.

Каротажным установкам (КРЛ-М) придается комплект двухметровых штанг или труб для принудительного ввода кабеля с гильзой в горизонтальную или в восстающую скважину. Эталонируют каротажные радиометры систематически стандартными радиевыми эталонами (до или после каротажа скважины).

Техника измерений при гамма-каротаже подземных и поверхностных скважин не всегда одинакова. Подземные, большей частью сравнительно неглубокие скважины (до 200—300 м), кароти-

руются радиометром КРЛ с измерениями по точкам. Точки измерения располагаются по оси скважины в безрудных интервалах на расстоянии 1 м друг от друга. В пределах рудных интервалов и в приконтактных зонах по 1 м висячем и в лежачем боках сетка сгущается до 0,2 м, а при малых мощностях — до 0,1 м.

При спуске гильзы ведется непрерывное прослушивание скорости счета на телефон. В процессе прослушивания выделяют интервалы пород с повышенной радиоактивностью, заслуживающие особого внимания при измерениях. Собственно измерения

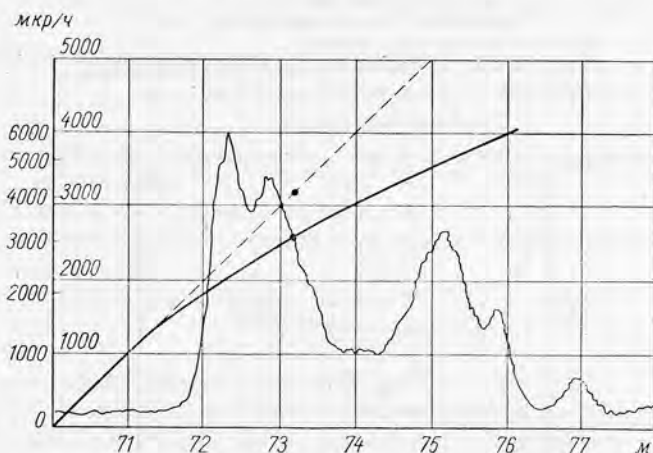


Рис. 30. Перестройка каротажной диаграммы в пропорциональном масштабе.

по стрелочному индикатору или ЭМСу производятся при подъеме гильзы от забоя к устью скважины.

Каротаж глубоких скважин производят путем непрерывной полуавтоматической записи интенсивности гамма-излучения. Первичные графики гамма-каротажа, полученные этим способом, из-за неравного просчета импульсов на разных поддиапазонах имеют непропорциональный масштаб, который выравнивается при обработке (рис. 30).

Форма каротажной диаграммы зависит от мощности рудного тела, от характера оруденения (равномерное, неравномерное), от четкости границы рудного тела с вмещающими породами, а также от длины катода счетчика. На каротажной диаграмме по аномальным пикам выделяют урансодержащие интервалы рудных тел, пересекаемых буровыми скважинами (рис. 31). На диаграмме приводят следующие данные: месторождение, номер скважины, дата составления диаграммы, глубина забоя ( $M$ ), диаметр скважины ( $m$ ), глубина обсадных труб ( $m$ ) и толщина их стенок

Месторождение .....

Номер скважины.....Дата.....

Глубина забоя в м.....Диаметр скважины в мм.....

Глубина обсадных труб в м.....и толщина их стенок в мм.....

Удельный вес раствора и его уровень в м.....

Тип и номер прибора.....

Диаметр гильзы.....Применяемые чувствительности (поддиапазоны).....

Скорость подъема гильзы м/час.....

Режимы питания станции.....

Расстояние от устья скважины до точки отметки меток в м.....Цена первой метки в м.....

Подпись оператора.....

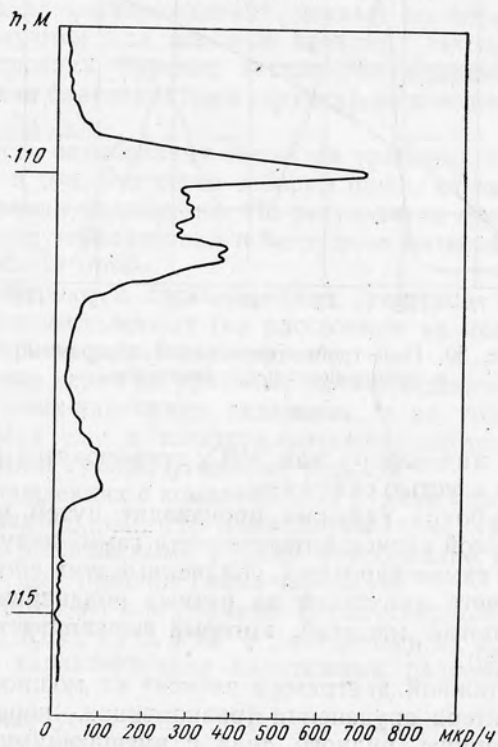


Рис. 31. Общий вид каротажной диаграммы.

(мм), удельный вес раствора и его уровень ( $m$ ), тип, номер прибора и его чувствительность (поддиапазоны), диаметр гильзы и скорость ее подъема ( $m/ч$ ), режим питания станции, расстояние от устья скважины до метки ( $m$ ) и цена первой метки, подпись оператора. Рудные интервалы проектируют на погоризонтные планы или паспорта блоков в соответствующем масштабе и по ним выделяют графически контур рудного тела. Проекции рудных и безрудных скважин наносят на планы и разрезы красками.

Количественную оценку выделенных аномалий производят на основании зависимости, устанавливаемой между регистрируемой интенсивностью излучения и содержанием урана в излучателе.

Теоретически доказано [14], что:

$$S = h \cdot I_{\infty}, \quad (13)$$

где  $S$  — площадь аномального пика гамма-каротажной кривой (мкр/ч·см);

$h$  — мощность рудного тела в см;

$I_{\infty}$  — интенсивность гамма-излучения бесконечного пласта в мкр/ч.

Из формулы 13 следует, что:

$$S = h \cdot K_{4\pi} \cdot Q, \quad (14)$$

где  $K_{4\pi}$  — коэффициент пересчета при  $\omega = 4\pi$ .

Следовательно, содержание урана в точке пересечения рудного тела скважиной может быть найдено из следующего отношения

$$Q = \frac{S}{K_{4\pi} h}; \quad (15)$$

$S$  и  $h$  находятся из каротажной диаграммы: площадь  $S$  при помощи планиметра или по формуле трапеции [18], а мощность — одним из приведенных ниже способов.

Произведение ( $h \times Q$ ) представляет собой так называемый линейный или ствольной запас радиоактивного вещества, выраженный в метропроцентах. При подсчете запасов месторождения эта величина является основной и часто не требует дальнейшей дифференциации. Несмотря на то, что определение  $h$  и  $Q$  в отдельности производится с некоторыми погрешностями, величина линейного запаса ( $h \times Q$ ) по данным гамма-каротажа определяется с достаточной точностью (по формуле видно, что занижение мощности должно приводить к завышению содержания, и наоборот).

В процессе разведочно-эксплуатационных работ необходимо для уточнения контуров отработки определять раздельно мощность рудных тел и содержание урана в них.

В формулу (15) кроме мощности, содержания и площади аномального пика входит коэффициент пересчета  $K_{4\pi}$ . Для стандарт-

ных стальных гильз толщиной 4—5 мм, используемых в каротажных установках КРТ и КРЛ со счетчиками МС, СТС, средняя величина коэффициента пересчета составляет  $K_{4\pi} = 115 \pm \pm 5$  мкр/ч на 0,01% равновесного урана. Коэффициент пересчета рекомендуется определять для каждого месторождения (или группы аналогичных месторождений) на моделях или специальными опытными работами.

Размеры моделей пласта, имитированные в баках, ящи-

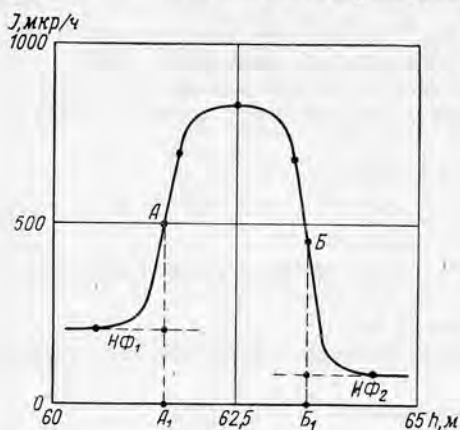


Рис. 32. Аномальный пик каротажной диаграммы над мощным рудным телом (больше 30 см) с равномерным распределением урана и четкими границами с вмещающими породами.

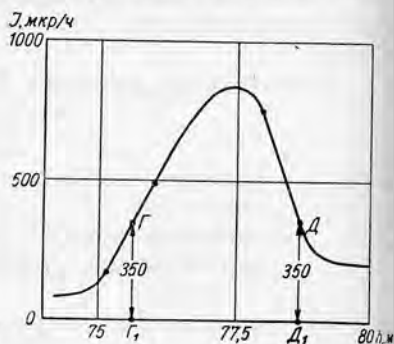


Рис. 33. Аномальный пик каротажной диаграммы над рудным телом с неравномерным распределением урана и отсутствием четких границ с вмещающими породами.

ках или в вагонетках, должны превышать размеры насыщенного для гамма-лучей слоя. Вещественный состав руд, используемых для изготовления моделей, должен быть представительным для данного месторождения. Техника измерения на опытных скважинах или на моделях полностью соответствует технике обычного каротажа.

Для условий, в которых плотности рудных и безрудных интервалов близки, наиболее распространены три способа определения мощности рудных тел по каротажной кривой [58]: способ  $1/2 I_{\max}$ , способ отсечки и способ  $4/5 I_{\max}$ . Выбор способа зависит от предполагаемой мощности рудного тела, от распределения оруденения внутри рудного тела и вблизи его границ с породами, а также от четкости границы оруденения. Первый способ используется для интерпретации аномальных пиков, обусловленных рудными пластами мощностью более 30 см с равномерным распределением урана и четкими границами рудного тела. В этом случае на границах пласта интенсивность излучения составляет половину максимальной, зарегистрированной в его центре. Поэтому на крыльях кривой (рис. 32) находят точки А и Б с ординатами

в  $1/2 I_{\max}$  (без нормального фона), которые определяют границы пласта  $A_1$  и  $B_1$ , а следовательно, мощность рудного тела.

Способ отсечки используется для интерпретации пологих кривых (рис. 33), обычно получаемых при пересечении тела с неравномерным оруденением при отсутствии четкой его границы с вмещающими породами, то есть при постепенном обогащении рудного тела от границ к точкам внутри пласта. На такой кривой границы пласта определяют по точкам, в которых величина интенсивности излучения соответствует бортовому содержанию урана (минимальное промышленное содержание урана в руде, обрабатываемой на месторождении). В этом случае по ординате  $I$ , рассчитанной по известным  $K_{4\gamma}$  и  $Q_6$ , на каждом крыле кривой отсекаются точки  $\Gamma$  и  $D$ , проекции которых  $\Gamma_1$  и  $D_1$  на ось абсцисс определяют границу промышленного оруденения пласта.

Способ  $4/5 I_{\max}$  используется для интерпретации узких пиков интенсивности гамма-излучения, обусловленных пластами мощностью менее 30 см (рис. 34). В этом способе принято теоретическое положение о том, что отношение интенсивностей излучения в любых двух точках аномальной кривой (например в точках с ординатой  $I_{\max}$  и  $4/5 I_{\max}$ ) не зависит от содержания и является функцией мощности и расстояния между этими точками. На основании этого для определенного диаметра скважины и плотности пород строится опытная палеточная кривая  $h=f(z)$  (рис. 35). Способ  $4/5 I_{\max}$  сводится к тому, что на каждом из крыльев кривой находят точку, аномальное излучение в которой (за вычетом фона) составляет  $4/5$  максимального.

Между этими точками и линией, проведенной из точки с максимальным излучением перпендикулярно оси глубин, находят расстояния  $z_1$  и  $z_2$ . По опытной кривой  $h=f(z)$  (см. рис. 35) и отрезкам  $2z_1$  и  $2z_2$  определяют  $h_1$  и  $h_2$ . Искомая мощность рудного тела определяется в этом случае как

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2}.$$

Гамма-каротаж скважин, пересекающих рудный пласт под углом  $\alpha$ , отличным от

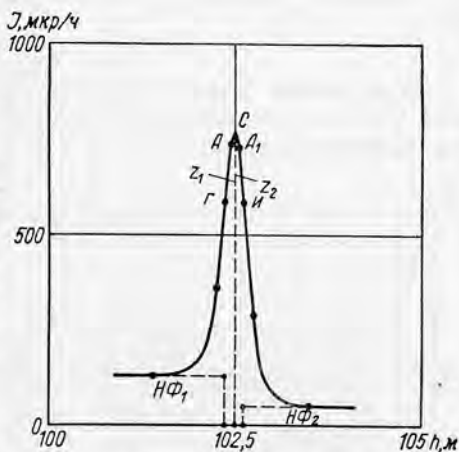


Рис. 34. Аномальный пик каротажной диаграммы над маломощным рудным телом (меньше 30 см) с четкими границами с вмещающими породами.



прямого, производится тем же методом, что и каротаж скважин, нормальных к рудному телу. Из рис. 31 следует, что истинная мощность ( $h_{ист}$ ) и площадь аномалии ( $S_{ист}$ ) определяются видимой мощностью и площадью пика, находимых по каротажной диаграмме ( $h_{накл}$  и  $S_{накл}$ ), и синусом угла встречи ( $\alpha$ ) скважины с рудным телом. Таким образом, эти величины находят из соотношений:

$$h_{ист} = h_{накл} \sin \alpha \quad (16)$$

и

$$S_{ист} = S_{накл} \sin \alpha. \quad (17)$$

Содержание урана в рудном теле, пересекаемом скважиной под углом  $\alpha$ , определяется тем же соотношением, что и при нормальном пересечении.

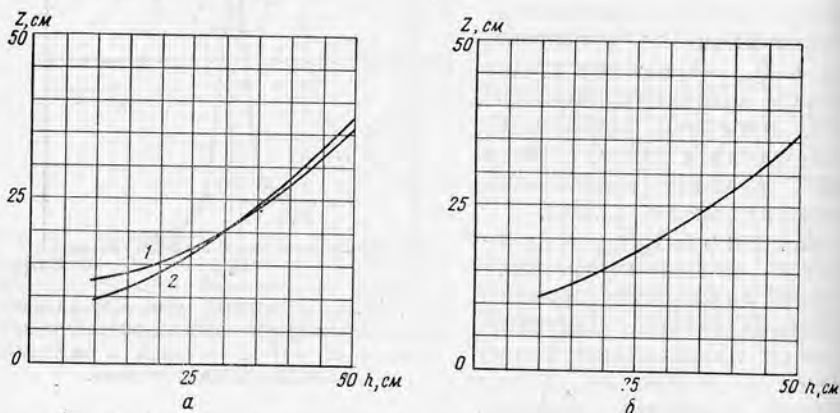


Рис. 35. Палеточные кривые для определения мощности способом  $\frac{4}{3}I_{max}$ :  
 а: 1 —  $d_{СКВ} = 120$  мм; 2 —  $d_{СКВ} = 40$  мм. б:  $d_{СКВ} = 80$  мм.

Гамма-каротаж скважин, пересекающих пачку чередующихся рудных и нерудных пропластков с различными объемными весами и с разной концентрацией урана, производится так же, как и каротаж единичных пластов, но часто сопровождается электрокаротажем. В этом случае площадь аномального контура всей пачки ( $S$ ) можно представить в виде суммы площадей аномальных пиков от каждого пропластка (рис. 36):

$$S = S_1 + S_2 + \dots + S_n = K_{4\pi} \sum_1^n h_i q_i = \sum_1^n I_{i\infty} h_i = I_{\infty cp} \sum_1^n h_i, \quad (18)$$

где  $S_1, S_2$  — площади аномальных пиков каждого из пропластков;

$\sum_1^n h_i q_i$  — линейный запас радиоактивных элементов во всей пачке пластов;

$\sum_1^n I_{i\infty} I_{\infty \text{cp}}$  — суммарная и средняя интенсивности излучения пачки пластов, эквивалентных по излучению каротируемым пропласткам;  
 $n$  — количество рудных пропластков.

Для пачки пластов, в которой плотность рудных и безрудных пропластков различна, содержание урана определяют на выемоч-

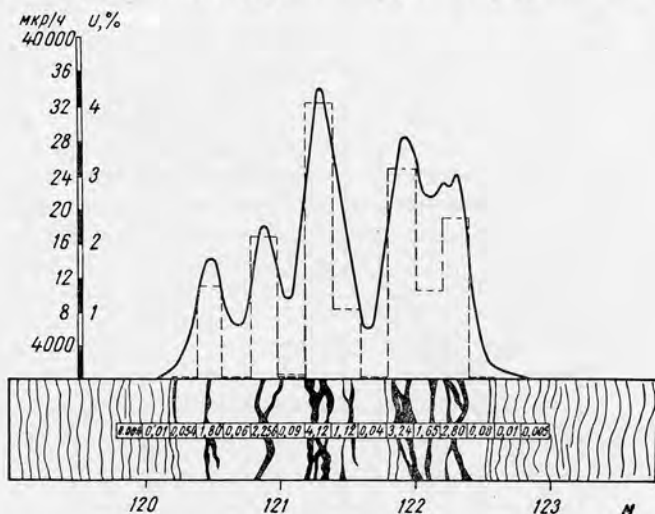


Рис. 36. Гамма-каротажная диаграмма над пачкой пластов и данные геологического опробования керна.

ную мощность ( $Q_{\text{выем}}$ ) с учетом этих плотностей. При этом используют формулу, предложенную Г. А. Елецкой в 1954 г.:

$$Q_{\text{выем}} = \frac{\Sigma S_p \delta_p}{K_{4\pi} (\Sigma \delta_p h_p + \Sigma \delta_n h_n)}, \quad (19)$$

где  $S_p$  — площадь аномалии от рудных пропластков;  
 $h_p, h_n$  — мощность рудных и безрудных пропластков;  
 $\delta_p, \delta_n$  — плотность пропластков.

Если  $\delta_p = \delta_n$ , то выражение (19) упрощается и примет тот же вид, к которому приводят и соотношения (14 и 18):

$$Q_{\text{выем}} = \frac{\Sigma S}{\Sigma h \cdot K_{4\pi}}. \quad (20)$$

Общую выемочную мощность сближенных пропластков следует находить по каротажной кривой одним из описанных выше способов ( $1/2 I_{\text{max}}, I_{\text{сорт}}, 4/5 I_{\text{max}}$ ). Мощность безрудных пропластков можно определить только с учетом данных геологических и электрокаротажа.

**Введение поправок на поглощение гамма-излучения в буровом растворе и в обсадных трубах.** Обсадные трубы и буровой раствор,

заполняющий скважину, частично поглощают гамма-излучение пород. Доля поглощаемого излучения и характер его рассеивания зависят от толщины обсадных труб и слоя раствора. Если коэффициент  $K_{4\pi}$  определяют в сухих необсаженных скважинах, то в данные каротажа необходимо вводить поправку на поглощение в обсадных трубах и буровом растворе.

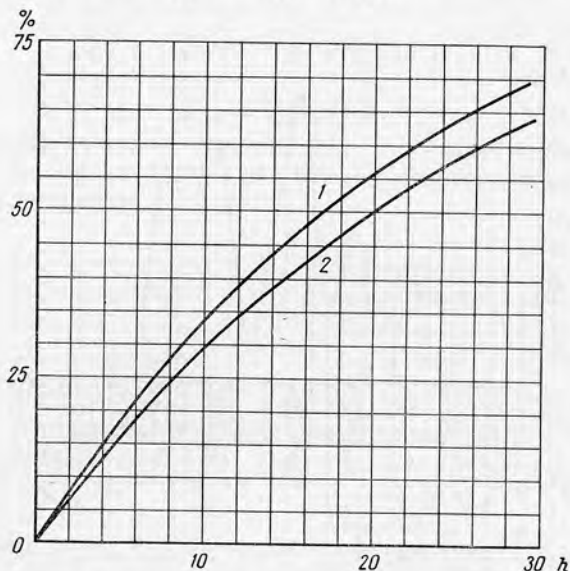


Рис. 37. Кривые поглощения гамма-излучения в воде и в железе:

1 — вода; 2 — железо;  $h$  — толщина слоя воды, см; железа, мм.

Эти поправки (Пр., %) вводятся по опытным кривым, отражающим процент зависимости величины поглощаемой доли излучения от толщины обсадных труб и слоя раствора (рис. 37).

При определении мощности по способу отсечки поправки вводят в величину регистрируемого излучения, при определении содержания урана — непосредственно в содержание или в величину площади аномального пика. Поправку вычисляют по следующим формулам:

$$I_{б. \text{ист}} = (100 - \text{Пр.}) \cdot K_{4\pi} q_6 \quad (21)$$

и

$$q_{\text{ист}} = \frac{q(100 - \text{Пр})}{100}, \quad (22)$$

или

$$q_{\text{ист}} = \frac{S \cdot 100}{(100 - \text{Пр.}) \cdot K \cdot h}, \quad (23)$$

где  $I_{б.ист}$  — исправленная величина  $I_b$  бортового;

$q_b$  — заданное бортовое содержание;

$K_{4\pi}$  — коэффициент пересчета;

$q_{ист}$ ,  $q$  — исправленное и первоначальное содержание урана в рудном теле, пересекаемом скважинами;

$S$  — измеренная площадь гамма-аномалии в  $мкр/ч \cdot см$ ;

$h$  — мощность рудного тела.

Аналогичные формулы используются при введении поправок на поглощение в обсадных трубах.

#### Введение поправки на нарушение радиоактивного равновесия.

Нарушение радиоактивного равновесия в ряду урана — радия приводит к ошибкам в интерпретации каротажных диаграмм. Величина поправки, которую необходимо вводить в получаемые в этом случае данные, зависит от величины и характера изменения коэффициента радиоактивного равновесия  $K_{р.р}$ . Этот коэффициент определяется специальными анализами групповых проб и вводится при окончательной обработке данных каротажа по ряду скважин, характеризующих целую геохимическую зону месторождения. В этом случае истинное среднее содержание урана в рудной зоне ( $q_{ср.ист}$ ) и интенсивность гамма-излучения ( $I_b$ ), пропорциональная минимальному промышленному содержанию ( $q_b$ ), определяются по следующим формулам:

$$I_b = K_{4\pi} q_b \cdot K_{р.р} \quad (24)$$

$$q_{ср.испр} = \frac{100 \cdot q_{кар}}{K_{р.р}}, \quad (25)$$

где  $K_{4\pi}$  — коэффициент пересчета;

$q_{кар}$  — содержание, рассчитанное по данным гамма-каротажа;

$K_{р.р}$  — коэффициент радиоактивного равновесия.

Поправки на нарушение радиоактивного равновесия вводятся в случае наличия локально-зональных или зональных сдвигов. При локальном нарушении радиоактивного равновесия такие поправки не вводятся, так как искажения в этом случае взаимно компенсируются при осреднении результатов каротажа по 20—30 скважинам (в зависимости от «размаха» нарушений равновесия).

Сопоставления количественных данных гамма-каротажа с данными кернового опробования необходимо проводить на всех месторождениях. Однако при этом следует иметь в виду, что не только по одной секционной пробе керна, но даже по одной-двум скважинам данные кернового опробования и каротажа могут совпасть только случайно. Это объясняется тем, что в керн попадает объем породы, соответствующий диаметру скважины (не более 8—12 см), в то время как при гамма-каротаже исследуется объем породы диаметром 60—80 см. За счет неравномерности оруденения среднее содержание урана в этих двух объемах может

быть различным. При осреднении результатов по 20—30 скважинам их представительность повышается, и данные кернового опробования становятся близкими к данным гамма-каротажа.

Шпуровое опробование по буровой пыли на урановых месторождениях не применяется. Более быстро и достаточно надежно опробование ведется с помощью гамма-каротажа.

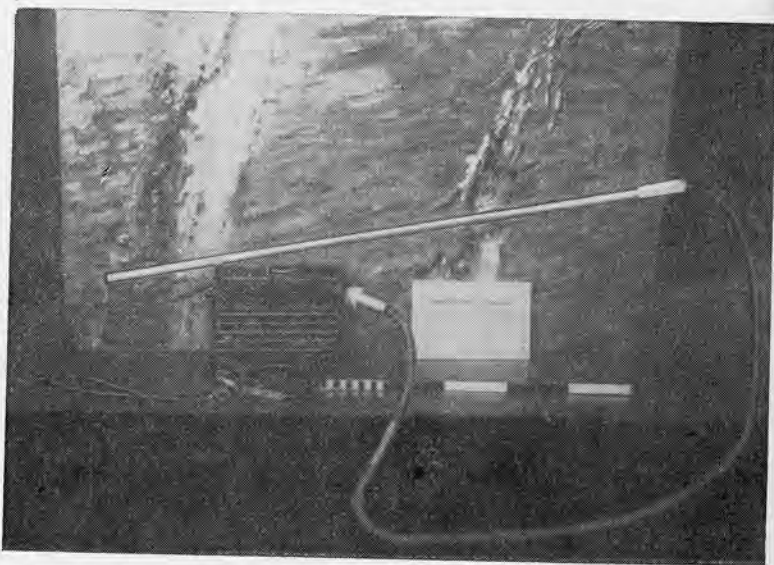


Рис. 38. Гамма-каротаж шпуров переносным радиометром УР-4.

На урановых месторождениях при эксплуатационной разведке и отработке широко применяется гамма-каротаж разведочных и отпалочных шпуров. Этим методом оценивают оруденения в забое, выделяют сорта руд, подлежащих раздельной выемке, контролируют полноту отработки рудных тел и т. д. Особенно велика роль гамма-каротажа шпуров на месторождениях четвертой и пятой морфологических групп, где с его помощью дополнительно выявляются многочисленные рудные апофизы, прожилки и гнезда, находящиеся в боковых породах за пределами выработок. С учетом данных гамма-каротажа шпуров ведется выборочная отработка и погашение эксплуатационных блоков, а также селективная выемка руды.

Гамма-каротаж производится переносными радиометрами (см. табл. 12). Гильза радиометра постепенно вводится в шпур. Вводя гильзу в шпур, прослушивают в телефон, а извлекая ее из шпура—замеряют интенсивность излучения по стрелочному индикатору или ЭМСу (рис. 38).

Точки измерения при гамма-каротаже обычно располагаются через 20 см. В аномальных интервалах сетка измерений сгущается

до 5—10 см. Все данные, первоначально выраженные в делениях шкалы радиометра или в импульсах в минуту, переводятся по эталонировочным кривым в *мкр/ч*.

В зависимости от назначения и горногеологических условий гамма-каротаж может носить качественный или количественный характер. В первом случае преследуется цель выделения шпуров с рудой и выяснения примерных размеров рудных интервалов; при этом выделяют аномальные шпуры I, II, III классов, то есть слабоактивные, средней активности и высокоактивные или, наконец, рудные, безрудные и шпуры, вскрывающие незначительные рудопроявления или примазки с радиоактивными элементами. Пространственная увязка рудных интервалов, обнаруженных при каротаже, приводит к оконтуриванию рудных тел за стенками горных выработок. Во втором случае определяют содержание урана и мощность рудных тел, пересекаемых шпурами.

При каротаже шпуров, пройденных в мощном рудном теле с равномерным оруденением и не выходящих за пределы рудного тела, применяют упрощенный способ интерпретации по средней интенсивности излучения:

$$Q_{\text{ср}} \% = \frac{\sum_1^n I_{\text{шп}}}{nK_{4\pi\text{шп}}} = \frac{I_{\text{ср. шп}}}{K_{4\pi\text{шп}}} \left[ \frac{\text{мкр/ч}}{\text{мкр/ч}} \right], \quad (26)$$

где  $I_{\text{шп}}$  — интенсивность гамма-излучения в точках измерения в шпурах;

$n$  — общее количество точек измерения;

$I_{\text{ср. шп}}$  — средняя интенсивность гамма-излучения в шпуре;

$K_{4\pi\text{шп}}$  — коэффициент пересчета от интенсивности, *мкр/ч*, к содержанию радиоактивного вещества в излучателе.

Полученное таким образом  $Q_{\text{ср}}$  мало отличается от содержания, найденного по площади, оконтуренной каротажной кривой. Определение  $K_{4\pi\text{шп}}$ , как и в остальных случаях каротажа, проводится по моделям или на специальных «эталонных» шпурах, пройденных в материале с известным содержанием урана —  $Q_{\text{эт}}$ .

$K_{4\pi\text{шп}}$  отличается от  $K_{4\pi\text{скв}}$  (для скважины) за счет различия в спектральном составе регистрируемого гамма-излучения. Это связано с тем, что толщина гильз в специальных каротажных установках типа КРТ и КРЛ отличается от толщины гильз переносных радиометров типа УР-4, используемых при каротаже шпуров. Алюминиевые гильзы переносных радиометров поглощают меньшую часть мягкого рассеянного излучения, поэтому величина  $K_{4\pi\text{шп}}$  в большей степени зависит от среднего атомного номера породы, чем  $K_{4\pi\text{скв}}$ .

В случае необходимости получить образцы вмещающих пород или руды при бурении шпуров может быть использована предложенная Е. И. Устюгиным и Ф. Г. Дылевским трубчатая коронка, армированная твердым сплавом, обеспечивающая выход



керна [73]. Ее устройство и размеры показаны на рис. 39. Бурение шпуров производят с помощью перфоратора ПМ—508. После углубки на 15—20 см бурение прекращают и вынимают из шпура бур для извлечения керна из коронки. Таким способом получают образцы породы с глубины до 10 м.

Авторы метода отмечают, что предложенный ими способ дещев в эксплуатации, позволяет оперативно и с повышенной точностью определять контуры рудного тела, не требует специального оборудования (кроме коронки), значительно повышает производительность труда пробщика и дает большую экономию средств, затрачиваемых на опробование. Применение этого метода на урановых месторождениях может оказаться очень полезным при постановке экспериментальных работ для обоснования достоверности шпурового гамма-опробования, при изучении вещественного состава рудных прожилков, находящихся за пределами выработки, и при изучении окolorудных изменений и т. д.

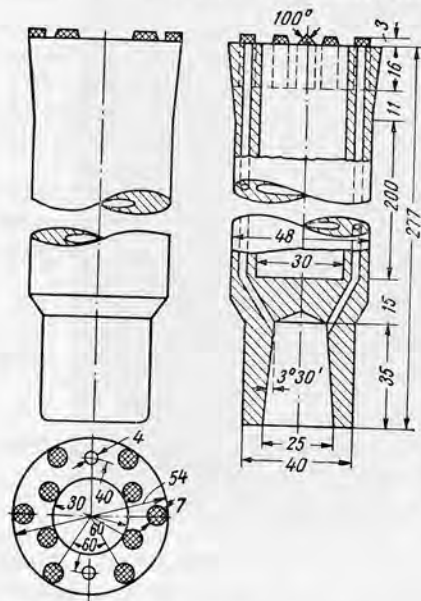


Рис. 39. Конструкция буровой коронки.

### Опробование отбитой руды и горной массы

Отбитую при проходке выработок и очистной выемке руду и горную массу опробуют с целью определения качества руды и учета потерь урана в горной массе, направляемой в отвал или закладку. Опробование горнорудной массы на уран обычно производится радиометрическими методами. При опробовании руды и горной массы на сопутствующие компоненты используются методы вычерпывания и валовой способ.

Опробование руды в стандартных емкостях (ящиках, вагонетках, автомашинах, вагонах). На месторождениях с богатыми рудами селективная добыча и сортировка руды, как правило, производятся в забое. Богатую (штуфную) и товарную руды грузят в ящики или металлические барабаны стандартного размера, емкостью в 50—100 кг, и направляют на радиометрическую установку РКС-1 или РКИ для определения содержания урана в руде. Бедную товарную и фабричную руду, а также горную массу грузят в стандартные вагонетки и доставляют на контрольные пункты с многосчетчиковыми установками

типа РКС-2 также для определения содержания урана. На открытых разработках при транспортировке руды в автомашинах на склады, заводы и т. д. содержание урана определяют многосчетчиковыми установками РКС-2. Руду, отправляемую в железнодорожных вагонах, анализируют перед погрузкой, когда она находится еще в вагонетках, автомашинах и на погрузочных транспортерах; при благоприятных условиях экспресс-анализ выполняется непосредственно в вагонах радиометрами РСР-6 со специальными датчиками. При малом объеме работ экспресс-анализ можно производить также переносными радиометрами, с худшими результатами (табл. 11).

Таблица 11  
Основные технические требования к установкам типа РКС

Основные технические требования	РКИ-1 У	РСР-3 („Стрела“)	РСР-6 („Стенд“)	РСР-7 („Кварц“)	РКС-3 (1954 г.)
Порог уверенного отсчета, процент на деление	На 5 делений 0,1%	На 4 деления 0,001%	На 4 деления 0,002%	На 10 делений 1,5—2 мкр/ч	На 10 делений при флуктуациях $\pm 5$ делений 0,0002% 0,0001—1
Диапазон измеряемых активностей, процент равновесного урана	0,1—70	0,001—1	0,001—1	2—2000 мкр/ч	
Ошибка измерений, %	2,5	10	10	5	5
Производительность измерений	100 ящиков/ч	15 сек/измерение	30 сек/измерение	2 мин/измерение	2 мин/измерение
Основные конструктивные особенности	П-образная ионизационная камера на 80 л	Две—четыре кассеты	Две кассеты	Две кассеты и полый цилиндрический датчик	Датчик полый, цилиндрический

В этом случае производят замеры в нескольких точках, равномерно расположенных на измеряемой поверхности открытой стороны ящика, вагонетки, автомашины или вагона. Число точек зависит от размера емкости. Так, например, в вагонетке замеры делают в 3—7 точках, на автомашине — в 6—12 и в вагоне в 20—30 точках. За истинное принимают среднее арифметическое из всех отсчетов. Опыт показал, что стационарные многосчетчиковые установки дают более точные результаты, чем переносные радиометры, и отличаются большей производительностью (время измерения не превышает 15—20 сек).

Датчики стационарных радиометров по форме и размерам соответствуют габаритам емкостей. Приемниками излучения в стационарных установках являются группы газоразрядных счетчиков, находящихся в кассетах и установленных с двух или с трех сторон емкости, или специальные П-образные, ионизационные камеры. Конструкция датчиков РКС и РКИ обеспечивает полу-

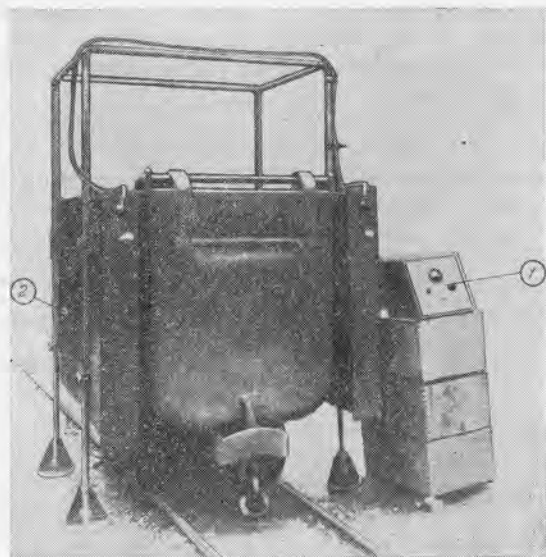


Рис. 40. Переносная установка РКС-2-Б с батарейным питанием на отвале:

1 — батареи питания; 2 — кассеты радиометра.

чение достаточно представительного результата по однократному промеру пробы, продолжительность которого составляет от 20 до 50 сек.

Основные параметры и общий вид многосчетчиковых установок приведены в табл. 11 и 14 и на рис. 40, 41, 42.

Установки РКИ и РКС-2 монтируются в специальных помещениях (рис. 43) обычно совместно с техническими весами.

Техника экспресс-анализа на многосчетчиковых установках заключается в следующем: вагонетку (ящик или автомашину) с анализируемым материалом подают на площадку между кассетами и устанавливают так, что кассеты радиометра располагаются симметрично по отношению к боковым и верхней плоскостям вагонетки. Положение вагонетки между кассетами фиксируется специальным стопорным устройством, что обеспечивает постоянство условий измерений. В момент остановки вагонетки включается радиометр и производится измерение интенсивности

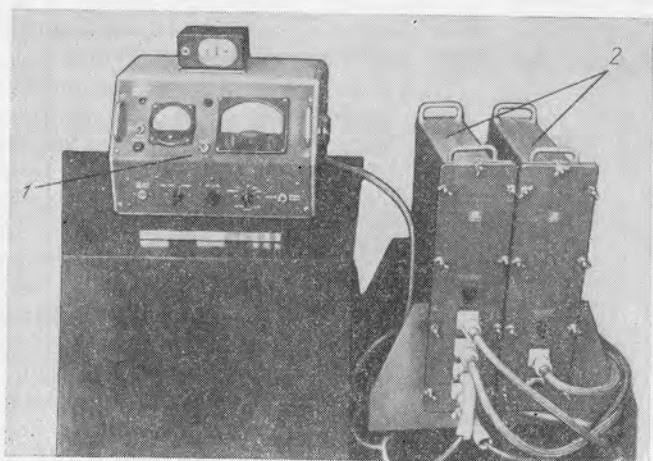


Рис. 41. Внешний вид установки РКС-2:  
1 — пульт управления; 2 — кассеты.

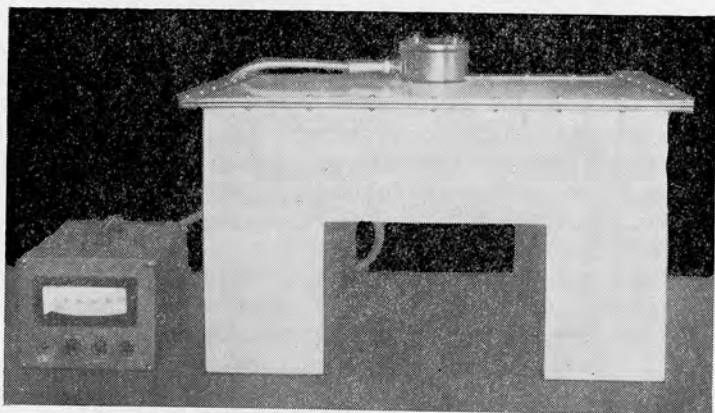


Рис. 42. Внешний вид радиометра РКИ.

гамма-излучения, создаваемого опробуемым материалом. Нормальный фон измеряют до начала работы и контролируют несколько раз в смену. Установку размещают в таком месте, где фон практически не меняется. Если этого сделать нельзя, то спе-

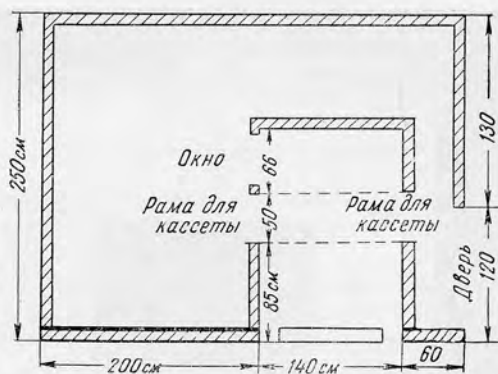
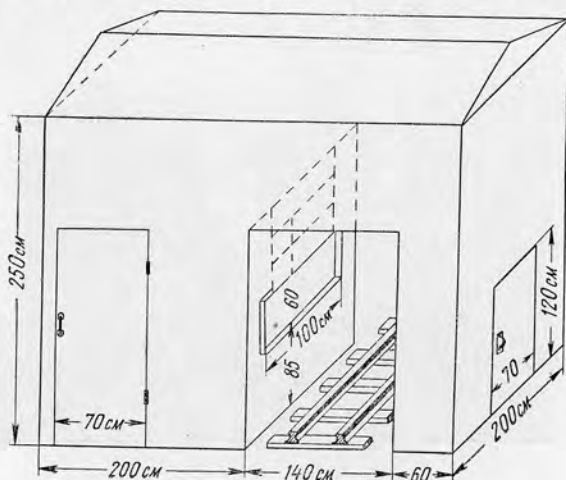


Рис. 43. Помещение для установки РКС-2 на поверхности (стены дощатые, двойные, оштукатуренные, внутри обитые войлоком).

циально экранируют датчики радиометра. Настройку радиометров, проверку их чувствительности и линейности выполняют при помощи стандартных радиевых эталонов.

Для перехода от показаний прибора к процентному содержанию урана в руде радиометры эталонируют рудными эталонами,

моделирующими форму и размеры емкостей, а также вещественный состав руд, с которыми придется иметь дело при производстве экспресс-анализа. Эталонирование заключается в измерении интенсивности гамма-излучения, создаваемого рудным эталоном, помещенным между кассетами установки. Расположение эталона по отношению к датчику радиометра и время измерения должны отвечать производственным измерениям.

Эталонирование односчетчиковых радиометров заключается в производстве серии одномоментных измерений при различных

положениях гильзы на боковых и верхней поверхностях эталонной вагонетки. Количество и расположение точек измерения должно соответствовать таковому при обычных экспресс-анализах опробуемой руды. В процессе таких измерений строится эталонировочная кривая, отражающая зависимость между показаниями радиометра и процентным содержанием урана в исследуемой руде (рис. 44).

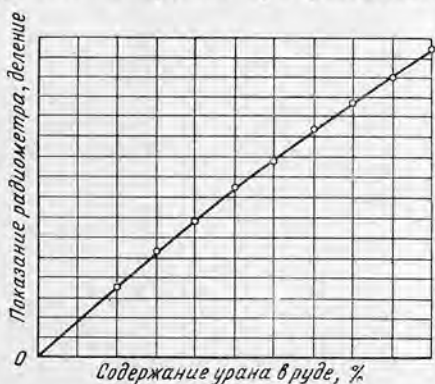


Рис. 44. График эталонирования установки РКС-2.

Гамма - экспресс-анализ отбитой горной массы дает

возможность разделять ее качественно на сорта руды с выделением пустой породы, а также определять содержание урана в руде. Под землей у ствола шахты или перед перепуском материала с горизонта на горизонт (около рудоспусков) обычно ограничиваются разделением общего потока горнорудной массы на руду и породу. После выдачи на поверхность вагонетки с рудой разделяют по сортам: на товарную, фабричную и забалансовую руду. Последние два сорта, как правило, подвергают специальной радиометрической сортировке. Выделение неактивной породы и определенных сортов руды из общего потока емкостей может быть полностью автоматизировано. Для этого на крупных шахтах проектируются сортировочные горки, главным элементом которых — автоматический радиометр РКС-2-56 «Стрела» (рис. 45). Принципиальная схема такой сортировочной горки приведена на рис. 46.

Из схемы видно, что вагонетки с рудой двигаются по наклонным кольцевым путям, проходящим через автоматический радиометр, управляющий специальными сортовыми реле, и через систему стрелочных переводов и опрокидывателей. Каждая вагонетка с рудой автоматически останавливается на 15—20 сек между датчиками прибора. После этого в зависимости от интенсивности гамма-излучения автоматически включается та или другая группа сортовых реле и стрелочных переводов, которые управляют даль-



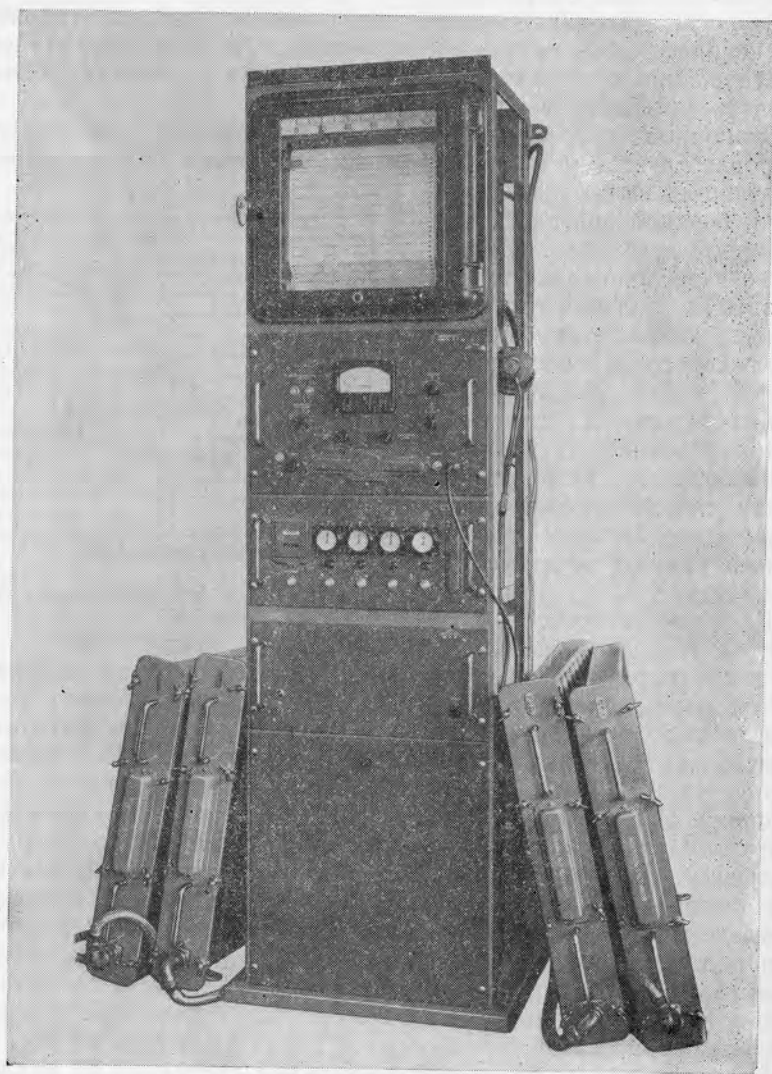


Рис. 45. Внешний вид радиометра РКС-2-56 («Стрела»), прототип радиометра РСР-3.

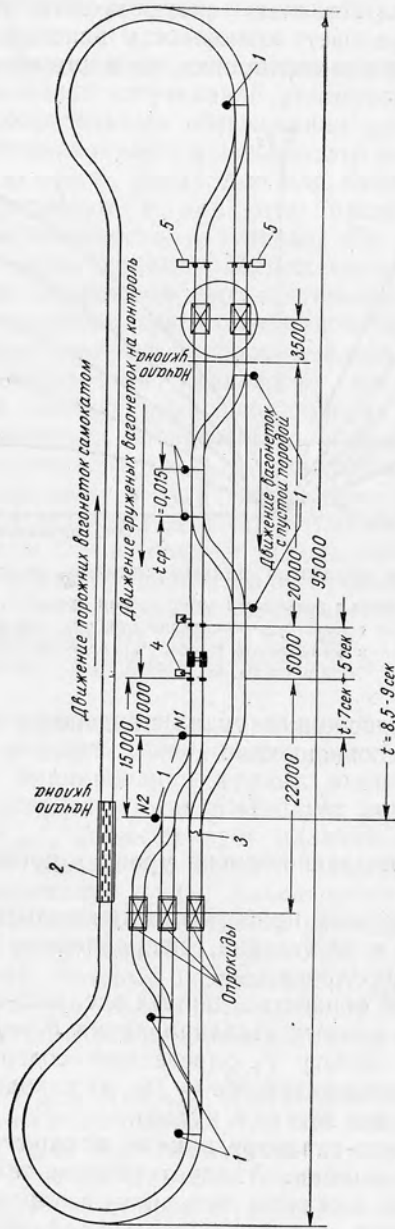


Рис. 46. Технологическая схема автоматической сортировочной горки:

1 — стрелки с компенсатором высоты; 2 — компенсатор высоты; 3 — отжимная стрелка; 4 — автоматический стопор; 5 — стопор с ручным приводом.

нейшим движением и разгрузкой вагонеток. Количество измеренных вагонеток учитывается по сортам специальными электромеханическими счетчиками. Наличие записывающего устройства и стрелочного индикатора дает возможность использовать радиометр «Стрела» не только для сортировки, но и для количественных анализов сырья.

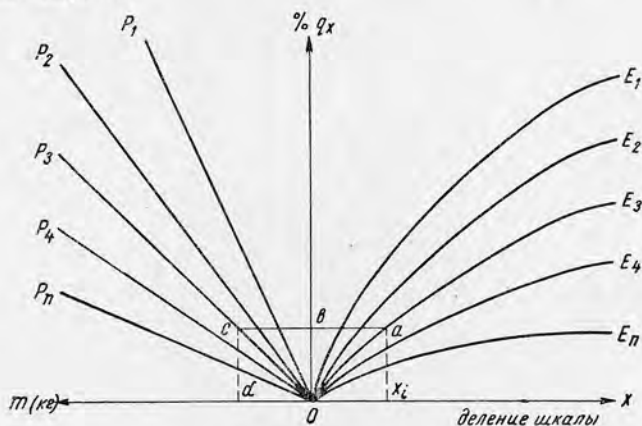


Рис. 47. Номограмма для обработки данных гамма-экспресс-анализов руд:  $E_1, \dots, E_n$  — кривые для эталонов с различным содержанием урана;  $P_1, \dots, P_n$  — кривые для эталонов с различным весом;  $x_i$  — показание прибора при измерении пробы;  $x_i a = OB$  — содержание урана в измеряемой пробе, %;  $bc = od$  — количество урана в пробе, кг.

Расчет среднего содержания урана по данным экспресс-анализов проводится по соотношению:

$$q_x = q_э \frac{I_x}{I_э}, \quad (27)$$

где  $q_x, q_э$  — содержание равновесного урана в пробе и в рудном эталоне;

$I_x, I_э$  — регистрируемые прибором интенсивности излучения от пробы и от эталона, исправленные на величину нормального фона.

Графический способ обработки данных экспресс-анализа основан на использовании кривых эталонирования  $I = f(q)$  (рис. 47). По такой кривой и отсчету  $I_x$  определяют содержание урана в пробе,  $q_x$ . По опытной кривой  $Me = f(q, p)$  находят количество металла в пробе ( $p$  — вес ящика с рудой).

На точность экспресс-анализов влияют аппаратурные, технические и физические ошибки. Аппаратурные и технические систематические ошибки (дефекты методики измерений, неоднородность эталонов, загрязнение емкостей активным материалом) можно исключить полностью, случайные — свести к  $\pm 5-10\%$  для отдельного анализа.

Физические ошибки возникают вследствие неправильного учета сдвига радиоактивного равновесия или величины эманлирующей способности руд, сегрегации избирательного обогащения, влажности опробуемого материала и т. д.

Такие ошибки требуют специального изучения. Ошибки, связанные с различной сегрегацией эталонного и опробуемого материала и избирательным обогащением ураном фракций разной крупности, устанавливают и исключают опытным путем. С этой целью каждую сотую, двухсотую или пятисотую вагонетку многократно пересыпают и при этом производят сравнительные измерения интенсивности излучения. По полученному результату корректируют данные экспресс-анализов.

Локальные нарушения радиоактивного равновесия, связанные как с недостатком, так и с избытком радия, не должны существенно искажать данные экспресс-анализов, так как осреднение результатов нарушения равновесия исключает разнозначные ошибки. При анализе руд с локальными сдвигами равновесия следует пользоваться равновесными эталонами.

При локально-зональных и зональных нарушениях радиоактивного равновесия в рудах необходимо тщательно изучать его характер в разведываемых и в обрабатываемых участках месторождения. В этом случае следует использовать неравновесные эталоны с соотношением урана и радия, равным среднему для опробуемой руды. Если величина коэффициента радиоактивного равновесия изменяется от зоны к зоне, то необходимо разработать схему поправок позабойного опробования отбитой массы.

Для устранения ошибок, связанных с эманированием руд, вводят коэффициент эманирования опробуемых руд ( $K_{эм.р}$ ) и коэффициент эманирования рудных эталонов ( $K_{эм.э}$ ). Разница в значении коэффициентов определяет величину ошибки.

$K_{эм.р} \leq K_{эм.э}$  характеризует наличие ошибки. Коэффициент эманирования только что отбитой руды будет близок коэффициенту эманирования руды, находящейся в массиве. Коэффициент эманирования давно отбитой руды может изменяться в зависимости от ее крупности и влажности, а также от метеорологических условий. Поэтому определение  $K_{эм.р}$  следует производить отдельно для руд только что отбитых (выдаваемых непосредственно из забоя) и для руд, анализируемых после их длительного хранения.

Величины  $K_{эм.р}$  и  $K_{эм.э}$  определяют при естественной крупности и влажности материала, так как зависимость эманлирующей способности руд от этих параметров практически не изучена.

Наиболее простым способом определения  $K_{эм.р}$  отбитой руды является измерение прироста гамма-излучения после герметизации руды в вагонетках или в специальных ящиках (объемом около 10—15 кг.). Для повышения точности при измерении целесообразно применять пересчетную установку.

Чтобы исключить влияние эманирования, результаты экспресс-анализов умножают на поправочный коэффициент:

$$\alpha = \frac{1 - K_{\text{эм. э}}}{1 - K_{\text{эм. р}}} \quad (28)$$

Содержание урана в руде с учетом поправки на эманирование определяют по формуле:

$$Q_p = Q_{\text{эт}} \cdot \frac{I_p}{I_{\text{эт}}} \cdot \alpha = Q_{\text{эт}} \frac{I_p}{I_{\text{эт}}} \left( \frac{1 - K_{\text{эм. э}}}{1 - K_{\text{эм. р}}} \right), \quad (29)$$

где  $Q_p$ ,  $Q_{\text{эт}}$  — содержание урана в опробуемой руде и в рудном эталоне на сухой вес;

$I_p$ ,  $I_{\text{эт}}$  — интенсивность гамма-излучения от руды и от эталона.

При работе с герметизированным эталоном:

$$\alpha = \frac{1}{1 - K_{\text{эм. р}}} \quad (30)$$

По величине  $\alpha$  легко оценить знак и величину ошибки при различных значениях  $K_{\text{эм. э}}$  и  $K_{\text{эм. р}}$ : если  $K_{\text{эм. р}} > K_{\text{эм. э}}$ , то  $\alpha > 1$ ; в этом случае без введения поправки  $\alpha$  результат будет занижен; если  $K_{\text{эм. э}} > K_{\text{эм. р}}$ , то  $\alpha < 1$  — результат соответственно будет завышен. Увлажненность отбитого материала занижает результаты гамма-экспресс-анализа, так как наличие влаги аналогично «разубоживанию» анализируемой руды.

Поправка на влажность  $P_{\text{в. эт}}$ , определяемая экспериментально, вводится в конечный результат по следующей формуле:

$$Q_p = Q_{\text{эт}} \cdot \frac{I_p}{I_{\text{эт}}} \frac{(1 - P_{\text{в. эт}})}{(1 - P_{\text{в. р}})}, \quad (31)$$

где  $Q_p$ ,  $Q_{\text{эт}}$ ,  $I_p$ ,  $I_{\text{эт}}$  имеют те же значения, что и в выражении (28);

$P_{\text{в. эт}}$  — влажность эталона, %;

$P_{\text{в. р}}$  — влажность опробуемой горнорудной массы, %.

Экспресс-анализ отбитой руды иногда производят в нерасцепленном составе вагонеток. В этом случае на результатах измерений существенно сказывается гамма-излучение от всей горнорудной массы, загруженной в вагонетки. Для уменьшения влияния этого мешающего бокового излучения применяется специальное экранирование датчиков (бетонная или кирпичная кладка, чугунный или свинцовый экран). В некоторых случаях с каждой стороны установки монтируют дополнительные кассеты (на входе и на выходе измерительной площадки, где останавливается вагонетка с опробуемым материалом). Эти кассеты регистрируют главным образом боковое (мешающее) излучение от соседних вагонеток, которое компенсирует измерительная схема.

Достоверность экспресс-анализов отбитой массы устанавливаются путем систематического сопоставления их результатов с данными валового опробования той же горнорудной массы. По этим сопоставлениям определяют поправочный коэффициент, используемый для корректировки экспресс-анализов. Он вычисляется по формуле:

$$K_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в. ср}}}{q_{\text{р. ср}}}, \quad (32)$$

где  $q_{\text{в. ср}}$  — среднее содержание урана в валовой пробе;  
 $q_{\text{р. ср}}$  — среднее содержание урана по экспресс-анализам.

Исправленный или приведенный результат гамма-экспресс-анализа будет равен:

$$q_{\text{р. ср испр}} = K_{\text{ср}} \cdot q_{\text{р. ср}}. \quad (33)$$

Для руд с разным содержанием урана (для концентратов, товарных руд, бедных руд, для закладки, отвальных хвостов и т. д.) вводятся различные значения поправочного коэффициента.

На установке РКИ-5 средняя относительная ошибка анализа богатых руд крупностью менее 100 мм (для партий в 50 и более проб) не должна превышать  $\pm 5\%$ , для мелкого усредненного материала от  $\pm 0,5\%$  до  $\pm 0,8\%$ . Для установок РСР-6 величины суммарных ошибок, как правило, больше, чем для РКИ. Так, при проведении контрольного опробования партий руды по 20—80 вагонеткам расхождение между результатами экспресс-анализов и валовой пробы составляло от  $-10\%$  до  $+5\%$ .

Опробование отбитой горнорудной массы на транспортерах производится путем периодической отсечки небольших порций руды от движущегося потока или с помощью специальных радиометрических установок. При отсечке из отдельных порций составляется сменная или суточная проба, которая анализируется гамма-экспресс-методом, а также в радиометрической и химической лабораториях. В первом случае проба без сокращения погружается в стандартные вагонетки или ящики и направляется для промера на установки типа РКС-2 или РКС-3. Порошковые пробы того же материала после соответствующей его обработки (дробления, осреднения и сокращения) направляются на лабораторные анализы. Такой вид опробования (по отсечке) применяется с контрольными целями или в случае необходимости определять сопутствующие неурановые компоненты (например, в комплексных рудах).

Опробование отбитой массы на транспортерах с помощью радиометрических установок сводится к измерению интенсивности излучения рудного слоя, перемещающегося под неподвижным датчиком радиометра.

В этом случае радиометром регистрируется доза излучения от тонкого (5—25 см) ненасыщенного слоя руды, равная произведению интенсивности излучения на время измерения ( $I \cdot t$ ).



Время измерения каждого конечного участка потока руды составляет несколько секунд.

Теоретически доказано, что доза регистрируемого излучения  $D_{\Pi}$  пропорциональна количеству металла в потоке  $M_{\Pi}$

$$D_{\Pi} = \eta \cdot M_{\Pi}, \quad (34)$$

где  $\eta$  — пересчетный коэффициент, связывающий регистрируемую дозу излучения и количество металла в потоке.

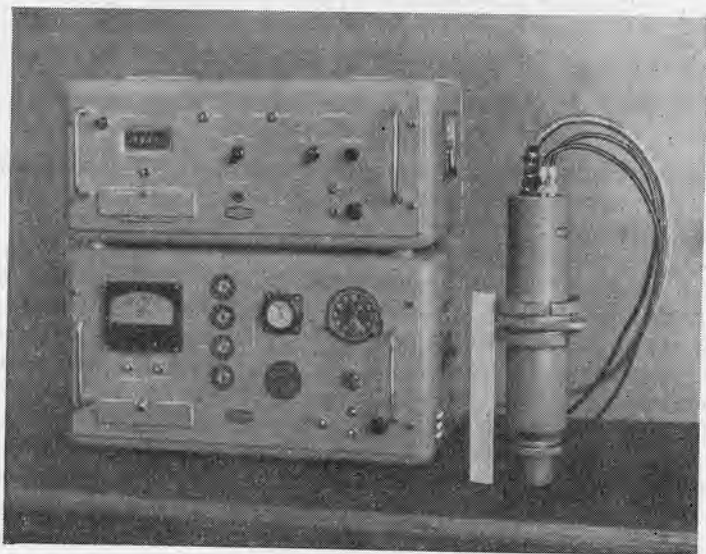


Рис. 48. Внешний вид радиометра РСУ-Т («Объем»).

Экспресс-анализы руды на транспортерах выполняются специальными радиометрами РСУ-Т, показания которых в пределах измеряемых активностей линейны. В таких радиометрах в качестве приемника излучений используют кристаллы  $\text{NaI(Tl)}$  с фотоумножителем ФЭУ-29 или газоразрядные счетчики типа МС. Регистрируют дозу излучения методом абсолютного счета импульсов ЭМСом с пересчетным устройством (рис. 48).

В общем случае измерительная установка состоит из приемника гамма-квантов, транспортерных весов, пересчетной установки с электромеханическим счетчиком, электрочасов, фиксирующих общее время измерения, и пульта автоматического пуска установки (рис. 49). Пульт обеспечивает включение установки синхронно с движением загруженного транспортера.

Измерения на рудопогрузочных транспортерах обычно приходится проводить при повышенном фоне, обусловленном радиоактивным загрязнением эстакад, влиянием рудных бункеров,

складов и железнодорожных вагонов, в которые грузится опробуемая руда. Поэтому при обработке результатов следует учитывать величину нормального фона установки. При настройке

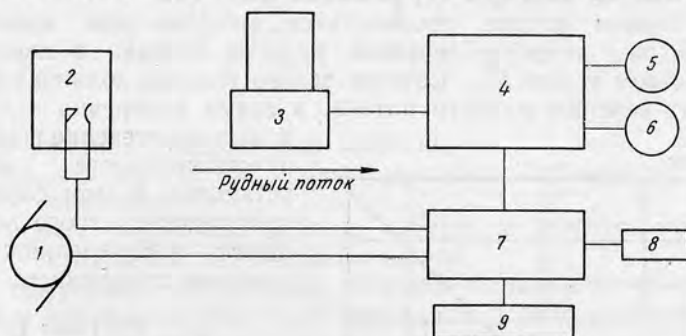


Рис. 49. Блок-схема установки для гамма-экспресс-анализов руд на транспортерах:

1 — мотор транспортера; 2 — датчик весовой нагрузки; 3 — датчик РСУ-Т; 4 — пересчетная установка; 5 — ЭМС; 6 — интенсиметр; 7 — блок-автоматики; 8 — часы; 9 — регистратор.

установки необходимо определить линейность ее характеристики с помощью стандартных радиевых эталонов (рис. 50). Такие из-

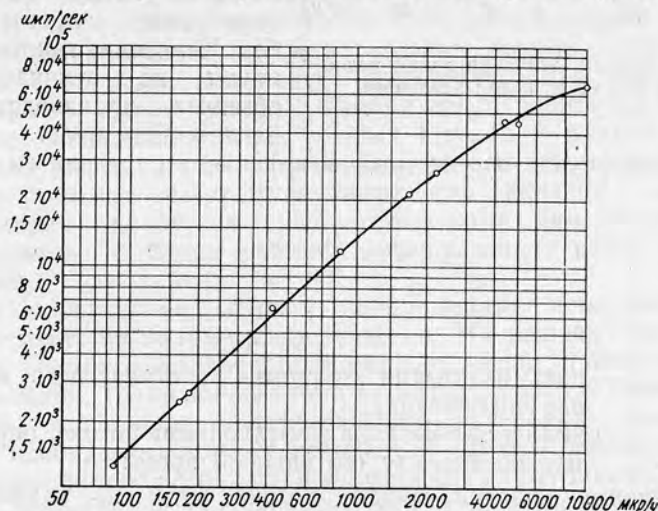


Рис. 50. График градуировки радиометра РСУ-Т стандартными эталонами.

мерения определяют зависимость между интенсивностью излучения в мкр/ч и показанием установки. При этом определяется ширина области линейных показаний прибора.

Для определения коэффициента пересчета  $\eta$  наиболее удобны два способа эталонирования: способ движущегося рудного эталона и способ валового опробования (рис. 51).

В первом случае производятся многократные измерения (20—25 раз) представительного рудного эталона с известным количеством урана  $M_{\text{эт}}$ . Сечение такого эталона должно соответствовать сечению рудного потока, а время измерения — обеспечивать пересечение всей зоны чувствительности датчика установки. В этом случае величина пересчетного коэффициента  $\eta$  определяется следующим отношением:

$$\eta = \frac{D_{\text{эт}}}{M_{\text{эт}}} \left[ \frac{\text{имп}}{\text{кг}} \right], \quad (35)$$

где  $D_{\text{эт}}$  — доза излучения, регистрируемая радиометром.

Второй способ заключается в измерении дозы излучения партии руды, которая после измерения опробуется валовым способом. Измерение такого потока ничем не отличается от обычных производственных экспресс-анализов.

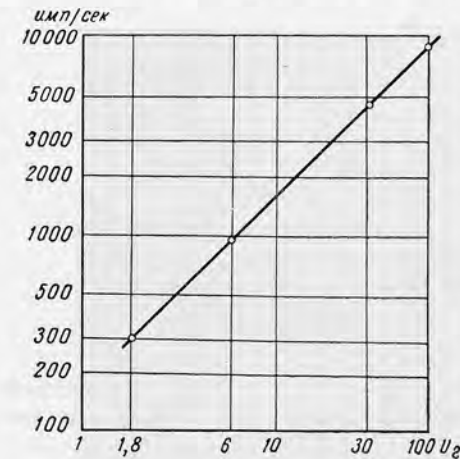


Рис. 51. График эталонирования радиометра РСУ-Т рудными эталонами.

В этом случае пересчетный коэффициент определится соотношением:

$$\eta = \frac{D_{\text{п. вал}}}{M_{\text{вал. пр}}}, \quad (36)$$

где  $D_{\text{п. вал}}$  — доза излучения от потока, поступающего на валовое опробование;

$M_{\text{вал. пр}}$  — количество металла в «эталонном» потоке, определенное по анализу его валовой пробы.

Отдельные участки общего потока руды на транспортере в общем случае не идентичны между собой по сечению, фракционному составу, плотности и влажности материала, по распределению оруденения, по равновесности и эманулирующей способности. Поэтому точность экспресс-анализа связана с двумя группами ошибок: ошибки от физической неоднородности потока и статистические ошибки счета импульсов его гамма-излучения. Статистическая ошибка  $\delta_n$ , которая определяет максимально возмож-

ную точность измерения однородного потока (без учета его изменчивости), рассчитывается по формуле:

$$\delta_n = \pm \frac{\varepsilon_n}{D_{\text{п. ист}}} = \pm \frac{\sqrt{2 + \frac{D_{\text{п. ист}}}{D_{\text{ф}}}}}{\frac{D_{\text{п. ист}}}{D_{\text{ф}}} \sqrt{D_{\text{ф}}}}, \quad (37)$$

где  $\varepsilon_n$  — средняя квадратичная ошибка;

$D_{\text{ф}}$  — доза излучения, соответствующая нормальному фону установки;

$D_{\text{п. ист}}$  — доза излучения рудного потока за вычетом эффекта, создаваемого нормальным фоном.

Из выражения (37) следует, что чем больше доза излучения потока и чем меньше фон радиометра, тем меньше ошибка измерений  $\delta_n$ .

Число опробуемых объемов рудного потока, излучение которых регистрируется транспортерным радиометром, значительно больше, чем при экспресс-анализе того же количества руды в вагонетках или автомашинах. Поэтому точность экспресс-анализов руд на транспортерах при прочих равных условиях выше, чем в емкостях. При измерении на сцинтилляционных установках больших партий (300—500 т) равновесных руд средняя ошибка составляет около 2%, максимальная — 3%; по партиям в 100—300 т средняя ошибка достигает 4—5%, максимальная — 10%.

**Опробование горной массы в закладке.** Горная масса, находящаяся в закладке, опробуется систематически с целью предотвращения потерь металла. Потери могут происходить в результате попадания богатых рудных штуфов и рудной мелочи в закладку через настил при отбойке руды или при местных обрушениях руды на незакрытую поверхность закладки.

Закладка опробуется радиометрическими измерениями непосредственно в блоке методом вычерпывания, реже валовым способом.

При опробовании методом вычерпывания поверхность закладки делят на пятиметровые участки. На каждом участке отбирают порции закладочного материала весом приблизительно 0,3 кг каждая. Точки опробования размещают по сетке 0,5 × 0,5 м. Порции, отобранные с пятиметрового интервала, объединяют в одну пробу, вес которой составляет 9—10 кг и больше. Иногда в узлах сетки пробу отбирают в закопашках на глубине 0,2—0,3 м. Пробы помещают в стандартную тару и направляют на радиометрическую установку типа РКС-3, приспособленную для экспресс-анализа проб с низким содержанием урана (рис. 52).

Опробование закладки иногда ведется выборочным методом, который заключается в следующем: закладку покрывают брезентовыми полотнами (размером в 1 м<sup>2</sup>), которые размещают на расстоянии трех-четырёх метров. Сверху укладывают настил из до-

сок. После обработки слоя настил снимают, а просыпавшуюся на брезент через настил руду собирают, взвешивают и анализируют. Расчет веса потерянной руды и урана ведется на 1 м<sup>2</sup> площади отработанного слоя.

В блоках, из которых намечается выпуск закладки в связи с большими потерями в ней урана, производится отбор валовых проб из закладочного материала и их экспресс-анализ на установке РКС-2.

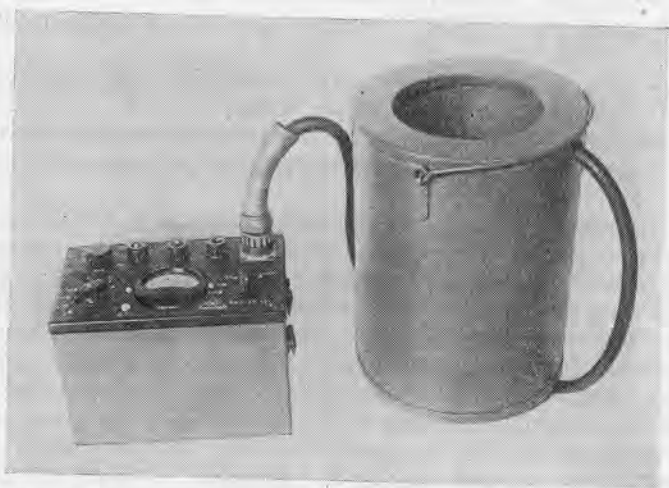


Рис. 52. Внешний вид радиометра РКС-3 (прототип прибора РСР-7), применяемого для экспресс-анализов недробленных проб.

Опробование методом вычерпывания часто заменяют гамма-съемкой поверхности закладки с применением экрана (по технике и интерпретации измерений она подобна радиометрическому опробованию в массиве) или методом зондирования с погружением гильзы радиометра на 30—50 см в закладку. Зондирование аналогично гамма-каротажу шпуров, однако коэффициент пересчета для каротируемого шпура в закладке может несколько отличаться от коэффициента пересчета шпура в целике; как и коэффициент экрана, он должен определяться экспериментально.

**Опробование отвалов.** Опробование отвальной горной массы производится разными способами. Наиболее распространено применение экспресс-анализа горной массы на установках РКС-2, направляемой в отвалах в вагонетках. Учет количества вагонеток, пропущенных через контрольный пункт, и результаты экспресс-анализа дают представление о количестве урана в отвальной горной массе.

В дополнение к этому поверхность отвала периодически покрывается гамма-съемкой с помощью переносных радиометров.



Измерение гамма-излучения производят в точках, расположенных по определенной сетке (например,  $5 \times 5$  м или  $3 \times 3$  м). В участках с повышенной активностью пробы отбирают методом вычерпывания и направляют на установку типа РКС-3 для экспресс-анализа.

Порода, поступающая в отвалы с транспортерных лент после сортировки бедных фабричных руд, опробуется путем периодической отсечки от потока небольших порций. Порции отбирают из расчета 1—1,5 кг на тонну отвальной породы. Порции по сменам объединяют в одну пробу, перемешивают, квартуют до веса в 50 кг и отправляют на радиометрическую установку для определения содержания урана.

### Технологическое опробование

Технологические пробы предназначаются для проведения лабораторных, полужаводских или промышленных испытаний с целью разработки новых или усовершенствования известных методов технологической переработки руд различного типа.

В прямой зависимости от назначения находятся требования к тоннажу технологической пробы. Так, для лабораторных испытаний вес технологической пробы обычно ограничивается десятками или сотнями килограмм, для полужаводских — тоннами, десятками и первыми сотнями тонн, для заводских — сотнями и тысячами тонн.

Руды, перерабатываемые одним и тем же способом и при одном и том же технологическом режиме, должны опробоваться как один технологический тип или сорт.

Выделение технологических типов и сортов на месторождении целесообразно производить только в тех случаях, если они занимают существенное место в общем балансе запасов месторождения и в процессе отработки могут извлекаться отдельно. Технологическая проба должна быть представительной по всем основным показателям. Для этого места отбора технологических проб намечают по материалам разведки и геологической документации. Обычно пробы отбирают в той части рудного тела или месторождения в целом, которая будет обрабатываться в ближайшие три-пять лет.

При отборе проб с участков, находящихся в стадии детальной разведки, технологические пробы могут быть взяты из керна буровых скважин или в забоях разведочных выработок путем задирок или небольших углубок по всей мощности рудного тела.

Частные пробы должны по возможности равномерно размещаться в нескольких пунктах (от 10—15 до 50) в той части рудного тела, которую надлежит охарактеризовать. На месторождениях с равномерным распределением металла количество частных проб может быть сокращено. Перед отбойкой пробы необходимо провести радиометрические измерения и убедиться в том, что



среднее содержание урана отклоняется не более чем на  $\pm 20\%$  от заданного.

В разрабатываемых участках технологическую пробу берут из отбитой рудной массы с сохранением кусковатости руды, получающейся при ведении горных работ. В этом случае в пробу можно отбирать руду, поступающую в вагонетках из действующих забоев (если количество последних достаточно велико и они в момент пробоотбора не сосредоточены на ограниченном участке, не типичном для месторождения).

Для того чтобы избежать ошибки за счет суточных колебаний содержания урана в руде, отбор проб из действующих забоев должен производиться в течение нескольких суток. Если при отборе проб обнаружится, что руда в забое пошла заметно худшего или лучшего качества, что может резко отразиться на среднем содержании урана в общей пробе, то опробование надо перенести в другой забой. Для крупных заводских испытаний пробы из очистных пространств берут в течение нескольких суток. Если объем суточной добычи намного превышает объем, необходимый для испытания, то в пробу поступает не вся руда, а только ее представительная часть, отобранная по-вагонеточно.

Если на руднике при эксплуатации производится рудоразборка, а необходимость в ней не вызывает сомнений и не требует подтверждения полузаводскими испытаниями, то технологическая проба может быть рассортирована на руднике обычным порядком, но с обязательным анализом хвостов, направляемых в отвал. Качество руды, отобранной в технологическую пробу, проверяют радиометрическими замерами одним из описанных выше способов (аналогично опробованию отбитой руды, закладки, отвалов).

Отобранные технологические пробы сопровождаются паспортами, в которых подробно указываются места взятия проб, способы отбора, веса проб и содержание урана, а также дается полная характеристика отобранного типа или сорта руды. К паспорту прилагаются графические материалы, на которых показаны места отбора частных проб в выработках, и зарисовки опробованных забоев.

### **Лабораторные анализы порошковых проб**

После соответствующей обработки пробы направляют на анализ в химическую или радиометрическую лабораторию. Химическим путем анализируют главным образом контрольные пробы или пробы, в которых должны быть определены полезные спутники и вредные примеси.

Рядовые пробы, при определении в них только одного урана, анализируют радиометрическим способом. В этом случае за химическим анализом сохраняются только контрольные функции (5—10% от общего числа проб). Радиометрические анализы, не

уступая по точности химическим, значительно превосходят их по скорости, простоте выполнения и дешевизне.

Радиометрические анализы основаны на сравнении радиоактивности пробы и эталона. Наиболее универсальным является комплексный бета-гамма-метод, позволяющий определять содержание урана в урано-ториевой и урановой, равновесной и неравновесной или эманулирующей руде [78]. Измерения радиоактивности по бета- и гамма-лучам обычно выполняются на специальных лабораторных установках с импульсной регистрацией излучения. Наиболее удобной для массовых измерений является установка типа Б со специальными датчиками.

В качестве датчиков при бета-измерениях используют тонкостенные счетчики типа АС-1, АС-2, СТС-5, СТС-6 и стеклянные счетчики типа МС. При гамма-измерениях — счетчики типа МС, ВС или СТС и сцинтилляционные счетчики.

Для уменьшения нормального фона счетчик и измеряемая проба (или эталон) экранируются свинцовыми домиками различной формы и размеров (в зависимости от особенностей датчика). В качестве эталонов используются руды разного состава и с различным содержанием урана. Практически для анализов всех типов руд достаточно иметь три группы эталонов, приготовленных из силикатных или карбонатных урановых руд, из ураноугольных и сульфидных руд.

Бета- и гамма-излучения урановой руды определяются следующей системой уравнений:

$$\left. \begin{aligned} A_{\beta} &= aU + bRa, \\ A_{\gamma} &= mU + nRa. \end{aligned} \right\} \quad (38)$$

Для урано-ториевой руды это уравнение будет иметь следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} A_{\beta} &= U + \beta Th, \\ A_{\gamma} &= U + \gamma Th, \end{aligned} \right\} \quad (39)$$

где  $A_{\beta}$  и  $A_{\gamma}$  — радиоактивность проб соответственно по бета-гамма-лучам, выраженная в единицах равновесного урана;

$U$ ,  $Ra$ ,  $Th$  — содержание урана, радия и тория в пробах (в процентах равновесного урана);

$a$ ,  $b$ ,  $m$ ,  $n$  — коэффициенты, показывающие долю бета- или гамма-излучения данного элемента от общего излучения урано-радиевого ряда ( $a + b = 1$  и  $m + n = 1$ );

$\beta$ ,  $\gamma$  — урановые эквиваленты тория по бета- и гамма-лучам.

Радиометрический анализ неравновесных урановых руд основан на том, что почти все гамма-излучение равновесного ряда урана принадлежит короткоживущим продуктам распада ра-

дона — Ra (B + C), а бета-излучение связано как с дорадиевыми продуктами распада (UX<sub>2</sub>), так и с продуктами распада радона (табл. 12).

Таблица 12

Спектральная чувствительность газоразрядных счетчиков различных типов

Излучатель	Тип счетчика					
	МС		ВС		АС	
	β-излучение	γ-излучение	β-излучение	γ-излучение	β-излучение	γ-излучение
UX	51,2	5,1	48,6	8,5	47,0	2,0
Ra (B + C)	47,0	94,9	49,2	91,5	44,6	98,0
RaE	1,8	—	1,5	—	8,4	—

Радиометрический анализ урано-ториевых руд основан на разнице в урановых эквивалентах тория по гамма- и бета-лучам.

Каждую из систем (37) и (38) в общем виде можно представить формулой:

$$u = (1 + a) A_{\beta} - A_{\gamma}, \quad (40)$$

где  $u$  — содержание урана в пробе, %.

При анализе урановых неравновесных руд коэффициент  $a$  равен

$$a = \frac{1}{K - 1}, \quad (41)$$

где  $K_{\gamma}$  — отношение гамма-излучения радия с продуктами распада (в единицах равновесного урана) к бета-излучению тех же элементов.

Для этого случая  $K$  практически определяется по формуле:

$$K = \frac{u - u_{\gamma}}{u - u_{\beta}}, \quad (42)$$

где  $u$  — известное содержание урана в эталоне;

$u_{\beta}$ ,  $u_{\gamma}$  — активность эталона по бета- и гамма-лучам в процентах равновесного уранового эталона.

При анализе урано-ториевых руд коэффициент  $a$  выражается через урановый эквивалент тория по бета- и гамма-лучам и может быть представлен в виде:

$$a = \frac{\beta}{\gamma - \beta}. \quad (43)$$

Опытом установлено, что в случае равенства отношения коэффициентов установки, определяемых при анализе неравновесных

и урано-ториевых руд, численные значения коэффициентов  $a$  для неравновесных урановых и равновесных урано-ториевых руд практически равны. Наибольшего сближения равенства  $\frac{n}{b} = \frac{\gamma}{\beta}$  можно достичь при измерении на сцинтилляционном счетчике. В случае достижения этого равенства можно достаточно точно определить содержание урана даже в урано-ториевой руде с нарушенным равновесием между радием и ураном.

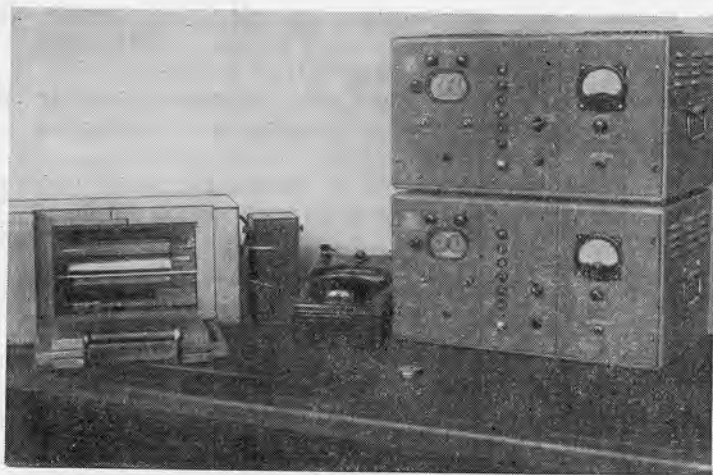


Рис. 53. Общий вид двояной установки типа Б для комбинированных бета-гамма-анализов (по И. П. Шумилину).

При бета-гамма-анализе проб измерения интенсивности бета- и гамма-излучений следует проводить одновременно из одной навески на двояной установке типа Б с двумя группами счетчиков, между которыми помещается измеряемая проба [78].

Верхняя группа счетчиков регистрирует суммарное бета-гамма-излучение, а нижняя — только гамма-излучение (рис. 53).

Вычисление эквивалентного содержания урана в пробе по бета- и гамма-лучам производится по формулам:

$$A_{\beta} = q_{\text{эт}} \frac{I_{\beta \text{ пр}}}{I_{\beta \text{ эт}}}, \quad (44)$$

$$A_{\gamma} = q_{\text{эт}} \frac{I_{\gamma \text{ пр}}}{I_{\gamma \text{ эт}}} \cdot \frac{P_{\text{эт}}}{P_{\text{пр}}}, \quad (45)$$

где  $I_{\beta \text{ пр}}$ ,  $I_{\gamma \text{ пр}}$ ,  $I_{\beta \text{ эт}}$ ,  $I_{\gamma \text{ эт}}$  — соответственно бета-гамма-активности пробы и эталона с учетом фона,  $\text{имп/мин}$ ;  
 $q_{\text{эт}}$  — содержание урана в эталоне, %;  
 $P_{\text{пр}}$  и  $P_{\text{эт}}$  — вес измеряемых пробы и эталона.

Дальнейший расчет содержания урана в пробе ведется по формуле (39).

Обычно при анализе равновесных, неманирующихся урановых руд, где  $A_{\beta} = A_{\gamma}$ , применяют бета- или гамма-метод. По бета-измерениям проб и эталонов, которые производятся в толстых, насыщенных для бета-лучей слоях ( $1,5 \text{ г/см}^2$ ), содержание урана вычисляют по формуле (43).

Гамма-измерения проб и эталонов производят в ненасыщенных для гамма-лучей слоях такой толщины, при которой самопоглощением излучения в них можно пренебречь (толщина такого слоя составляет  $1-2 \text{ г/см}^2$ ). В этом случае содержание урана в пробе рассчитывают по формуле (44).

Для правильного выбора методики радиометрических работ необходимо знать состояние радиоактивного равновесия и эманную способность руд.

Коэффициенты эманирования и радиоактивного равновесия рассчитываются по следующим формулам:

$$K_{\text{эм}} = \frac{Ra - A_{\gamma_0}}{Ra} \cdot 100\% \quad (46)$$

и

$$K_{\text{р. п}} = \frac{Ra}{3,4 \cdot 10^{-7} u} \cdot 100\% \quad (47)$$

где  $u$  — содержание урана в пробе, рассчитанное по результатам комбинированных бета-гамма-измерений (формула 39);  $A_{\gamma_0}$  — результат гамма-измерений негерметизированной пробы, процент равновесного урана;

$Ra$  — содержание радия в пробе, процент равновесного урана.

Содержание радия в пробе, помимо радиохимического анализа, можно определить по гамма-измерениям герметизированного равновесного эталона и пробы. Измерения пробы производят до герметизации и через ряд интервалов времени после герметизации. Расчет содержания в этом случае ведут по следующей формуле:

$$Ra = A_{\gamma_0} + \frac{A_{\gamma_{\text{п}}} - A_{\gamma_0}}{1 - e^{-\lambda t_{\text{п}}}}, \quad (48)$$

где  $A_{\gamma_0}$ ,  $A_{\gamma_{\text{п}}}$  — результаты гамма-измерений пробы до и после ее герметизации, процент равновесного урана;

$t_{\text{п}}$  — промежуток времени между предыдущим и последующим измерениями пробы;

$\lambda$  — постоянная распада радона.

Количество радона в пробе может быть рассчитано также по результатам ее гамма- или гамма-бета-измерений.

Если  $K_{p.p} > 40-50\%$ , то количество радона рассчитывают по формуле:

$$Rn = \frac{A_{\gamma} \cdot K_{p.p. \text{эт}}}{100} \% \quad (49)$$

Если  $K_{p.p} < 40\%$  — по формуле:

$$Rn_1 = \frac{1}{b-1} (bA_{\gamma} - A_{\beta}), \quad (50)$$

где  $b = \frac{u_1}{u_2}$  — отношение эталонных эквивалентов урановой компоненты по бета- и гамма-лучам;

$A_{\beta}$  и  $A_{\gamma}$  — активность пробы по бета- и по гамма-излучению, процент равновесного урана;

$K_{p.p. \text{эт}}$  — коэффициент равновесия между радоном и ураном в эталоне.

При расчетах по формуле (49) вводят дополнительную поправку на коэффициент равновесия эталона. Для этого используют формулу (48), в которую вместо  $A_{\gamma}$  подставляют значение  $Rn_1$ .

Описанным способом достаточно надежные результаты определения содержания радона и радия, а также коэффициентов радиоактивного равновесия и эманирования могут быть получены только для урановых руд, практически не содержащих тория

$$\frac{Rn}{Th} \geq 8-10.$$

### Основные причины ошибок в опробовании

Ошибки в опробовании могут быть случайными и систематическими [79]. Случайные ошибки объясняются главным образом небрежной работой пробщиков и неисправностью радиометрических приборов. При хорошем надзоре со стороны рудничных геологов и геофизиков, отвечающих за опробование на руднике, эта категория ошибок легко устранима и существенной роли не играет.

Систематические ошибки могут быть связаны с недостатками, которые кроются в основе методов отбора, разделки и анализа проб. Например, при отборе проб бороздовым или задириковым способом ошибки возможны из-за того, что сечение борозды или задири не выдерживается постоянным при переходе из мягких пород в крепкие, из монолитных в разрушенные, из участков с богатым оруденением в участки с более низким содержанием урана. Кроме того, при отбойке проб в коренных породах возможно выкрашивание из забоя и попадание в пробу более мягких и порошковых урановых минералов.

При валовом опробовании на участках с богатым, хорошо видимым гнездовым оруденением в пробу нередко отбирается ма-



Тернала больше, чем обычно, из-за желания не оставлять богатую руду в забое или кровле выработки. По-видимому, этим объясняется наблюдаемое завышение результатов валового опробования при высокой продуктивности и, наоборот, занижение при малой продуктивности рудного тела. При отборе проб от керна ошибка может быть систематической за счет избирательного истирания и вымывания порошковатых рудных минералов в процессе бурения.

Отбор проб методом вычерпывания приводит к занижению или завышению результатов в том случае, если гранулометрический состав отобранной пробы не отвечает гранулометрическому составу отбитой руды. Ошибка возникает из-за того, что хрупкие урановые минералы при отпалке и транспортировке руды выкрашиваются и обогащают мелочь. Неравномерное распределение урана в крупных и мелких классах может привести к ошибкам и при экспресс-анализе руды в емкостях, особенно если замеры производятся переносными радиометрами только с верхней открытой стороны вагонетки, машины или ящика.

Надежность методов опробования контролируется путем сравнения результатов, получаемых при разных способах отбора проб, и сопоставления их с данными добычи. Сопоставление методов опробования производится только по совокупности основных и контрольных проб, так как одиночные пробы, как бы тщательно они ни отбирались, всегда различаются между собой из-за неравномерности оруденения.

Опыт показывает, что надежность определения средних содержаний, вычисленных по пробам, зависит не столько от способа опробования и от объема частных проб, сколько от количества и равномерности их распределения в опробуемом объекте. На некоторых урановых месторождениях с целью контроля в серии забоев отбирались пробы бороздами обычного сечения ( $10 \times 5$  см) и тут же, вплотную к ним, отбивались по одной или по две контрольные борозды такого же сечения. Сопоставление результатов давало расхождение между отдельными спаренными пробами до 30—40 раз. Среднее же содержание, вычисленное по 30—40 основным пробам, отклонялось от среднего, вычисленного по такому же количеству контрольных проб, не более чем на  $\pm 10$ —20%.

Контроль бороздовых проб валовыми показал, что уже при десяти валовых пробах средние содержания практически совпадают (расходятся не более чем на  $\pm 5\%$ ), несмотря на отклонения в 1,5—2 раза между частными пробами. Средние значения радиометрических измерений в забоях при 25—30 пробах отклонились от средних по бороздовому опробованию на 10%, при расхождении между частными пробами в 2—4 раза. Гамма-каротаж скважин по 25—30 замерам показал расхождение с ядерным опробованием на  $\pm 7\%$ , при расхождении по отдельным интервалам в 1,5—2 раза. Эти опыты указывают на то, что все методы опро-

бования при известных условиях являются взаимозаменяемыми, даже если расхождения между частными пробами будут существенными.

На урановых месторождениях схемы обработки проб составляются по формуле Чечотта с коэффициентом  $K$ , равным 0,2—0,5. Экспериментальные работы, проведенные на многих месторождениях, показывают, что коэффициенты эти выбраны с большим запасом, исключаяющим ошибки за счет сокращения. Однако при разделке проб ошибки могут происходить вследствие небрежности в квартовании, недостаточной зачистки дробильных агрегатов и проборазделочных площадок.

При использовании радиометрических методов на точность опробования может повлиять неучтенное нарушение радиоактивного равновесия, изменение эманлирующей способности руд и появление повышенного содержания тория в руде, а также ошибки, допущенные при эталонировании приборов, определении коэффициентов пересчета и т. д. Значение таких ошибок можно существенно снизить тщательным подбором соответствующих эталонов и систематическим контролем опробования.

Кроме того, при радиометрических измерениях могут возникать ошибки по техническим причинам (например, нарушение стабильности работы радиометра) и из-за небрежности в работе оператора (ошибки в отчетах, отступление от установленных норм в отношении количества точек и времени измерения). Ошибки за счет небрежности в работе при замерах отбитой руды могут быть в значительной мере устранены путем замены переносных радиометров стационарными многосчетчиковыми установками.

На точность радиометрических измерений оказывает влияние влажность руды. Величина ошибки от влажности устанавливается экспериментально. Если ошибка постоянна и превышает допускаемые нормы, то в результаты экспериментальных исследований вводят поправочные коэффициенты.

В районах с резко континентальным климатом значительные колебания температуры могут существенно сказываться на режиме работы радиометров. В этих условиях обычно используют счетчики типа МС или СТС, обладающие низким температурным коэффициентом.

Ошибки химико-аналитических и радиометрических лабораторий выявляются при повторных анализах дубликатов проб, периодически направляемых в зашифрованном виде в основную (внутренний контроль) и в арбитражную (внешний контроль) лаборатории. Если основным методом анализа является радиометрический, то в качестве контрольных используется как радиометрический, так и химический методы. Химические анализы контролируются химическими же.

Дубликаты проб, направляемые на контрольный анализ, должны отбираться с таким расчетом, чтобы среди них в равной степени были представлены пробы с высокими, рядовыми и низ-

кими содержаниями. По существующему положению число контрольных проб должно составлять 5—10% от общего числа проб, но не менее 30—50 проб по каждому классу или типу руды. Сопоставление основных и контрольных анализов между собой позволяет решить вопрос о достоверности основных анализов. В последнее время широко распространение получил метод сопоставления анализов с вычислением средних квадратичных отклонений, коэффициента корреляции, коэффициента вероятности, среднего значения систематической ошибки и степени точности определения [63].

При большом количестве контрольных проб такие вычисления становятся слишком трудоемкими и поэтому вызывают справедливые возражения со стороны многих рудничных геологов. В таких случаях можно ограничиваться более простыми способами. Например, для практических целей вполне достаточно определить по каждой пробе величину абсолютного и относительного отклонения рядового анализа от контрольного и сравнить средние содержания, вычисленные по сумме рядовых и контрольных проб. Для наглядности сопоставление основных и контрольных анализов можно выполнить графически.

Форма сопоставления данных основных и контрольных анализов

Номер пробы		Результаты анализов		Отклонения	
конт- роль- ных	рядо- вых	контроль- ных, $a$	рядовых, $b$	абсолютные (+, -), %	относительные (+, -), %
		$\sum a$	$\sum b$	$\sum + (a - b)$ $\sum - (a - b)$	—
		$\frac{\sum a}{n} = x_a$	$\frac{\sum b}{n} = x_b$	—	$\frac{(x_a - x_b)}{x_a} \cdot 100$

Б. И. Галкин в 1956 г. предложил номограмму для определения вероятности систематической ошибки в анализах по соотношению плюсовых и минусовых отклонений. Этот метод менее трудоемкий, чем метод вычисления средних квадратичных отклонений, но и он не является достаточно объективным, так как зависит от подбора сопоставляемых проб.

Среднее по рядовым пробам должно быть близким к среднему содержанию по контрольным анализам, а значение  $\frac{(x_a - x_b)}{x_a} \cdot 100$  не должно превышать допустимого предела средней погрешности анализа. В противном случае анализы основной лаборатории должны быть поставлены под сомнение.

Несмотря на хорошую сходимостъ средних значений всегда следует обращать внимание на величину относительной ошибки каждого отдельного анализа, так как именно эти ошибки наиболее наглядно отражают надежность работы основной лаборатории. При отсутствии систематических ошибок в анализах число отклонений с положительным знаком должно быть близким или равным числу отклонений с отрицательным знаком. Резкое преобладание одного знака над другим будет указывать на систематическое завышение или занижение анализов рядовой лаборатории и на необходимость введения поправочного коэффициента.

Качество анализов на уран признается удовлетворительным, если случайные относительные погрешности не превышают 3—5% при содержании урана выше 1%, или 5—7% при 1—0,1% и 15% при содержаниях менее 0,1%. Для большей части проб расхождения между основным и контрольным определением должны быть не выше 10—20%.

Качество работы химических и радиометрических лабораторий можно систематически контролировать при помощи эталонных проб. Эталонные пробы готовят с особой тщательностью из разных типов и сортов руд. Содержание урана в них определяют химическим и радиометрическим методами в центральных арбитражных лабораториях. Контроль сводится к периодической выдаче каждому работнику-аналитику навески в зашифрованном виде, взятой от эталонной пробы, и к сопоставлению полученных результатов с паспортом эталона. Таким способом легко определяют методические и субъективные ошибки в анализах [75].

#### 4. СОРТИРОВКА, ОБОГАЩЕНИЕ И ШИХТОВКА РУД

Резкие колебания содержаний урана в руде отрицательно отражаются на технологическом режиме и на производительности перерабатывающих заводов и в конечном счете на себестоимости извлекаемого металла.

Для того чтобы можно было поддерживать качество руды на установленном уровне, а также с целью рационального использования низкосортных руд, на рудниках применяется сортировка, совмещаемая иногда с обогащением и шихтовкой руды. По сортам руды делятся на богатые (штуфные), товарные, фабричные и забалансовые. С этой целью при опробовании и составлении геолого-геофизической документации разведочно-подготовительных выработок и очистных забоев составляются сортовые планы. По этим планам определяется среднее содержание и количество урана в блоке, устанавливается последовательность отработки, обеспечивающая добычу руды заданного качества и составляются календарные планы — графики очистных работ [25, 51].

Если в процессе добычи намеченный состав руды не выдерживается, тогда прибегают к форсированной отработке одних

блоков и замедленной других, чем и достигают поддержание необходимого качества товарной руды.

Однако такой способ поддержания качества возможен только в условиях широкого фронта работ (при 6—10 блоках, находящихся в отработке одновременно) и при наличии достаточного количества резервных блоков (не менее 20—25% от числа действующих).

К числу мероприятий, обеспечивающих получение руды заданного качества и одновременно направленных на уменьшение потерь и разубоживания, как уже указывалось, относятся различные способы сортировки и обогащения руды. Урановые руды делятся на легкосортируемые (контрастные руды) и трудносортируемые (неконтрастные). Первые особенно типичны для месторождений пятой морфологической группы, а вторые — для первой и второй. Руды других типов месторождений по сортируемости занимают промежуточное положение.

В тех случаях, когда имеется возможность вести селективную добычу, сортировка руды фактически начинается еще до ее отпалки или отбойки. С этой целью в забое на основании радиометрических промеров намечаются контуры рудного тела и отдельных сортов руды. В соответствии с разметкой производится раздельная отбойка руды. Отбитая руда сортируется непосредственно в забоях, на складах готовой продукции, в отвалах или на рудных дворах.

Наиболее простым, но малопроизводительным способом является ручная радиометрическая сортировка, которая сводится к рудоразборке горнорудной массы по ее радиоактивности. Радиоактивность отдельных штуфов и порций горнорудной массы устанавливают переносными гамма-радиометрами.

Более эффективной и производительной является автоматическая радиометрическая сортировка специальными рудоразборочными радиометрами (рис. 54). Технологический комплекс радиометрического контроля и сортировки руды на поверхности для одноподъемной двухклетевой шахты представлен на рис. 55.

Радиотехническая часть рудосортировочных машин состоит из кассеты с газоразрядными или сцинтилляционными счетчиками, из пульта управления с регулировкой чувствительности установки, блока питания и релейного блока. Рудоразборочный радиометр, в отличие от других радиометрических приборов, имеет схему с пороговым срабатыванием от определенного числа импульсов или от заданного среднего тока интегрирующего контура.

При некоторой предельной величине заряда конденсатора или среднего тока в интегрирующем контуре, обусловленного радиацией сортируемого материала, срабатывает исполнительное реле; в этот момент автоматически включается разделительный или сбрасывающий механизм (например, затвор рудоспуска), направляющий поток руды. Если предельная величина заряда



не достигнута; автомат не включается и сортируемый материал разгружается независимо от релейного блока.

Конечным результатом этого процесса является разделение сортируемой массы на концентрат и отвальные хвосты (рис. 56). Такой радиометрической сортировке предшествует грохочение горнорудной массы с разделением на классы ( $-150$ ) — ( $+80$ ) мм; ( $-80$ ) — ( $+50$ ) мм; ( $-50$  мм). Последний класс обычно не сорти-

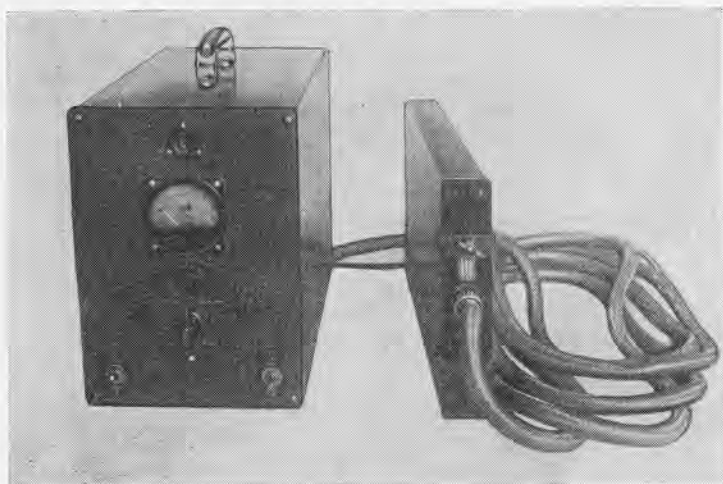


Рис. 54. Общий вид рудоразборочного радиометра «Вятка».

руют. Сортировка может вестись при непрерывном потоке горнорудной массы, при порционной или покусковой подаче.

Наиболее производительна сортировка непрерывного потока, применимая для обогащения высококонтрастных руд. Порционную и покусковую сортировку применяют при обогащении руд со средней и низкой радиоактивной контрастностью.

Для сортировки в настоящее время применяют транспортные, карусельные и ковшевые конструкции. На транспортных машинах слой сортируемого материала толщиной в 10—15 см в виде непрерывного потока, отдельными порциями или кусками движется над кассетой с газоразрядными (РАС и другие) или сцинтилляционными (РСР-56, РСР-4) счетчиками.

В ковшевой машине счетчики радиометра располагаются в специальной кассете под ковшами с сортируемым материалом.

Карусельные машины состоят из круглой площадки, разбитой на сектора (ячейки), в которые загружается сортируемый материал. Под каждой ячейкой помещается датчик со счетчиками. Все датчики соединены с общим пультом управления. Особенность карусельной установки состоит в том, что измерение радио-



активности производится при относительном покое измеряемой порции руды (или куска) и датчика. Время замера каждой порции на карусельной установке в пять—десять раз больше, чем на движущихся транспортерах, а чувствительность карусельных

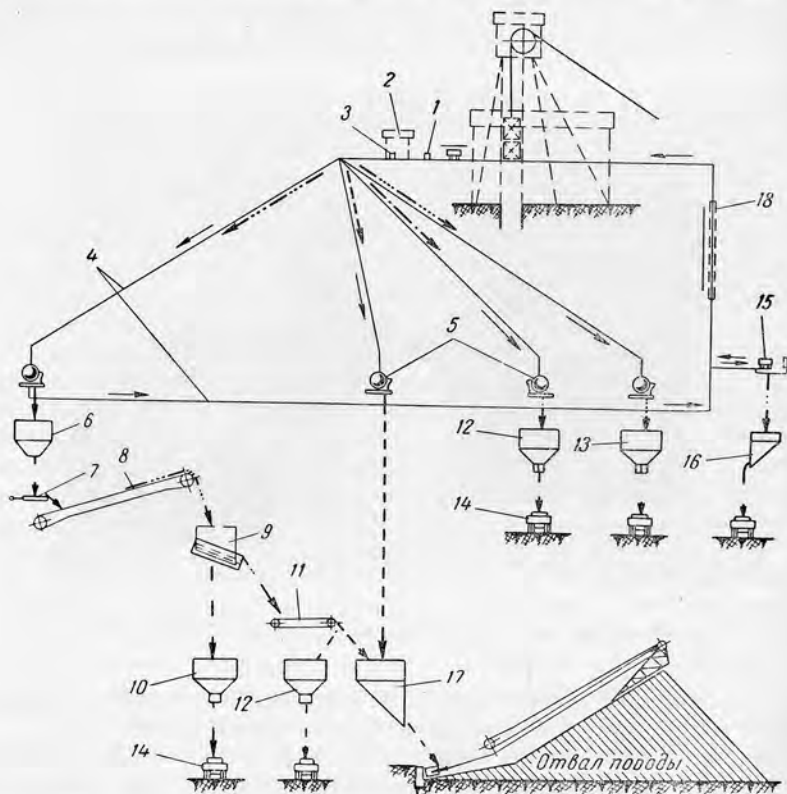


Рис. 55. Схема цепи механизмов радиометрического контроля и сортировки руды на поверхности для одноподъемной двухклетевой шахты:

1 — дозирующий стопор; 2 — автоматическая контрольная станция (АКС); 3 — стопор; 4 — узкоколейный путь; 5 — круговой опрокидыватель; 6 — перегрузочный бункер малоактивной массы; 7 — питатель; 8 — ленточный транспортер; 9 — грохот; 10 — бункер активной мелочи; 11 — ленточный транспортер с установкой РАС; 12 — бункер промежуточного продукта; 13 — бункер бедной товарной руды; 14 — автомашина-самосвал; 15 — лобовой опрокидыватель; 16 — бункер активной мелочи; 17 — бункер породы; 18 — компенсатор. а — порода; б — промпродукт; в — активная мелочь; г — забалансовая руда; д — бедная товарная руда.

машин выше. Относительно малая распространенность карусельных установок объясняется их более сложной конструкцией.

С целью повышения чувствительности рудосортировочных машин применяют экранирование датчиков. При сортировке богатых контрастных руд применяют свинцовый экран толщиной

в 10—20 мм, при сортировке бедных малоcontrastных руд и отвальных хвостов — экран толщиной 20—30 мм, который дополняется еще внешним массивным экраном из свинца, чугуна или бетона (рис. 57).

Настройка радиометра заключается в регулировке чувствительности и времени отбора руды механизмом при каждом срабатывании управляющего реле. Производят ее с помощью рудных эталонов различного веса и с различным содержанием равно-

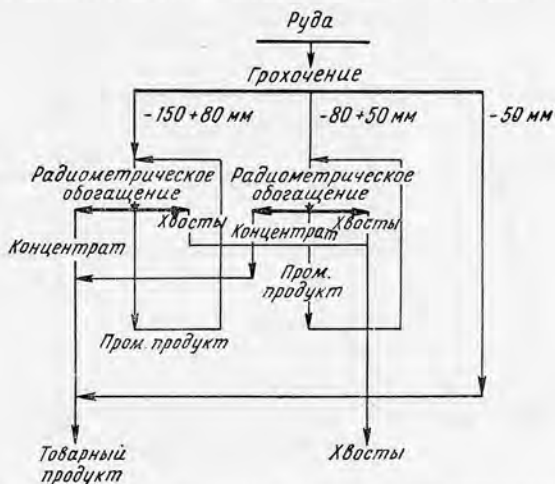


Рис. 56. Технологическая схема радиометрического обогащения руд.

весного урана. Навеска эталонной руды, измельченной примерно до 0,15 мм, подбирается в соответствии со средним весом куска или порции сортируемой руды. Содержание урана в эталоне должно отвечать нижнему пределу, по которому разделяют обогащаемые массы на сорта. Эталоны упаковываются в мешочки из плотной бумаги (крафт-мешки) или ткани. Перед пуском эталонов на сортировочную машину производят отсчет срабатывания радиометра за счет фона не менее чем на 3 мин. Число фоновых срабатываний не должно превышать 10—20% относительно срабатывания от эталона. После этого через машину многократно (около 100 раз) пропускают эталон.

Регулировка радиометра производится двумя переменными сопротивлениями. Одним из них меняют чувствительность радиометра, другим — время отбора. Например, при настройке радиометра на отбор руды с содержанием 0,2% урана добиваются такого режима, при котором вероятность попадания эталона с 0,15% урана в приемник концентрата равна 100%. При настройке на отбор руды с содержанием 0,03% урана, эталон с содержанием 0,015—0,03%, вероятность попадания в рудный прием-

ник должна быть не менее 80%. Если радиометр пропускает в «хвосты» более 20% эталонов, то повышают его чувствительность и снова проводят серию опытов с сортировкой эталонов. Для контроля через установку пропускают эталоны с содержанием ниже установленной кондиции; эти эталоны при сортировке не должны попадать в рудный приемник.

Кривые вероятности отбора эталонов в концентрат приведены на рис. 57.

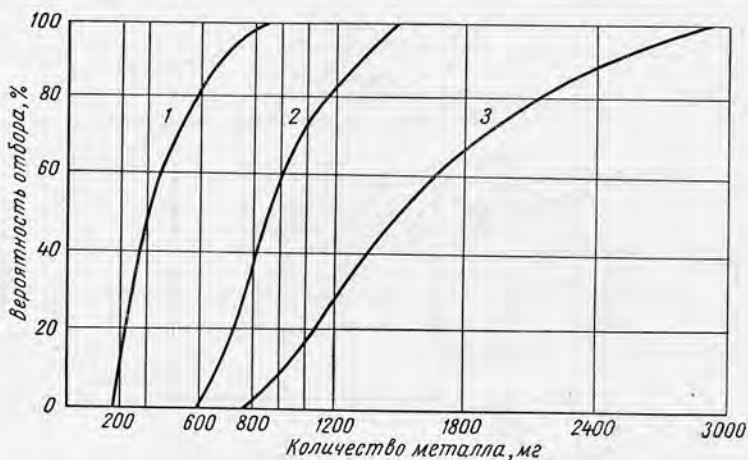


Рис. 57. Вероятность отбора эталонов в отсек концентрата в зависимости от количества содержащегося в них металла:

1 — класс (-75) — (+50) мм; 2 — класс (-100) — (+75) мм; 3 — класс (-150) — (+100) мм.

Результаты эталонирования заносятся в таблицу и служат характеристикой чувствительности машины при данной настройке радиометра.

Так как эталоны не полностью соответствуют форме кусков руды, характеру распределения в них урана и т. д., то окончательная настройка радиометра производится непосредственно при обогащении руды. Для этого от концентрата и хвостов, выдаваемых установкой, отбирают 20—30 случайных кусков и определяют в них радиоактивность. По этим результатам судят о чистоте сортировки. Кроме того, качество получаемых отвальных хвостов контролируется их радиометрическими промерами на установках РКС-2. Если содержание урана в хвостах оказывается выше заданного, то сортировочный радиометр настраивают на большую чувствительность. Одновременно с чувствительностью регулируется и время отбора.

Если на сортировку поступает более или менее однородная по обогатимости рудная масса, то рудоразборочный радиометр может

работать стабильно в течение нескольких смен. При нарушении однородности машину регулируют дополнительно.

Партии товарной руды после сортировки, радиометрического обогащения или непосредственно после выдачи из забоя комплектуют с помощью установок РКС на рудном складе шахты и транспортируют на рудный склад объекта, где дополнительно проверяют количественным гамма-экспресс-анализом на РКС с последующим складированием руды по сортам. В случае необходимости окончательному складированию предшествует шихтовка рудного материала.

---

## ГЛАВА IV

### УЧЕТ ДВИЖЕНИЯ ЗАПАСОВ И ПЛАНИРОВАНИЕ ДОБЫЧИ

#### 1. УЧЕТ ПОТЕРЬ И РАЗУБОЖИВАНИЯ

К потерям относится та часть балансовой руды, которая при добыче по тем или иным причинам остается в массиве, целиках, закладке или отвалах и в дальнейшем не извлекается совсем (безвозвратные потери) или извлекается частично (возвратимые потери) [5, 46, 48, 59, 60].

Разубоженной считается руда, засоренная при добыче пустой породой или горной массой с некондиционным содержанием. Разубоживание снижает технологические качества руды, вызывает дополнительные затраты на ее транспортировку и переработку, что повышает себестоимость извлекаемого урана. При значительном разубоживании бедных руд последние могут попасть в разряд некондиционных. Потери металла при добыче наносят народному хозяйству огромный ущерб. По данным А. А. Сергеева, касающимся некоторых рудников цветной металлургии и угольной промышленности, непроизводительные затраты в связи с потерями достигают многих миллионов рублей в год по каждому руднику [60].

Сложная морфология рудных тел, отсутствие четких границ с вмещающими породами, обилие рудоносных апофиз и прожилков создаст предпосылки для значительных потерь урана при добыче. Особенно большая опасность увеличения потерь возникает при переходе на высокопроизводительные системы разработки (см. табл. 5).

В связи с этим борьба с потерями и разубоживанием на урановых рудниках является важнейшим разделом работы рудничных геологов и геофизиков. Борьба за снижение потерь и разубоживания предусматривает ежемесячный учет добытой руды, фактических потерь и разубоживания. Наиболее действенным средством считается учет, проводимый по каждому рабочему блоку и рудному телу.

Учет фактически добытой руды ведется путем взвешивания ее в вагонетках в момент определения в ней содержания урана на установках РКС. Учет добытой руды отдельно по блокам проводят по вагонеткам при помощи деревянных бирок, помещаемых в каждую вагонетку сверху после ее загрузки рудой, или при помощи постоянных металлических жетонов, привешиваемых к вагонеткам. На деревянных бирках и жетонах записывают номер блока, из которого доставлена руда, и заносят этот номер в журнал учета. На карьерных разработках, при хорошо организованной непрерывной транспортной погрузке, надобность в бирочном учете отпадает, так как состав вагонеток полностью загружается в одном забое. В этом случае водитель состава по прибытии на контрольный пункт сообщает оператору номер забоя, который и записывается в журнал вместе с данными о весе руды и содержании в ней урана. Форма учета представлена ниже.

#### Форма учета добытой руды

Прибор типа РКС № \_\_\_\_\_ КП \_\_\_\_\_ рудник \_\_\_\_\_

Оператор \_\_\_\_\_ дата \_\_\_\_\_ смена \_\_\_\_\_

№ вагонетки	Участок	Блок, забой	Отсчет для вагонетки	Отсчет для эталонов	Содержание, %	Вес вагонетки

На месторождениях с богатыми рудами, сортировка которых производится непосредственно в забоях, ведется отдельный учет ящиков со штучной рудой и вагонеток с товарной и фабричной рудами. Ящики со штучной рудой снабжаются этикетками, в которых указываются номера блоков и забоев, откуда добыта руда.

#### Форма учета штучной руды

Прибор РКС-1 № \_\_\_\_\_ Рудник \_\_\_\_\_

Оператор \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Партия руды (№ или индекс)	№ тары	Вес (нетто), кг	Жила, блок, забой	Отсчет для руды $x_i$ , дел	Отсчет для эталона $E$ , дел	Среднее содержание, %	Количество урана, кг



Добытая руда отправляется на перерабатывающую фабрику или завод, где вторично опробуется при приемке. Фабричные и заводские данные обычно считаются более надежными, так как там опробуется уже измельченная, а, следовательно, и более осредненная руда.

При хорошо поставленной на руднике и фабрике документации, позволяющей учитывать перерабатываемую руду по срокам и месту добычи, фабричные и заводские анализы руды могут быть использованы для контроля достоверности рудничного опробования и его корректировки.

### **Определение потерь за счет руды, оставленной в целиках**

Площадь целиков, мощность рудных тел и тоннаж оставленной в целиках руды определяют по геологической документации и маркшейдерским замерам. Содержание урана в целике устанавливается бороздвым или радиометрическим опробованием по периметру целика или путем систематической разбурки целика шпурами в плоскости рудного тела с последующим каротажем.

В случае недоступности оставленных целиков из-за завалов объем и тоннаж руды определяют по данным геолого-маркшейдерской документации, а содержание принимают как среднее из содержаний урана в прилегающих к целику участках, или как среднее, установленное для всего блока в целом. Вопрос об отнесении запасов в целике к невозвратимым потерям решается техническим совещанием на основании заключения работников геолого-маркшейдерской службы. Списание таких целиков оформляется актами с приложением графических материалов (маркшейдерских планов с контурами списываемого целика и данных о запасах в нем руды и урана).

**Определение потерь от неполноты выемки руды.** Полнота отработки систематически контролируется проходной контрольных шпуров, рассечек или неглубоких камерных скважин. При хорошо поставленном контроле этот вид потерь может быть снижен до минимума даже на сложных месторождениях пятой морфологической группы.

Наряду с систематическим обуриванием стенок выработок на некоторых рудниках периодически производится выборочная ревизия ранее погашенных блоков. С этой целью в выбранных для обследования блоках проходят серию контрольных шпуров, задаваемых с учетом особенностей геологического строения данного участка. В случае обнаружения при каротаже шпуров серии значительных аномалий, делают рассечки и производят дополнительную отработку в погашенном блоке. Выявляют аномалии и оконтуривают рудные тела в сечении и за стенками очистного блока гамма-съемкой с помощью радиометров УР-4, УР-4М, ПГР и др.

Размер потерь в таких случаях устанавливают по отношению дополнительно добытой руды к общему количеству, полученному из этого блока при очистной и дополнительной выемках. Дополнительная выемка руды часто производится специальными бригадами, состоящими из оператора и забойщика.

Результаты контрольного определения потерь от неполноты выемки записывают в журнал с указанием даты проведения ревизии и методики контроля.

Средние результаты, полученные при контроле по нескольким представительным участкам, распространяют на все месторождение и показывают в квартальных и годовых отчетах. Выборочную ревизию целесообразно проводить только на месторождениях со сложной морфологией рудных тел, где существенную роль играют рудные апофизы, субпараллельные прожилки, линзы, гнезда или где развита сбросовая тектоника.

**Определение потерь в закладке.** Потери в закладке могут достигать значительных размеров на месторождениях с маломощными невыдержанными рудными телами с богатым гнездовым оруденением. Потери происходят в результате захвата рудных гнезд при отпалке боковых пород (в случае раздельной выемки) или в результате попадания в закладку богатых штуфов и рудной мелочи, проваливающихся через настил при отпалке, сортировке или транспортировке к рудоспускам. Определение потерь производится путем систематического опробования закладки перед началом отработки каждого слоя или через один слой.

Потери урана в закладке вычисляют по формуле

$$P_3 = \frac{(C_3 - C_n)}{100} \cdot K_3, \quad (51)$$

где  $P_3$  — потери урана в закладке, кг;

$C_3$  — содержание урана в закладке, %;

$C_n$  — содержание урана, рассеянного во вмещающих породах, %;

$K_3$  — вес опробованного слоя закладки, кг.

**Определение потерь в отвалах.** Потери в отвалах могут быть существенными при неудовлетворительно организованном радиометрическом контроле за содержанием урана в горной массе, направляемой в отвал. Потери могут быть связаны также с внезапными обрушениями больших масс вмещающих пород вместе с рудой, которая в таких случаях разубоживается до некондиционного содержания. Потери урана в отвалах определяются по данным систематического радиометрического контроля вагонеток с отвальной породой, а также на основании периодического опробования отвалов.

С целью более полного учета и уменьшения потерь урана в отвальной массе на рудниках нередко организуются отдельные отвалы для пород, поступающих из очистных блоков, и для пород из выработок, идущих по заведомо безрудным участкам.

**Определение потерь при транспортировке руды.** Определение этого вида потерь производится периодически два или четыре раза в год. Потери при перепуске руды из очистных через восстающие на откаточные штреки, где производится погрузка в вагонетки, определяются следующим образом.

Для ревизии намечается несколько восстающих, через которые пропускается руда, учитываемая в течение месяца. По прошествии месяца выдача руды прекращается, расстилаются брезенты размером  $2,5 \times 2,5$  м, на которые сметается вся оставшаяся на креплениях и стенках восстающих горная масса и пыль. Затем брезенты убираются и производится зачистка почвы под рудоспусками. Полнота зачистки проверяется радиометром. Собранный материал взвешивается и анализируется радиометрическим способом. Количество руды и урана в ней, отнесенное к количеству руды и урана, пропущенному в течение месяца через контрольные восстающие, дает представление о размере потерь на этой стадии транспортировки.

Потери при перевозках от места погрузки до ствола шахты или подземного рудного склада определяют по двум-трем опытным вагонеткам, которые нумеруют или красят для того, чтобы их можно было легко отличать от остальных. Если руду перевозят в вагонетках навалом, то к опытным вагонеткам с боков приваривают железные «карманы», улавливающие руду, ссыпавшуюся при погрузке и в пути. При перевозке штучной руды в ящиках опытные вагонетки, в которые грузятся эти ящики, не опрокидываются и не зачищаются в течение определенного срока (например, 10 дней). По прошествии этого времени всю просыпавшуюся из ящиков в вагонетки руду зачищают, взвешивают и анализируют на радиометрических установках. Процент потерь руды и урана устанавливают по отношению к руде и урану, перевезенным в опытных вагонетках за время контрольных наблюдений.

При перевозке руды в контейнерах на автомашинах контроль ведется также выборочным путем. Метод учета потерь применяется такой же, как при перевозке штучной руды вагонетками в ящиках.

При транспортировке руды в автомашинах навалом в кузов подопытного самосвала ставится металлический ящик с откидной задней стенкой. По размерам ящик делают таким, чтобы между боковыми, передней и задней стенками кузова и ящика оставались зазоры не менее 20 см. В эти зазоры улавливается руда, высыпавшаяся из ящика при загрузке, перевозке и разгрузке машины. После каждого рейса зазоры зачищают и изъятую из них руду собирают в ящики. Накопленную за 100 рейсов машины руду взвешивают и анализируют. Процент потерь вычисляют по отношению к весу руды, перевезенной подопытной машиной за 100 рейсов. Установленные таким путем потери при транспортировке распространяют на шахту или рудник в целом и включают в отчеты о потерях и разубоживании.

Общие потери на рудных (неурановых) месторождениях обычно определяют по разности между подсчитанными запасами и фактически добытой рудой:

$$a_3 = 100 \left[ 1 - \frac{T_{\text{ф}}(C_{\text{ф}} - C_{\text{н}})}{T_{\text{н}}(C_{\text{н}} - C_{\text{п}})} \right], \quad (52)$$

где  $a_3$  — потери металла при эксплуатации, %;

$T_{\text{ф}}$  — фактически добытая руда, т;

$T_{\text{н}}$  — подсчитанные запасы в недрах (в отработанном контуре), т;

$C_{\text{ф}}$  — содержание металла в добытой руде, %;

$C_{\text{н}}$  — содержание металла в руде, находящейся в недрах, %;

$C_{\text{п}}$  — содержание металла во вмещающих породах, разубоживающих руду при отбойке, %.

Такой способ можно применять только при определении потерь за длительный срок отработки по месторождению в целом. При поблочном учете этот метод не приемлем, так как величины  $T_{\text{н}}$  и  $C_{\text{н}}$  определяются для отдельных блоков, как правило, с невысокой точностью.

На урановых месторождениях в связи с этим принята более правильная система учета, основанная на определении фактических потерь по отдельным видам, как было показано выше. В этом случае общие потери определяют в процентах по отношению суммы частных потерь к фактической добыче плюс потери.

$$P_0 = \frac{(P_1 + P_2 + \dots + P_n)}{K + (P_1 + P_2 + \dots + P_n)} \cdot 100, \quad (53)$$

где  $P_0$  — общие потери при эксплуатации, %;

$P_1 + P_2 + \dots + P_n$  — частные потери (в целиках, в закладке, в отвалах и т. д.) урана, кг;

$K$  — фактическая добыча урана, кг.

Разубоживание руды определяется по формуле

$$p = \frac{C_{\text{н}} - C_{\text{ф}}}{C_{\text{н}} - C_{\text{п}}} \cdot 100, \quad (54)$$

где  $p$  — коэффициент разубоживания, %;

Значение  $C_{\text{н}}$  устанавливается по данным позабойного опробования (если запасы подсчитываются по геологическому опробованию) или по данным ОТК (или фабрики), если запасы в недрах определяются как сумма фактической добычи и учтенных потерь.

Эта формула страдает тем же недостатком, что и формула для определения потерь, так как коэффициент разубоживания в формуле зависит не только от фактического засорения руды пустой породой, но и от точности определения содержания урана в руде и в породе, находящихся в массиве и отбитой руде.

**Мероприятия по борьбе с потерями и разубоживанием.** Комплекс мероприятий по борьбе с потерями и разубоживанием во многом зависит от геологических особенностей месторождения, от способов выемки руды, принятой системы отработки, способа сортировки и т. д.

На месторождениях первой морфологической группы мероприятия сводятся в основном к уточнению контуров промышленного оруденения в забоях и наблюдению за полнотой зачистки стенок выработок и почвы карьеров (в случае открытой разработки). Контроль осуществляется радиометрическими методами.

На месторождениях второй и третьей группы значение потерь и разубоживания резко возрастает, особенно в связи с применением высокопроизводительных систем разработки с обрушением. Поэтому при контроле основное внимание должно быть обращено на правильность ведения очистных работ. Здесь наибольших потерь и разубоживания можно ожидать в призальбандовых участках мощных рудных тел. Для проверки полноты выемки рудного тела стенки очистных выработок обуривают контрольными шпурами.

При проверке очистного пространства контрольными шпурами нередко вскрывают рудные линзы и прожилки, извлечение которых дает значительное количество металла. Металл извлекается также дополнительно из закладки, старых заброшенных блоков, при сортировке вагонеток и т. д. В большем объеме, чем на месторождениях первой группы, здесь используется радиометрическая сортировка руд, в связи с чем усиливается контроль за содержанием урана в отвальных хвостах после сортировки. Сама радиометрическая сортировка также служит средством борьбы с потерями, так как с ее помощью извлекается дополнительное количество руды из слабоактивной горной массы и отвальных хвостов на установках РАС.

Эффективность мероприятий по борьбе с потерями на одном из рудников представлена в табл. 13.

Особенно большой объем работ по борьбе с потерями и разубоживанием проводится на месторождениях четвертой и пятой групп. В связи с широким развитием ответвляющихся и субпараллельных рудных тел, линз, прожилков и гнезд большое внимание уделяется контролю за полнотой отработки. С этой целью после отработки каждой ленты или слоя производят гамма-съемку стенок выработки, гамма-каротаж разведочных шпуров и гамма-опробование закладочного материала. В стенках часто обнаруживают апофизы, прожилки и гнезда с богатым оруденением.

Для уменьшения потерь принимают ряд предосторожностей при обуривании забоев и при отпалке. Работы ведут в соответствии со специально разработанными инструкциями «по технологии отбойки руд и разведочно-контрольному обуриванию», в которых предусматривается:



Количество руды и металла,  
возвращенных в процессе борьбы с потерями

Мероприятие	Извлечено, % к общему весу дополнительно добытых	
	руды	металла
Гамма-съемка стенок выработок . . . . .	10,0	11,4
Бурение и каротаж контрольных шпуров . .	7,2	14,0
Извлечение из закладки . . . . .	8,6	5,7
Извлечение из старых блоков . . . . .	13,5	25,2
Сортировка вагонеток . . . . .	33,5	20,5
Сортировка на транспортерах . . . . .	27,2	23,2
	100,0	100,0

1. Систематическое контрольно-разведочное обуривание всех горных выработок (обуривание стенок), ведущихся по рудным телам очистных пространств, а также всех надштрековых и фланговых целиков. Контрольные шпуров глубиной около 2 м задаются в плоскости рудного тела с расстоянием между ними в 1 м. Шпуров в боковых стенках задаются с интервалами не более 2 м с отставанием от забоя не более чем на 3 м.

2. Контрольное обуривание забоев подштрековых и прочих целиков, а также стенок выработок в случае прекращения горно-проходческих и очистных работ в блоке.

3. Ежедневный гамма-каротаж контрольно-разведочных шпуров и регистрация в сводном журнале всех выявленных аномалий.

4. Проходка перед полным обуриванием забоя двух-трех контрольных шпуров параллельно плоскости жилы на расстоянии 10 см от нее. Глубина шпуров 1,5—2,0 м, расстояние между ними не более 1 м.

5. Гамма-каротаж пробуренных в забое отпалочных шпуров с занесением результатов в журнал и в отрывной талон на право отпалки, передаваемый бурильщику. В талоне указывается порядок отпалки шпуров. Кроме того, все активные шпуров отмечаются оператором непосредственно в забое. При засоренности закладки рудой, отсутствии разведочно-контрольного обуривания в выработке, неправильном обуривании забоев, оставлении рудных примазок в зальбандах и при наличии других дефектов, которые могут привести к потерям металла или к разубоживанию руды, талон на право отпалки забойщику не выдается.

6. Соблюдение мер предосторожности при обнажении и отбойке рудных линз в соответствии с утвержденными правилами выемки и отпалки шпуров, устройство настилов на закладке



после зачистки ее от активного материала, оставление предохранительной «рубашки» вокруг рудной линзы, зачистка стенок выработки, сортировка и упаковка штучной руды и рудной мелочи в ящики и проверка закладки после уборки настила. Все эти операции сопровождаются радиометрическими измерениями.

Дефекты, выявленные рудничным геологом и геофизиком при осмотре и гамма-съемке забоев и каротаже шпуров, а также указания о порядке их отпалки сообщают сменному горному мастеру. Рудоспуски очистных блоков и транспортные пути подвергают особо тщательному радиометрическому контролю. В случае обнаружения повышенной активности на отдельных участках путей, собирают с них руду, потерянную при транспортировке.

Отсечка маркированных вагонеток с активным материалом и позабойные экспресс-анализы добытых руд дают возможность своевременно предупредить «расстрел» руды в забое. Вагонетки со слабоактивной горной массой направляют на радиометрическое обогащение или ручную сортировку для возврата металла, попавшего в горную массу при отпалке рудного забоя.

Радиометрический контроль отходов ручной и автоматической сортировки, производимый на установках РКС-3 и РКС-2, сортировка активных отходов увеличивают процент «возвратимых» потерь урана.

С целью возврата руды, потерянной в отвалах, геофизическая служба проводит периодически гамма-съемку поверхности новых и старых отвалов и опробует выявленные аномальные участки отвала.

Если по данным опробования устанавливают общую обогащенность отвала, то перерабатывают весь отвальный материал. Для этого старые отвалы взрыхляют бульдозером и сортируют радиометрически по-вагонеточно, по-ящично или на транспортерах и других рудосортировочных агрегатах с выделением отвальных хвостов и кондиционной руды.

**Документация и отчетность по эксплуатационным потерям и разубоживанию.** Достоверные данные о потерях и разубоживании могут быть получены только на основании большого статистического материала. Поэтому представление предварительных отчетов предусматривается инструкциями не чаще одного раза в квартал, а окончательных — один раз в конце года. Учет ведется, как уже отмечалось, ежемесячно по блокам, шахтам, рудным телам и месторождению в целом. Исходными данными для отчетов служат материалы геолого-геофизической и маркшейдерской служб, ОТК фабрик и заводов, сосредоточенные в журналах учета добычи, паспортах блоков, журналах позабойного и товарного опробования. В журналах и паспортах ведутся записи раздельно по видам потерь (в закладке, рудоспусках, отвалах, целиках, местах обрушения и т. д.).

Формы учета и отчетности приспособляются к особенностям месторождений и принятым способам обработки. Все они в том или ином виде отражают следующие данные.

1) весовое количество руды, отбитой и выданной на поверхность за отчетный период, содержание в ней урана, выраженное в процентах или в килограммах;

2) количество руды, добытой попутно из горноразведочных и подготовительных выработок, и среднее содержание в ней урана;

3) содержание урана во вмещающих породах;

4) количество горной массы, оставленной в закладке, и содержание в ней урана;

5) количество горной массы и находящегося в ней урана, направленных в отвалы.

При сортировке учитывают количество штучной, кондиционной товарной и фабричной руд и соответственно содержание в них урана. По этим данным вычисляют и приводят в отчетах потери урана в закладке и в отвалах. В отчетах также указывают потери урана за счет неполноты обработки и за счет транспортировки. Эти потери в значительной мере условны, так как определяются они лишь периодически.

По сумме потерь определяют общие потери за отчетный период. Для контрольных целей рекомендуется сопоставлять данные фактической добычи с геологическими подсчетами запасов по обработанным площадям. Результаты сравнения удобно сводить в форму, приведенную ниже.

Форма сопоставления фактической добычи с геологическими подсчетами запасов по обработанным площадям

Этаж	№ блока	Элемент блока	Система разра- боток	Запасы, т		Фактически до- бытые запасы, т	Содержание урана, %		Потери, %		Разубоживание, %
				по контур- ным выработ- кам	подлежащие выемке		в рудном теле	в добытой руде	во вмещаю- щих порс- дах	руда, т уран, кг	

По этажу всего \_\_\_\_\_

По рудному телу всего \_\_\_\_\_

## 2. УЧЕТ ДВИЖЕНИЯ ЗАПАСОВ

Балансовый учет запасов должен отражать:

1. Состояние запасов руды, урана и полезных спутников как по месторождению в целом, так и по рудным телам, этажам и блокам в отдельности. Учет должен вестись с разбивкой руд на технологические типы и сорта.

2. Обеспеченность предприятия подготовленными, готовыми к выемке, разведанными и перспективными запасами.

3. Изменения в запасах, происходящие в связи с обработкой отдельных участков, а также с дополнительной разведкой и подготовкой блоков к эксплуатации [28].

Подсчету подлежат балансовые и забалансовые руды. К последним относятся руды, которые из-за некондиционного содержания в них урана, неразработанной технологии или по другим причинам в данное время промышленностью не используются, но тем не менее представляют интерес в качестве возможного источника добычи в будущем.

Балансовые запасы, в свою очередь, подразделяются на промышленные и извлекаемые.

К промышленным относятся запасы за вычетом планируемых потерь. К извлекаемым — промышленные запасы руды с учетом разубоживания при добыче. По количеству руды они всегда превышают (иногда значительно) промышленные запасы, а по количеству урана являются близкими или даже несколько большими, если разубоживание происходит не за счет пустых пород, а за счет некондиционной руды. Содержание урана в извлекаемой руде обычно более низкое, чем в промышленной.

По степени подготовленности к обработке запасы разделяются на вскрытые, подготовленные, готовые к выемке и запасы, находящиеся в охранных целиках (временно законсервированные) [30].

К вскрытым относятся запасы руды и металла, находящиеся выше горизонтов, подсеченных горизонтальными горнокапитальными выработками (квершлагами, штольнями и т. д.). При карьерной разработке в эту группу включаются запасы руды, находящиеся в уступах с обнаженной верхней площадкой, до глубины, подсеченной выездной траншеей.

Подготовленные запасы находятся в блоках или участках с полностью пройденными горноподготовительными выработками, разделяющими этаж на эксплуатационные блоки или участки. При карьерной разработке сюда относятся запасы в уступах с обнаженными верхними и боковыми площадками, в которых пройдены разрезные траншеи, осушительные выработки и т. д.

Готовыми к выемке считаются запасы, заключенные в блоках, в которых пройдены все нарезные выработки.

Запасы в охранных целиках подсчитываются отдельно. Они переводятся в соответствующую группу или категорию только после ликвидации охраняемого объекта.

Для обеспечения бесперебойной работы рудника необходимо иметь переходящий резерв подготовленных и готовых к выемке запасов. Размеры резервных запасов определяются производительностью рудника, шахты и блока, продолжительностью подготовки и нарезки этажа и блока, количеством запасов в блоке и этаже, коэффициентом опережения подготовки по отношению к очистной выемке и коэффициентом резерва блоков. Создавать большие резервы запасов подготовленных и готовых к выемке руды нерационально, особенно там, где руды и вмещающие породы не очень устойчивы. В таких случаях поддержание горноподготовительных выработок может быть связано с большими непроизводительными затратами средств [34]. Рекомендуемые сроки обеспеченности рудника переходящими запасами подготовленной и готовой к выемке руды представлены в табл. 14.

Таблица 14

Соотношение подготовленных и готовых к выемке запасов на месторождениях различных морфологических групп

Характеристика месторождений	Подготовленные запасы, месяцы	Готовые к выемке запасы, месяцы
Крутопадающие пластообразные залежи мощные и весьма мощные (от 5—10 до 90—200 м) . . .	24—54	4—8
То же, но маломощные и мощные (от 1,0 до 5—6 м)	12	6
Жилы и линзы крутопадающие, мощные и весьма мощные (от 2—5 до 40—90 м) . . . . .	12—36	6—12
То же, маломощные (от 0,8 до 2 м) . . . . .	9—18	4—8
Наклонные и пологозалегающие мощные (от 2—3 до 10—12 м) залежи и линзы . . . . .	8—24	6—12
Горизонтально залегающие мощные (3,5—4,5 м) пластовые залежи в шахтных полях больших размеров . . . . .	24—36	6—12
То же, в небольших шахтных полях, при небольшой мощности пласта (2—3 м) . . . . .	5—6	1,5—3
Горизонтально залегающие гнезда и линзы мощностью 2—3 м и более . . . . .	6—10	3—4

Баланс запасов составляется ежегодно. Исходными материалами для этого служат: цифры геологических запасов, утвержденных ГКЗ, или предыдущего годового подсчета, данные фактической добычи руды и металла за отчетный период из очистных, горноподготовительных и разведочных выработок; результаты детальной и эксплуатационной разведки, материалы текущего опробования и геологической документации; материалы по учету потерь и разубоживания; акты на списание запасов; сведения о коли-

честве и содержании металла в руде, отгруженной потребителю и оставшейся на рудных складах.

Бесовой учет фактически добытой руды и определение в ней содержания металла ведут посменно, за сутки и ежемесячно. На основании этих данных составляют квартальные и годовые отчеты по форме, утвержденной вышестоящими организациями. Месячные отчеты содержат сведения о количестве отбитой горной массы и руды, о среднем содержании и количестве в ней металла и о проценте разубоживания. Отдельно учитывают руду, добываемую при проходке горнокапитальных, подготовительных и разведочных выработок. В формах учета указывают длину и сечение выработок, количество вынутой из них горной массы, руды и металла. Количество потерь и разубоживания руды и металла по видам учитывают отдельно для каждой жилы, рудного тела, горизонта или блока:

Динамика подготовки и погашения запасов за отчетный период отражается в соответствующих формах учета. С этой целью для удобства учета на каждый блок заводят паспорт («лицевой счет»), открываемый при окончании нарезки блока и закрываемый после его отработки. Паспорта заполняют ежемесячно. В них дается полная графическая и письменная характеристика формы рудных тел, условий залегания, тектонической нарушенности, вещественного состава руды, распределения типов и сортов, указываются гидрогеологические условия, буримость пород и данные по добыче, потерям и разубоживанию.

В конце каждого года производят списание с баланса погашенных за отчетный период запасов. Списанию подлежат добытая руда и металл, руда, числившаяся на балансе, но оказавшаяся при эксплуатационной разведке и отработке некондиционной, и утвержденные к описанию потери [13]. Списываемые запасы учитывают отдельно по видам с нарастающим итогом от начала разработки или с момента утверждения запасов ГКЗ.

Списание добытых запасов производят по блокам в соответствии с теми содержаниями (продуктивностью) и мощностями, которые числятся по подсчету запасов. Все расхождения с фактической добычей учитывают в таблицах в графе «изменения от пересчета» с соответствующими объяснениями в тексте. Простое списание добычи без пересчета не допускается.

На месторождениях со сложной морфологией рудных тел и гнездовым оруденением (например, на многожилных месторождениях пятой группы) списание отработанных блоков, целиков и отдельных участков производят после контрольного гамма-профилирования и гамма-каротажа шпуров, задаваемых в плоскости жильных трещин по периметру погашаемого участка и в стенках очистных выработок.

Места расположения шпуров и линий гамма-профилирования, а также результаты радиометрических измерений заносят в паспорт.



Списание производят по каждому рудному телу, отдельно, причем на сложных месторождениях в рудное тело включается как ведущая жила или трещина, так и примыкающие к ней апофизы или параллельно расположенные прожилки, которые при подсчете запасов не выделялись. Сближенные жилы, по которым запасы были подсчитаны раздельно, списывают как самостоятельные рудные тела даже в тех случаях, когда их отрабатывают в блоке одним забоем. Если расхождение фактических данных с подсчетными связано с разубоживанием руды или несовершенством технологии обогащения и сортировки, то запасы списывают без пересчетов по данным, полученным при разведке и геологической документации.

Изменения запасов, вызванные пересмотром требований промышленности к кондициям, также учитывают в графе «изменение запасов от пересчета». Участки, оказавшиеся при эксплуатации забалансовыми, исключают из числа балансовых. Основанием для их списания служат акты о результатах контрольного опробования.

Участки с кондиционными рудами, относимые к потерям по техническим причинам, списывают на основании актов и технико-экономических расчетов. Если участки с потерянными запасами не могли быть опробованы, то списание производят по данным последнего подсчета запасов.

Для списывания запасов необходимы следующие документы:

- а) выкопировки из маркшейдерских планов в масштабе не меньше 1 : 2000 с указанием участков, подлежащих списанию, мест взятия проб и замеров мощностей;
- б) разрезы по выработкам с указанием мощностей и содержания;
- в) зарисовки забоев выработок, оконтуривающих списываемый участок;
- г) данные гамма-съемки, каротажа или опробования и заверенные копии анализов;
- д) акты за подписями главного инженера, главного маркшейдера и главного геолога предприятия о необходимости списания данного участка, в которых должны быть указаны площадь участка, запасы и причины списания.

Списание запасов, находящихся в отвалах горных выработок и обогатительных установок, производят в том же порядке, как и списание запасов в недрах. Списание должно производиться с учетом возможности извлечения попутных компонентов из отвалов и хвостов. Сводные таблицы на списанные участки с указанием средних данных, полученных при отработке и контрольном опробовании по каждому блоку (площади), со ссылками на акты прилагают к годовому подсчету.

Отчетный баланс запасов составляют ежегодно по единой форме, утвержденной ЦСУ при Совете Министров СССР в 1954 году. Полезные спутники, независимо от того, используют их на



предприятию или нет, подсчитывают отдельно по такой же форме.

Месячные, квартальные и годовые балансы запасов сопровождаются объяснительными записками или отчетами. В месячных и квартальных отчетах освещают направление и задачи разведочно-геофизических работ, выполнение плана по видам работ и основные результаты. В годовых отчетах эти же сведения дают в более полном объеме. Кроме того, в них дают характеристику состояния сырьевой базы, эффективность геологоразведочных и геофизических работ, краткое описание методов, обоснование и дальнейшее направление работы.

В результате обработки и дополнительной разведки со временем происходят существенные изменения запасов, требующие генерального их пересчета и утверждения в ГКЗ. В этом случае пересчет запасов оформляют в соответствии с утвержденными ГКЗ инструкциями.

Наиболее распространенные методы подсчета и условия отнесения запасов к разным категориям показаны в табл. 15.

На урановых месторождениях в большинстве случаев применяют общеизвестные методы подсчета запасов (геологических и эксплуатационных блоков, параллельных сечений). Исключение составляет так называемый эксплуатационный метод подсчета по данным добычи, используемый на сложных многожилных месторождениях с гнездовым оруденением (пятая группа). Запасы подсчитывают в пределах эксплуатационных блоков по их продуктивности, т. е. по количеству урана, фактически получаемого при проходке горных выработок и при очистной выемке с одного квадратного метра жильной площади по следующей формуле:

$$P_{\text{н}} = S \cdot q, \quad (55)$$

где  $P_{\text{н}}$  — извлекаемые запасы металла в блоке, кг;

$S$  — площадь блока,  $\text{м}^2$ ;

$q$  — продуктивность блока,  $\text{кг}/\text{м}^2$ .

Для того чтобы определить запасы, находящиеся в недрах, необходимо ввести поправку на потери при эксплуатации:

$$P_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}}}{K_{\text{извл}}}, \quad (56)$$

где  $P_{\text{н}}$  — геологические запасы в недрах;

$K_{\text{извл}}$  — коэффициент извлечения, определяемый ежегодно при учете потерь.

На месторождениях, где эксплуатационные работы только начинаются и данных для определения коэффициента извлечения недостаточно, поправка на потери берется по аналогии с другими месторождениями.

**Погрешности подсчета запасов.** При любой детальности разведки месторождения и при любых методах подсчета запасы

## Методы подсчета запасов урана

Морфологическая группа месторождения	Метод подсчета	Категории запасов				
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
I	Геологические блоки (среднеарифметический)	В блоках, подготовленных к выемке	В блоках нормального размера, оконтуренных с четырех сторон; при густой сети буровых скважин	В блоках двойного размера; при более редкой сети буровых скважин	При буровой разведке по разреженной сети; подвеса к горизонту горных выработок; экстраполяция	Одиночные скважины; экстраполяция
II	Геологические блоки; параллельные сечения	Обычно не подсчитывают	В блоках нормального размера, оконтуренных с четырех сторон	В блоках двойного размера по длине и нормальному на глубину; при буровой разведке по ступенчатой сетке	В блоках двойного размера по длине и выемке; при буровой разведке по более редкой сети; экстраполяция	То же
III	То же	То же	Обычно не подсчитывают	В блоках нормального размера, оконтуренных с четырех сторон	В блоках двойного размера по длине и нормальному по высоте; при буровой разведке по ступенчатой сети; экстраполяция	»
IV	Эксплуатационные и геологические блоки	»	» » »	Обычно не подсчитывают	В блоках нормального размера; при буровой разведке по ступенчатой сети; экстраполяция	»
V	То же и статистический (эксплуатационный) метод	»	» » »	» » »	В блоках нормального размера; экстраполяция	»

определяются не точно, а с некоторым приближением. Обычно принимают, что погрешности подсчета колеблются в интервале от  $\pm 20-30$  (для категорий  $A_2$  и  $B$ ) до  $\pm 50\%$  (для  $C_1$ ).

Погрешности подсчета могут возникать из-за неточностей определения мощности рудных тел при отсутствии видимых границ промышленного оруденения или при замерах в буровых скважинах каротажным способом, где расхождения в среднем достигают 15—50%, а в отдельных случаях — более 100%. Кроме того, ошибки могут быть из-за неправильного определения коэффициента рудоносности (в частности при буровой разведке) и продуктивности рудных тел, неожиданно резкого изменения радиоактивного равновесия и эманирования, дефектов опробования, неточностей химических и радиометрических анализов и т. д. Существенное значение могут иметь так называемые «ошибки аналогии», т. е. ошибки, возникающие вследствие неправильного истолкования формы рудных тел при построении их на планах путем интерполяции и экстраполяции по аналогии с другими рудными телами или месторождениями.

Для исключения грубых ошибок при ответственных подсчетах прибегают к повторным вычислениям всех показателей (ведут подсчет «в две руки»). Иногда для контроля подсчет делают двумя разными способами. Если при этом расхождение результатов не превышает  $\pm 20-30\%$ , то считается, что подсчет технически выполнен удовлетворительно, без грубых ошибок. Если оно больше, то производят полную проверку расчетов. Лучшим способом проверки считается сопоставление результатов подсчета с данными добычи. Однако такое сопоставление возможно только при хорошо поставленном учете добычи, потерь и разубоживания руды при эксплуатации. Сравнение данных фактической добычи с геологическими запасами, сделанное на многих металлических месторождениях, показывает, что удовлетворительная сходимости наблюдается лишь в среднем по большому числу блоков. Запасы же, подсчитанные по отдельным блокам, расходятся с данными добычи иногда очень резко. Особенно большие расхождения наблюдаются на урановых месторождениях пятой группы с гнездовым распределением оруденения.

Сопоставление геологического подсчета с данными отработки на одном таком урановом руднике показало, например, что по отдельным блокам количество добытой руды составляло от 4 до 1500% по сравнению с подсчитанным по этим же блокам. При этом было отмечено, что в блоках с низкой продуктивностью геологические подсчеты занижены, а в блоках с высокой продуктивностью — завышены. Но даже и при таких резких расхождениях подсчеты запасов по большому числу блоков обычно бывают достаточно достоверными, так как ошибки разного знака одинаково возможны и в конечном счете, компенсируются.

На урановых месторождениях с более равномерным и менее прерывистым оруденением расхождения между подсчетом запа-

сов по отдельным блокам и фактической добычей хотя и не так велики, но все же достаточно ощутимы (табл. 16).

Таблица 16

**Расхождение между подсчетом запасов и фактической добычей на месторождениях с различным характером оруденения**

Характеристика месторождения		Сравнение с отработкой, %	
коэффициент вариации	коэффициент рудоносности	по отдельным блокам и горизонтам	среднее по большому числу блоков
75—104	0,74—1,0	85—115	—
41—142	0,60—1,0	44—387	124
58—154	0,10—0,68	55—198	89
29—175	0,10—0,70	84—112	—
75—280	Около 0,1	4—2000	Близко к 100

### 3. УЧАСТИЕ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И ПЛАНИРОВАНИИ

Проектирование строительства или реконструкции горно-рудных предприятий разбивается на три стадии: составление проектного задания, технического проекта и рабочего проекта. Проектирование производят на основании планового задания или технических условий, выдаваемых вышестоящими организациями [25, 32].

При проектировании рудничные геологи обеспечивают проект геологической документацией, отражающей: общую структуру месторождения, морфологию, размеры и условия залегания рудных тел, качество и запасы руд по категориям, сортам и типам с размещением их в пространстве. Кроме того, при проектировании используют данные по добыче, материалы дополнительных изысканий и исследований, материалы по гидрогеологии месторождения и по экономике района, планово-графические и первичные материалы геолого-геофизической документации.

От качества геологических материалов во многом зависит правильность проектного решения, поэтому к ним предъявляются высокие требования. Запасы по месторождению и отчет о геолого-разведочных работах должны быть утверждены, а соотношение категорий запасов  $A_2$ ,  $B$  и  $C_1$  должно отвечать нормам, указанным в инструкциях ГКЗ. В геологическом отчете с достаточной полнотой должны быть изложены все данные о месторождении, о качестве и технологических свойствах руды, о горнотехнических условиях разработки и другие сведения, необходимые для составления проекта.

Большое значение для проектирования имеет правильное освещение вопроса о перспективах расширения запасов, так как

в зависимости от перспектив проектом предусматривается соответствующая глубина разработки и определяются возможные сроки деятельности предприятия. Кроме того, перспективы расширения запасов влияют на выбор места заложения вскрывающих выработок, на расположение промышленных сооружений, подъездных путей, отвалов и т. д. Неверная оценка перспектив месторождения может привести к неправильному развитию рудника, к потере металла в охранных целиках или к затрате средств на проходку дополнительных выработок и перенос сооружений. При оценке перспектив должны быть приняты во внимание запасы категории  $C_2$ .

Одновременно с проектом разработки составляют проект на геологоразведочные работы, предусматривающий доразведку глубин и флангов месторождения и проведение эксплуатационной разведки.

Проекты разработки и разведки месторождения, составляемые на ряд лет, сопровождаются краткими геологическими записками, написанными в том же плане, что и геологические записки к подсчету запасов. В разделах о детальной и эксплуатационной разведке в записках подробно излагаются: назначение и направление разведочных работ, обоснование методики разведки и опробования, дается расчет объемов работ на ближайший и последующие годы с расчетом потребности в рабочей силе.

Эксплуатационную разведку проектируют в тесной увязке с планом развития подготовительных и нарезных работ. При проектировании детальной разведки все проектные выработки и скважины наносят на погоризонтные планы и разрезы в местах предполагаемого заложения с указанием направления и очередности их проходки. Места заложения согласуют с принятой системой вскрытия, подготовки и отработки месторождения. При этом учитывают также размеры и морфологию рудных тел, элементы залегания, тектоническую структуру участка, распределение металла, положение рудных столбов, наличие благоприятных для оруденения пород и другие геологические факторы, которые могут оказать то или иное влияние на ход разведочных, подготовительных и очистных работ.

Выработки и скважины, положение которых зависит от результатов разведки другими выработками, на планах и разрезах показывают условно. Проектируемый метраж горных и буровых работ определяют по размерам их длин на планах и разрезах. Для создания резерва на непредвиденные случаи, например, на вскрытие неизвестных ранее рудных тел, подсчитанный объем горных и буровых работ увеличивают на 5—10%.

Метраж выработок, скважин и шпуров для собственно эксплуатационной разведки, потребность в которой выявляется главным образом в процессе ведения очистной выемки, определяют примерно из расчета 5—15% от метража проектируемых горноподготовительных выработок. Иногда этот метраж рассчи-



тывают, исходя из условной площади влияния одной выработки, скважины или шпура (табл. 17).

Таблица 17

Условная площадь влияния одной выработки, скважины или шпура, принимаемая при проектировании эксплуатационной разведки

Вид объекта	Условная площадь влияния, м <sup>2</sup>
Камерные скважины, задаваемые по сетке 8 × 20 м или 10 × 20 м . . . . .	160 (для жил) 200 (для штокерков)
Разведочные шпуры, задаваемые по сетке 2 × 8 м или 2,5 × 8 м . . . . .	
Короткие рассечки (до 5 м) . . . . .	16—20
Длинные рассечки (до 30 м) . . . . .	160—200
	300—1600

Объемы по всем другим видам работ (опробованию, радиометрическому измерению, анализам и т. д.) рассчитывают по запланированному метражу горноразведочных и подготовительных выработок, скважин, шпуров и рудных площадей, намеченных к отработке. Учет проводят по следующей форме:

Форма расчета числа проб при планировании разведочных работ

Наименование выработок	Длина выработок или жильная площадь	Вид опробования	Среднее число секций в пробе	Число проб (секций)

Количество анализов определяют по числу запланированных проб. На собственно урановых месторождениях предусмотрен анализ всех проб радиометрическим методом в основной лаборатории, затем 5—10%, но не менее 50 проб каждого сорта, для контроля в химической лаборатории. На комплексных месторождениях наряду с радиометрическими анализами на уран планируются химические анализы на все примеси. Кроме того, проектом должны быть предусмотрены полные химические и спектральные анализы средних проб руды, анализы рудничных вод, определение зольности и энергетической характеристики угля (на урано-угольных месторождениях), анализы рудничного воздуха, особенно в условиях нефте-газозносного режима работы, объемные веса руды и влажность (не менее 4—5 проб в целике



объемом 0,5 м<sup>3</sup> по каждому типу руды отдельно и 30—50 штуфов для лабораторного определения).

Проект сопровождается соответствующими геологическими графическими приложениями. К подсчету запасов прилагают обзорный геологический план с указанием границ шахтных полей, разведочных участков и площадей, намечаемых под поиски в масштабе 1 : 10 000, 1 : 25 000 или 1 : 50 000; погоризонтные планы в масштабе 1 : 2000, 1 : 1000, поперечные и продольные разрезы, на которых условными знаками указывают все пройденные и проектируемые горнокапитальные, горно-подготовительные и горноразведочные выработки и скважины. Здесь же проводят границы шахтных полей, контуры промышленного оруденения и главнейшие геологоструктурные элементы рудного поля, которые следует учитывать при проектировании и проходке горных выработок.

К проекту прилагают сводный перечень всех планируемых работ с указанием их объемов, технико-экономических показателей, необходимых для составления смет, и расчеты рабочей силы (по СУСНУ).

Наряду с обеспечением проекта геологическими материалами и составлением проекта на геологоразведочные работы, рудничный геолог должен давать оценку правильности решения многих вопросов, касающихся разработки месторождения (определение границ шахтных полей и очередности разработки, выбор способа вскрытия, системы отработки и выемки руды, комплексное использование руд, рациональное использование забалансовых руд, планирование потерь и разубоживания, выбор места для отвалов и различного рода сооружений и т. д.).

Планирование работ на руднике ведется в соответствии с календарными планами, перспективными и годовыми, составляемыми при проектировании и в процессе эксплуатации (годовые, квартальные, месячные, недельно-суточные и сменные планы и графики). Перспективные трех-, пятилетние и годовые планы, намеченные при проектировании, в дальнейшем корректируются, а иногда и пересматриваются в случае необходимости изменения производительности рудника.

Календарными планами предусматривают очередность разведки, подготовки и отработки блоков в заданные сроки, выполнение установленного плана добычи и поддержания необходимого резерва разведанных, подготовленных и готовых к выемке запасов.

Рудничная геологическая служба должна обеспечивать рудник графическими, цифровыми и другими геологическими материалами, которые служат основой для планирования добычи. Рудничные геологи составляют планы развития детальной и эксплуатационной разведки на участках эксплуатационных работ, принимают участие в распределении плана добычи по производственным единицам (рудным телам, горизонтам, блокам, забоям) и в соста-

влении плана обеспечения фабрики или завода рудой установленного качества (табл. 18).

Намеченные к отработке контуры рудных тел корректируются при составлении месячных, суточных и сменных планов по данным текущей геолого-геофизической документации и опробования. Планируемое среднее содержание определяют различными способами, в зависимости от особенностей месторождения. Например, на месторождениях с низким коэффициентом вариации содержания и высоким коэффициентом рудоносности при планировании на весь период отработки блока принимают среднее содержание, установленное для блока при подсчете запасов. На месторождениях с неравномерным и резко прерывистым оруденением среднее содержание ежемесячно пересчитывают по разведочным и подготовительным выработкам и по последним данным опробования очистных работ. На месторождениях пятой группы средние выходы пересчитывают ежемесячно с учетом фактической добычи в данном блоке, а иногда и в соседних. В этом случае при планировании применяют формы расчета, приведенные ниже.

Форма расчета добычи металла при планировании на месторождениях пятой морфологической группы

Участок	Жила	Горизонт	Блок	Планируется к отработке			Средний выход по подсчету запасов, кг/м <sup>2</sup>	Фактический выход за предыдущие месяцы, кг/м <sup>2</sup>
				площадь, м <sup>2</sup>	выход, кг/м <sup>2</sup>	металл, кг		

Планируемая продуктивность контролируется двумя цифрами: выходом, установленным при подсчете запасов, и выходом, полученным при отработке блока за предыдущие месяцы. При учете фактической добычи в соседних блоках таблица дополняется сведениями об отработанных в них площадях и полученной продуктивности. Такими таблицами удобно пользоваться при размещении планируемых объемов добычи и при контроле обоснованности принятых в плане средних содержаний.

При расчете средних содержаний по блокам так называемые «ураганные» пробы должны быть соответствующим образом сnivelированы, в противном случае запланированные содержания могут оказаться резко завышенными и не подтвердиться при добыче. Нейтрализацию ураганных проб можно производить путем замены их более типичными для данного блока содержаниями (из числа превышающих среднее содержание или близких к нему).

График календарного плана очистных работ

Этаж, участок, блок	Эксплуатационные запасы руды или рудной массы с учетом потерь и разубоживания			Средняя производительность блока руды или рудной массы в сутки, т	I год			
	Запас руды или рудной массы тыс. т	Среднее содержание металла, %			кварталы			
		первого	второго		1-й	2-й	3-й	4-й
Горизонт 495 м								
Блок № 1	36,1	1,8	1,1	180	6,0	13,0	13,0	4,1
» № 2	40,5	2,3	1,2	180	—	—	—	12,0
» № 3	50,7	2,2	1,5	220	—	—	—	—
» № 4	56,0	2,8	1,6	220	14,5	16,5	16,5	15,0
» № 5	62,5	3,0	2,2	220	—	—	—	—
» № 6	65,8	3,1	2,4	220	—	—	—	0,4
» № 7	60,0	2,5	1,8	220	—	—	—	—
» № 8	52,8	1,9	1,3	220	3,0	16,5	16,5	15,0
» № 9	34,4	1,8	1,1	180	—	—	—	—
» № 10	34,8	1,6	1,2	160	—	—	—	—
Горизонт 435 м								
Блок № 1	32,5	1,6	1,3	180	—	—	—	—
» № 2	41,2	2,0	1,4	180	—	—	—	—
» № 3	48,7	2,4	1,8	220	—	—	—	—
» № 4	56,1	2,2	1,4	220	—	—	—	—
» № 5	51,2	2,7	2,3	220	—	—	—	—
» № 6	65,0	2,9	2,5	220	—	—	—	—
» № 7	64,7	2,3	1,8	220	—	—	—	—
» № 8	42,5	2,0	1,3	180	—	—	—	—
» № 9	35,5	1,5	0,8	180	—	—	—	—
Число действующих блоков	—	—	—	—	3	3	3	5
Добыча руды или рудной массы, тыс. т	—	—	—	—	23,5	46,0	46,0	46,5
Содержание, %:								
первого металла	—	—	—	—	2,4	2,3	2,3	2,2
второго металла	—	—	—	—	1,7	1,6	1,6	1,5

и качества добываемой руды (или рудной массы)

II год				III год				IV год				V год	
кварталы				кварталы				кварталы				кварталы	
1-й	2-й	3-й	4-й	1-й	2-й	3-й	4-й	1-й	2-й	3-й	4-й	1-й	2-й
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13,5	14,5	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	14,3	16,0	16,5	4,9	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	13,0	16,5	16,5	10,0	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16,3	16,5	16,5	15,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	2,4	16,5	16,5	16,5	8,1	—	—	—	—	—	—
1,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14,5	14,5	5,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	10,0	12,0	12,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	0,6	12,0	13,5	6,4	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	10,0	13,5	15,0	4,0	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,5	16,5	16,5	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	6,0	15,5	17,5	12,2	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,8	13,5	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13,0	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	7,5	12,5	2,0	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
46,1	45,5	46,7	46,5	46,4	46,4	46,5	46,8	46,5	46,5	46,5	46,0	—	—
2,2	2,4	2,3	2,4	2,2	2,3	2,3	2,4	2,3	2,2	2,2	2,3	—	—
1,6	1,6	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	—	—

Подсчеты показывают, что к ураганым должны относиться только одиночные пробы, превышающие среднее содержание по данному блоку или отрезку выработки не менее чем в 5 (при 10—20 пробах, участвующих в подсчете) или в 10 раз (при 50 пробах и более).

Месячное планирование качества руды на месторождениях с резко неравномерным и прерывистым оруденением может быть удовлетворительным только при достаточно большом числе одновременно действующих блоков и при наличии резервных.

Д. А. Зенков [29] путем сопоставления данных отработки с геологическими подсчетами для месторождений с неравномерным оруденением показал, например, что удовлетворительное совпадение планируемых к отработке запасов с фактической добычей может быть тогда, когда в отработке находится одновременно не менее шести блоков. Аналогичные сопоставления, проведенные на ряде урановых месторождений, в общем подтверждают эти выводы. Даже при очень резких расхождениях по отдельным блокам (на месторождениях пятой группы) данные фактической добычи по руднику в целом близко совпадают с запланированными, если в отработке находится одновременно несколько десятков блоков.

Расчеты, произведенные нами по формулам математической статистики, показывают зависимость между числом одновременно действующих блоков и равномерностью оруденения, выраженную через коэффициент вариации (табл. 19).

Таблица 19

Зависимость между числом одновременно действующих блоков и равномерностью оруденения месторождения

Коэффициент вариации содержаний	40	60	100	150	200	300
Число блоков, которое должно быть в одновременной обработке . . . . .	1—2	2—3	3—10	10—20	20—35	35—75

На геологическую службу возлагается также контроль за правильностью и полнотой отработки запланированных участков, который должен проводиться на всех этапах работы рудника. Осуществляют контроль с помощью опробования, геолого-геофизической документации выработок и очистных пространств, изучения вещественного состава руд и ежедневных наблюдений за производством горных работ.

В случае несоответствия фактических границ с проектными необходимо выяснить причину расхождения и наметить новые контуры отработки. Если отклонения требуют проведения дополнительных работ или изменения системы разработок и пересмотра

плана добычи, то по участку оформляют соответствующие материалы, и вопрос об изменениях рассматривается на техническом совещании у главного инженера.

Согласно правилам технической эксплуатации [55], участковые геологи обязаны немедленно ставить в известность главного геолога рудника о всех случаях отступления от плана и о нарушении ведения работ. Методические и технические указания главного геолога рудника для работников службы эксплуатации являются обязательными. Невыполнение указаний главного геолога может повести к запрещению работ. В этом случае составляется акт, указывающий причины остановки работ и виновников, несущих ответственность за технически неправильное ведение работ.

Указания главного геолога рудника о прекращении работ могут быть отменены только по письменному распоряжению главного геолога вышестоящей организации.



## ГЛАВА V

### ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ РУДНИКОВ

Рудничной гидрогеологической службой выполняются следующие основные виды работ:

1) детальная гидрогеологическая и радиогидрогеологическая съемка поверхности месторождения и прилегающей к нему территории;

2) организация наблюдений за режимом поверхностных водотоков, источников и водопроявлений в горных выработках;

3) гидрогеологическая, гидрохимическая и инженерно-геологическая документация и наблюдения в горных выработках и скважинах;

4) опытные работы на геологоразведочных скважинах и бурение специальных гидрогеологических скважин;

5) контроль бурения опережающих и дренажных скважин;

6) выполнение различных видов гидрохимических и инженерно-геологических анализов.

Правильная постановка и организация гидрогеологических исследований на месторождениях при поисково-разведочных и эксплуатационных работах облегчают ведение горных работ при отработке руд и создают безопасные условия труда в рудниках.

#### 1. ТИПЫ ОБВОДНЕННОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАПАСЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Степень обводненности месторождения может зависеть от количества атмосферных осадков, выпадающих в районе месторождения, рельефа местности, создающего естественный дренаж, наличия поверхностных водотоков и водоемов, иногда являющихся причиной катастрофических прорывов воды в горные выработки, степени обнаженности коренных пород и водопроницаемости

рыхлого покрова, наличия крупных тектонических зон, которые могут служить проводниками и коллекторами подземных вод или играть роль подземных барьеров, изолирующих отдельные участки месторождения от притока воды. Большое значение могут иметь депрессии в древнем погребенном рельефе, заполненные рыхлыми, хорошо фильтрующими осадками и являющиеся мощными коллекторами подземных вод. Такие эрозионные погребенные долины были установлены, например, на глубине до 180 м в известняках карбона и на некоторых железо-рудных месторождениях Урала. При вскрытии их горными выработками водопритоки резко возрастают и иногда могут носить характер внезапных катастрофических прорывов.

Наиболее важной в оценке водообильности месторождений является степень трещиноватости, пористости и закарстованности пород. По этим признакам в гидрогеологии принято производить классификацию рудных месторождений.

При оценке водообильности месторождений различают статические, или вековые запасы подземных вод, и динамические. Под статическими подразумеваются запасы воды, находящиеся в порах и трещинах горных пород, которые можно удалить при осушении. Динамическими называются запасы воды, движущейся к осушаемому месторождению в виде подземного потока со стороны области питания. В случае преобладания на месторождении статических запасов, при вскрытии его горными выработками приток в первое время может быть значительным. По мере истощения запасов приток будет уменьшаться даже при расширении фронта горных работ. После истощения статических запасов приток воды в горные выработки становится стабильным за счет динамических запасов. Если на месторождении преобладают динамические запасы, приток в рудник будет выдержан во времени и при расширении фронта работ будет пропорционально увеличиваться. Большие статические запасы подземных вод вскрываются при разработке месторождений в условиях карста. Так, например, статические запасы вод на одном из урановых месторождений в закарстованных породах составили более трех млн. кубических метров.

Для гидрогеологической характеристики месторождения урана целесообразно разделить на следующие группы:

- а) месторождения в изверженных, метаморфических и массивных осадочных породах;
- б) месторождения в осадочных породах — углях, сланцах, пещаниках, аргиллитах, мергелях, известняках;
- в) месторождения в закарстованных породах;
- г) месторождения в слабосцементированных породах.

Месторождения первой группы характеризуются региональной, более или менее равномерной обводненностью, связанной с региональной трещиноватостью, усиленной процессами выветривания, или локальной обводненностью, связанной с тектони-

ческими нарушениями и зонами. Обводненность первого типа наблюдается до глубины 30—50 м. Режим водопритоков этого типа тесно связан с режимом атмосферных осадков.

Локальная обводненность, связанная с тектоническими трещинами и зонами, наблюдается до глубин почти 500 м. Тектонические зоны часто являются коллекторами больших масс напорных вод. На некоторых урановых месторождениях такие зоны были вскрыты на нижних горизонтах разведочными скважинами, местами показавшими отсутствие гидравлической связи между отдельными зонами. Эти скважины в первое время фонтанировали (известен случай, когда высота фонтана достигала 14 м) с первоначальным дебитом до 40—50 м<sup>3</sup>/ч и установившимся до 5—8 м<sup>3</sup>/ч. Время действия таких скважин длится от нескольких месяцев до нескольких лет, в зависимости от размеров области питания. Некоторые скважины остаются постоянно действующими. Обводненность этого типа иногда вызывает необходимость бурения опережающих скважин при проходке выработок, так как возможны внезапные поступления в выработки больших масс воды.

Месторождения, находящиеся в пластовых осадочных породах, отличаются большим разнообразием гидрогеологических условий. Водопритоки в рудниках, разрабатывающих месторождения этого типа, составляют обычно от 20—30 до 80—300 м<sup>3</sup>/ч. Характер поступления воды в горные выработки определяется водоносными свойствами отдельных пластов. В песчаниках и известняках вода поступает более или менее равномерно по всей вскрытой площади пласта из сети трещин. В случае безнапорного характера вод притоки с глубиной уменьшаются. Если характер залегания пластов способствует образованию напорных вод, то притоки, по мере углубления горных выработок, могут увеличиваться и возможны внезапные прорывы.

Угольные пласты слабопроницаемы, поэтому обводненность урановых месторождений, связанных с углями, обычно обуславливается водами пластов и линз песков и песчаников, залегающих в кровле и подошве угольного слоя, а также водами крупных тектонических зон. При этом возможны случаи внезапных прорывов воды из вмещающих пород и пльвунов, очень затрудняющих проходку выработок.

При наличии на месторождении битуминозных пород возможно поступление в выработки вместе с водой газов: сероводорода, метана и тяжелых углеводородов.

Гидрогеологические условия особенно сложны на месторождениях урана, где породы, вмещающие оруденение, содержат воду, нефть и газы. Для них характерна неравномерная обводненность, выражающаяся в том, что наряду с сухими и слабообводненными участками в породах встречаются суфляры объемом до нескольких десятков кубических метров. В них содержится смесь нефти, воды и газа, находящаяся под давлением до 20—30 атм. Месторождения этой группы разрабатывают с примене-

нием специального дренажного бурения скважин как на поверхности, так и в горных выработках.

Месторождения в закарстованных породах наиболее водобильны. Здесь воды поступают главным образом из карстовых полостей и трещин. Особенно большие притоки бывают в тех случаях, когда система карстовых трещин и полостей сообщается с поверхностными водоемами и ручьями. Карстовые пустоты распространяются на довольно большую глубину (известны случаи глубины до 800 м). Объем карстовых пустот может достигать нескольких десятков тысяч кубических метров.

Водопритоки в рудниках этого типа могут быть от 100 до 500—600 м<sup>3</sup>/ч, возрастая при внезапных прорывах иногда более чем до 2000 м<sup>3</sup>/ч. На урановых месторождениях известны притоки воды 300 м<sup>3</sup>/ч.

Наиболее интенсивно карст развивается в известняках, общая закарстованность которых, на известных месторождениях, (по литературным данным) достигает 12% от общего объема. Из них 5% составляют открытые полости карста и 7% — пустоты и трещины, заполненные вторичными механическими и химическими осадками. Явления карста характерны также для доломитов и метаморфизованных пород, имеющих в своем составе много карбонатов.

Месторождения урана в слабосцементированных породах сравнительно редки. Гидрогеологические условия их зависят главным образом от влажности климата и пористости отдельных пластов.

При наличии в районе урановых месторождений целебных минеральных источников бальнеологического значения следует иметь в виду, что развивающиеся при отработке месторождений депрессионные воронки могут привести к уменьшению дебита или к осушению источников. Разработка таких месторождений связана с проведением комплекса специальных гидрогеологических исследований, методика которых описана ниже.

Кроме естественных факторов, обуславливающих степень и характер обводненности рудников, при отработке месторождения часто приобретает большое значение способ ведения горных работ. Например, при системе очистных работ с обрушением кровли на поверхности образуются трещины и провалы, которые могут в дальнейшем стать проводниками атмосферных осадков и воды из ручьев и болот. Неликвидированные старые выработки, разведочные скважины и шурфы также создают иногда дополнительные притоки. Известны случаи внезапных прорывов воды в горные выработки из заброшенных разведочных шурфов и скважин. При отработке месторождения сверху вниз притоки распределяются равномерно на все горизонты. При вскрытии месторождения сразу на большую глубину основная часть водопритока сосредоточивается на низших горизонтах, осушая верхние рабочие горизонты.

## 2. МЕРЫ БОРЬБЫ С РУДНИЧНЫМИ ВОДАМИ И НЕФТЕ-ГАЗОНОСНОСТЬЮ

Средствами борьбы с подземными водами при отработке месторождений являются:

- 1) применение рациональной системы вскрытия и разработки месторождения горными выработками, учитывающей гидрогеологические условия;
- 2) непосредственный водоотлив из рудника;
- 3) изоляция поверхностных водотоков и водоемов, исключая проникновение воды в горные выработки;
- 4) предварительное понижение уровня грунтовых вод и снятие гидростатических напоров бурением дренажных скважин;
- 5) осушение дренажными скважинами, пробуренными из горных выработок по горизонтам;
- 6) опережающее бурение, проходка передовых штреков, устройство предохранительных перемычек;
- 7) специальные методы проходки горных выработок.

Сильнообводненные месторождения рекомендуется вскрывать несколькими шахтными стволами и обрабатывать одновременно минимальное количество участков. Шахтные стволы при этом должны закладываться в наиболее благоприятных по гидрогеологическим условиям участках, даже если это сопряжено со значительным удалением шахтного ствола от залежи, так как проходка вертикальных выработок, в условиях сильной обводненности, труднее, чем горизонтальных.

Участки, расположенные по склонам понижений и в речных долинах, как наиболее водообильные, необходимо разрабатывать в последнюю очередь. Участки, находящиеся под руслами рек и вблизи от них, в зависимости от местных условий, во избежание прорывов воды иногда не разрабатывают вообще. Наиболее распространенный и простой способ изоляции поверхностных потоков от фильтрации воды в горные выработки заключается в оставлении охранных целиков. При высокой поглощаемости поверхностных вод, в особенности в районах развития закарстованных пород, иногда приходится строить водозадерживающую плотину выше месторождения и отводить верхнее течение потока в соседнюю речную долину. Часто участок реки, пересекающий месторождение, заключается в водонепроницаемый лоток. Уменьшение фильтрации воды из потоков может быть также достигнуто заполнением крупных трещин и трещиноватых зон вблизи речного русла цементом, глиной и другими цементирующими материалами. Иногда вода, откачиваемая из рудника, вновь фильтруется через пористые и трещиноватые породы в рудник. Чтобы избежать этого, на поверхности должны быть проложены лотки и трубы для отвода рудничных вод.

Предварительное осушение месторождений с поверхности можно применять в условиях хорошей водоотдачи пород и срав-



нительно неглубокого залегания рудных тел и пластов. При наличии на месторождении напорных вод или нефте-газоносности рудовмещающих пород применяют предварительное дренажное бурение с поверхности. Скважины при этом могут располагаться по кольцевой линии, по сетке или по линиям проектируемых горных выработок. Для заложения скважин выбирают участки, наиболее благоприятные по водоотдаче. Однако в скальных трещиноватых породах не всегда удается выявить такие участки, так как сеть геологоразведочных скважин может не уловить закономерностей в развитии трещиноватости и частично не вскрыть крупные водоносные структуры. В этих случаях при проектировании предварительного осушения за основу рекомендуется брать среднюю величину коэффициента фильтрации, полученную по данным разведочного бурения на участке или на всем месторождении. Исходя из средней величины коэффициента фильтрации в проектах осушения намечают более или менее равномерное расположение дренажных скважин. В процессе работы накапливаются дополнительные данные о водоотдаче и трещиноватости отдельных участков, на основании которых в проект вносят соответствующие коррективы. Густота сети дренажных скважин может быть различная, в зависимости от заданных сроков осушения месторождения. Методика расчетов таких взаимодействующих скважин детально изложена в книге М. Е. Альтовского [90]. Опорные скважины оборудуют глубинными насосами, а снижение уровня воды контролируют по наблюдательным скважинам.

Дренажные скважины могут также быть сквозными, т. е. входящими забоем в кровлю выработок. Тогда дренаж ведется без насосов, а приток воды из скважин собирается в водоотводящие каналы по горным выработкам.

Для предварительной дегазации месторождения и снятия напоров газов кроме дренажных скважин используют разведочные скважины. Для получения дегазационного эффекта скважина торпедируется. Увеличение эффекта дегазации может быть достигнуто нагнетанием в эти скважины сжатого воздуха так же, как это применяется при ускорении осушения мелкозернистых водоносных песков. В практике дренажных работ в Подмосковном каменноугольном бассейне для интенсификации скважин, пройденных в карбонатных породах, успешно применяют кислотную обработку пласта [92]. Кислота по мелким трещинам проникает в глубь пласта, и, растворяя известняки, расширяет эти трещины. В результате многократной обработки пласта скважина соединяется каналами с крупными водоносными зонами и становится водообильной. Для этого обычно применяют 20%-ный раствор технической соляной кислоты, расход которой на одну скважину составляет от 8 до 15 *т*.

В условиях слабой водо-нефтеотдачи увеличение дебитов дренажных скважин может быть достигнуто способом гидравлического разрыва пластов с их кислотной обработкой, применяемым



в нефтяной промышленности. Сущность этого метода состоит в том, что осушаемый пласт обрабатывают кислотой под давлением около 150 атм, создаваемым при помощи цементировочного агрегата ЦА-150. При этом в скважину вначале подается вязкая жидкость (эмульсия, состоящая из 30%-ного водного раствора

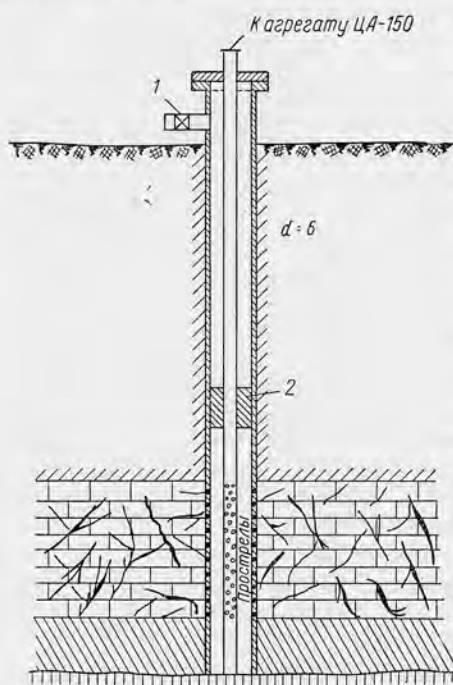


Рис. 58. Схема оборудования скважины для гидравлического разрыва пласта: 1 — задвижка; 2 — тампон.

НСI и нефти, соответственно 90 и 10%). Вслед за эмульсией производится обработка скважины 10—12 м<sup>3</sup> 30%-ным раствором НСI, и по истечении некоторого времени начинают дренаж скважины. Под действием давления в осушаемом пласте происходят разрывы, которые увеличиваются под действием кислоты, проникающей далеко в глубь пласта (рис. 58).

При осушении пород с плохой водо- и нефтеотдачей больший эффект достигается при проведении дренажных работ непосредственно в горных выработках в процессе их проходки. Для осушения и дегазации нефтегазонасыщенных пластов и предупреждения внезапных прорывов воды, нефти и газа применяют подземное дренажное и опережающее бурение, методика которого приводится ниже.

Снизить уровень или напор подземных вод в обычных

условиях в процессе проходки горных выработок можно также посредством забивных фильтров, аэрирующих скважин, вакуум-фильтров, вакуум-колодцев, сквозных фильтров, дренажных шпуров, понижающих колодцев, дренажных штреков, канав, штолен, опережающих и поглощающих скважин, камер обрушения и искусственного заиливания горных выработок. Применение этих способов подробно изложено в книге Г. Н. Каменского и др. [91]. В условиях плохой водо- или нефтеотдачи можно рекомендовать также аэрирование опережающих и дренажных скважин сжатым воздухом. Нагнетание сжатого воздуха в одну из скважин резко повышает производительность соседних скважин, что значительно сокращает время осушения отдельных блоков.

В сложных гидрогеологических условиях, требующих предварительного осушения месторождения, бурят специальные гидрогеологические скважины, на которых проводят опытные работы и наблюдения. Гидрогеологическое бурение рекомендуется вести ударно-механическим способом. Это обеспечивает возможность применения фильтров больших диаметров различной конструкции и не вызывает глинизации стенок скважины. Допускается также колонковое бурение. При этом конечный диаметр опытных скважин должен быть не менее 127 мм; применение глинистого раствора должно быть ограничено и по возможности заменено промывной чистой водой или бурением всухую. Глинистую промывку можно допускать только до встречи первого от поверхности водоносного горизонта. При бурении в пльвунах проходка должна вестись круглосуточно с опережающей обсадкой труб и применением, в случае необходимости, противодавления на забой путем подачи воды в скважину.

Опытные откачки из скважин ведут для определения водонепроницаемости пород, радиуса влияния, взаимосвязи водоносных горизонтов, а также для установления возможности и эффективности применения специальных методов осушения или водопонижения при разработке месторождения.

Для успешного проведения опытных откачек обязательна тщательная изоляция опробуемого водоносного горизонта от других. Это достигается задуванием башмака колонны обсадных труб в подстилающий водоупор на глубину 0,5—1 м или при помощи глиняного тампона. Тампонаж цементом применяют сравнительно редко, при высоконапорных водах. Для откачки скважины оборудуют фильтрами. При наличии неустойчивых прослоев в толще устойчивых водоносных пород применяются щелистые фильтры, в гравелистых породах — дырчатые, представляющие собой отрезок перфорированной трубы. При откачке воды из песков употребляют сетчатые фильтры или гравийную засыпку (для мелкозернистых песков). В последнее время для фильтров применяются сетки из пластмассы.

В результате опытных откачек из одиночных скважин устанавливается дебит скважины при различных понижениях воды и зависимость дебита от понижения, удельный дебит скважин различных водоносных горизонтов и коэффициент фильтрации водоносных пород.

Опытные откачки из одиночных скважин производят при трех понижениях уровня воды. Максимальное понижение должно быть максимально возможным при данном способе откачки, минимальное — не менее 1 м. Продолжительность откачки при каждом понижении должна быть такова, чтобы результаты соответствовали правильной кривой зависимости дебита от понижения: удельный дебит не должен возрастать при увеличении понижения, в противном случае откачку необходимо произвести вторично. В зависимости от характера пород продолжительность

пробных откачек при каждом понижении колеблется от 1 до 7 смен, опытных — от 6 до 24 смен. Наибольшая продолжительность откачек рекомендуется при мелкозернистых неоднородных песках, наименьшая — в скальных сильнотрещиноватых и гравийно-галечниковых породах.

Для определения водопроницаемости пород применяют опытные нагнетания и наливы воды в скважину. Метод нагнетания применяют обычно в трещиноватых породах, где при трех-четырех ступенях давления определяют зависимость расхода воды от напора и удельное водопоглощение породы. На каждой ступени повышения напора опыт длится в течение 0,5—1,0 ч, считая от момента стабилизации давления и расхода.

Наливы применяются как в трещиноватых, так и в рыхлых породах после подъема бурового инструмента и замера уровня воды в скважине, причем различают налив с постоянным уровнем воды в скважине и налив с переменным уровнем, который падает по мере фильтрации воды в стенки.

Налив производится при трех-четырех различных положениях уровня воды в скважине. Величина установившегося напора должна соответствовать постоянному расходу. Необходимо отметить, что величина поглощения воды скважиной зависит от ряда причин и в том числе от глубины залегания статического уровня воды и скорости кальматации трещин и пор породы, поэтому пользоваться для определения водопроницаемости методом налива рекомендуется с осторожностью. В опытах с нагнетанием и наливом используют колонковые геологоразведочные скважины. Опытам с наливами должна предшествовать тщательная прокачка скважины желонкой или свабом, а при бурении с глинистым раствором — солянокислотная обработка. Определение водопроницаемости трещиноватых пород методом налива менее трудоемко, чем откачка. Методом наливов рекомендуется определять дебиты скважин в тех случаях, когда уровень воды находится глубоко от поверхности и проведение опытной откачки является очень сложным.

В горных выработках для предупреждения внезапных прорывов воды в условиях закарстованности пород или воды, нефти и газа в условиях нефтегазонасности пород бурят подземные опережающие и дренажные скважины малых диаметров. Опережающие скважины, пробуренные из забоя горной выработки, должны вскрывать полости и трещины, заполненные только водой или водой, нефтью и газами, находящимися под давлением, дренировать их и снимать гидростатические напоры в пласте, по которому пройдет горная выработка. Трудность этого бурения заключается в том, что при вскрытии полостей с напорными водами, нефтью и газами могут происходить внезапные прорывы, причиняющие много бедствий в руднике. В последнее время разработаны и испытаны опытная модель превентера, кондуктора с цементным креплением и бескерновая буровая коронка, позволяющие

безопасно вскрывать полости с напорными газами, нефтью и водой.

Для бурения в условиях взрывоопасной атмосферы применяют буровые станки с пневматическими или гидравлическими двигателями Х-4 и ПБС-2Т.

Станки Х-4 для дренажного бурения применяются с бескоронной коронкой, сконструированной группой инженеров Пичахчи и др., и превентером конструкции инж. Г. Т. Ширай и М. А. Пап-

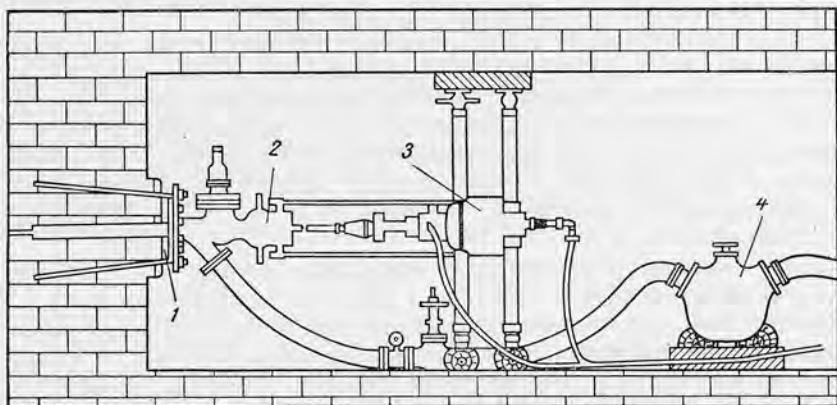


Рис. 59. Схема установки бурового станка и превентера в забое:

1 — кондуктор с якорями; 2 — превентер; 3 — станок Х-4; 4 — шламоотстойник.

шина. Допускаемое рабочее давление на превентер — статическое 50 атм, динамическое — 85 атм. Превентер в устье скважины закрепляют при помощи кондуктора (рис. 59).

Кондуктор состоит из обсадной трубы, фланца и якорей, количество и длина которых определяются в зависимости от ожидаемого усилия, возникающего в скважине в момент выброса жидкостей и газа. Под обсадную трубу кондуктора устье опережающей скважины разбуривают на глубину 2,5—3 м диаметром 112 мм. Крепят обсадную трубу цементом.

Под якоря скважины (шпур) бурят на глубину 3 м, диаметром 76 мм, сразу же после разбуривания скважины под обсадную трубу кондуктора. Закрепляют якоря раствором быстросхватывающего глиноземистого цемента. В стык задвижки превентера с кондуктором ставят паранитовую или резиновую прокладку. Буровой станок раскрепляют на расстоянии 1,5—1,8 м от устья скважины. В колонку буровых штанг вводят обратные клапаны шарикового типа, первый — после первой или второй штанги от забоя; второй — перед вертлюгом, подводящим промывочный раствор от насоса.

Трубопровод для отвода шлама, жидкости и газов монтируют из труб диаметром 4" и проверяют на давление 8 атм.

Для обеспечения нормальной работы трубопровода в линию труб вводят шламоотстойники.

Промывают скважины водой, поступающей по шлангу из рудничного водопровода. Для наблюдения за давлением в скважине на превентерном трубопроводе устанавливают фиксирующий манометр. При вскрытии скважиной трещины или полости с напорной водой, нефтью и газом бурение автоматически прекращается и задвижка на превентерном трубопроводе перекрывается. Разрешение на дальнейшее бурение скважины дается после обследования превентера и отводящих трубопроводов.

Дренажное бурение должно значительно опережать проходку горных выработок, так как для полного осушения и дегазации отдельных блоков иногда требуется значительное время. Расположение подземных дренажных скважин определяется с учетом мощности пласта, его трещиноватости, свойств водо- и нефтеотдачи и глубины бурения. Скважины могут буриться из забоя выработки под углом к ее оси и отдельными кустами из специальных камер.

При бурении с превентером очень затруднена гидрогеологическая документация скважин. Методика документации таких скважин еще не разработана, поэтому можно лишь рекомендовать производить во время бурения исследование шлама с целью изучения литологии, периодически отбирать выходящую из скважины промывочную жидкость и определять в ней содержание урана. Пересечение скважиной водоносных трещин можно обнаружить регулярными замерами вытекающей из скважины воды с одновременными наблюдениями за показаниями манометра.

### **3. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ В СКВАЖИНАХ И ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ**

Инженерно-геологические наблюдения в скважинах и горных выработках выполняются с целью сбора данных о физико-механических свойствах пород и их устойчивости при шахтном строительстве. Эти наблюдения ставятся не только на специальных гидрогеологических скважинах, но и по возможности на всех разведочных.

В процессе бурения отмечают: уровни воды различных водоносных горизонтов, поглощение промывочной жидкости; самоизлив воды из скважин; температура воды, провалы бурового инструмента во время бурения, выход газа из скважин, процент выхода керна.

При проходке пльвунов ведут тщательные наблюдения за высотой поднятия «пробок», т. е. массы водоносного песка, которая заполняет нижнюю часть скважины после подъема из нее бурового инструмента. По высоте «пробок» в скважине можно судить о степени пльвунности песка и величине гидростатического напора.

Прихват бурового инструмента в стволе скважины выше забоя указывает на неустойчивость пород на этой глубине. Для



характеристики устойчивости пород в стенках скважины при изучении керна необходимо обращать внимание на плотность пород, зернистость, трещиноватость, состав цемента, а для связанных грунтов устанавливать консистенцию.

Плотность и крепость пород устанавливают по характеру буримости, поэтому важно регистрировать скорость проходки скважины в различных породах. Во время извлечения из скважины обсадных труб надо вести наблюдения за устойчивостью стенок скважины и за скоростью ее заплывания.

Большое значение имеют наблюдения за трещиноватостью пород. Они дают материал для характеристики крепости пород, устойчивости стенок выработок и водоносности. При описании керна следует отмечать количество трещин, приходящихся на погонный метр керна. При проходке горных выработок необходимо вести постоянные наблюдения за стенками выработок, уделяя особое внимание трещиноватости, отмечая при этом: направление трещин и угол падения; количество трещин на единицу площади; происхождение их (тектонические, напластования, карстовые, отдельности выветривания); системы трещин по элементам их простирания и падения; характер трещин (открытые, закрытые); состав заполняющего вещества.

Особое внимание необходимо уделять явлениям пучения, сползания и обрушения пород. Иногда делают анализы глинистых пород (если они имеют широкое распространение), так как различные виды глиен обладают различными свойствами вспучивания (наиболее подвержены пучению монтмориллонитовые).

Данные по оползанию и обрушению стенок горной выработки сопоставляют с характером строения пласта (слоистость, наличие прослоек, линз и пр.), трещиноватостью пород, наличием плоскостей скольжения, обводненностью и так далее. Признаками возможного обрушения пород обычно служат: появление трещин в стенках шахты, откалывание кусочков породы (стреляние), треск и поломка крепи. Резкое снижение уровня воды вышележащих водоносных горизонтов может указывать на появление значительных водопоглощающих трещин в окружающих породах.

На руднике ведут тщательные наблюдения за прорывами подземных вод и пльвунов в шахту и за газовыделениями. При поломке старой крепи и замене ее новой, после удаления обрушенной породы, устанавливают форму обрушения и отмечают характер обрушенных пород и степень их однородности.

В горных выработках нужно постоянно вести наблюдения за агрессивностью подземных вод (коррозией рельсов, инструментов, бетонных сооружений, спецодежды), образованием осадка и натевов в сточных канавах, трещинах, отмечая характер этих образований, их цвет, скорость накопления, изменение во времени. Необходимо также тщательно следить за изменением химического состава рудничных вод и за изменениями со временем цвета, влажности и пластичности пород.



#### 4. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА УРАНОВЫХ РУДНИКАХ

##### Наблюдения в условиях нефте-газоносности вмещающих пород

Целью гидрогеологических наблюдений в горных выработках, в условиях нефте-газоносности вмещающих пород, является изучение распределения воды, нефти и газов в пластах, а также качественной и количественной характеристики нефте-водо-газовыделений. Данные этих наблюдений используют при выборе и проектировании наиболее эффективных дренажных мероприятий.

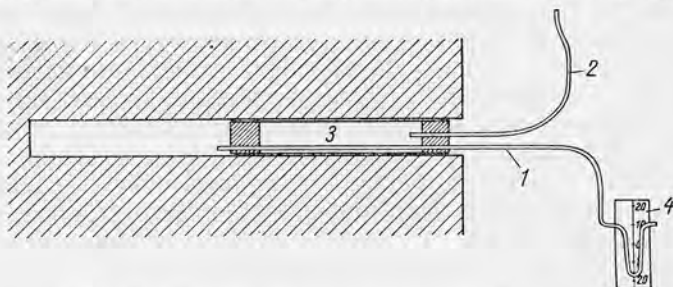


Рис. 60. Схема пневматического газоотборника:

- 1 — трубка для отбора газа и замера давления в шпуре;
- 2 — трубка для нагнетания воздуха в баллон газоотборника;
- 3 — баллон для изоляции шпуровой камеры; 4 — манометр.

К наиболее опасным компонентам следует отнести газы, источниками которых в горных выработках являются жидкая нефть, вода и породы, содержащие газы в порах. Исследования газоносности пород рекомендуется выполнять при помощи шпуровой съемки, методика которой для условий урановых месторождений разработана инженером В. И. Кочетковым.

Сущность шпуровой съемки заключается в том, что в горных выработках через определенные интервалы бурят шпур, в которых при помощи пневматического газоотборника замеряют давление газов, выделяющихся из пор и трещин в породе. Пневматический газоотборник представляет собой отрезок велосипедной камеры длиной 40—50 см, по обоим концам которого вставлены и приклеены резиновые пробки. Через резиновые пробки пропущены две металлические трубки диаметром 8—10 мм (см. рис. 60).

Газоотборник вставляется в шпур, к короткой трубке присоединяют велосипедный насос, которым накачивают воздух в камеру для создания герметичности. К длинной трубке при помощи шланга присоединяется U-образный водяной манометр. Дебит газов, поступающих в шпур из породы, определяют по нарастанию давления в герметизированном шпуре в конце первой минуты после присоединения пневматического газоотборника к трубке манометра. Замеры давления в конце каждой первой минуты

повторяют 3—4 раза и из них берут средний результат. Время замеров контролируют секундомером.

Расчет дебита газа производится по следующей формуле:

$$Q = \frac{PV}{760},$$

где  $Q$  — дебит газа,  $м^3/мин$ ;

$P$  — среднее давление в шпуре в конце каждой первой минуты, *мм рт. ст.*;

$V$  — объем шпура,  $м^3$  (из полного объема шпура вычитается объем газоотборника).

Таким способом можно обнаружить даже очень незначительные выделения газов (порядка 1 *мл/мин*). После замера давления из шпуров отбирают пробы газа на химический анализ. Шпуры для шпуровой съемки располагают таким образом, чтобы охарактеризовать различные участки обрабатываемых нефте-газоносных пластов. При помощи шпуров изучают дегазационные свойства пород, т. е. время дегазации пород по мере вскрытия их горными выработками. Для этой цели шпуры бурят сразу после проходки выработки. Первый шпур бурится в забое, второй — примерно в 5 м от него, третий — в 10 м от первого и т. д. Время дегазации шпуров определяется скоростью проходки. Если, например, скорость проходки составляет 1 погонный метр в сутки, то время, в течение которого различные участки подверглись дегазации, следующее: забой — несколько часов, участок второго шпура — 5 суток, участок третьего шпура — 10 суток и т. д.

В шпурах производят замеры дебитов газов, а затем строят кривую зависимости дебита газа в шпурах от времени. Эти исследования дают возможность устанавливать время дегазации обрабатываемых блоков и выявлять изменения в газоносности пластов по их простиранию и падению. Как показывает опыт подобных исследований на некоторых рудниках, по повышенному давлению в глубоких шпурах легко обнаружить газовые суфляры в породах, а это в значительной степени обеспечивает безопасное ведение буровзрывных работ.

Газовый фактор подземных вод (количество газа в кубических метрах, выделяющегося из 1  $м^3$  воды) на некоторых месторождениях достигает 5—10  $м^3/м^3$  нефти 20—30  $м^3/м^3$ . Поэтому исследование газоносности рудничных вод, связанных с нефтью, является важнейшей задачей в изучении газового режима месторождения. Особое внимание уделяется газам углеводородного ряда и сероводороду, отравляющим рудничную атмосферу. При совместном присутствии в породах воды и нефти сероводород присутствует всегда, так как он образуется в результате реакции восстановления сульфатов, содержащихся в водах, углеводородами нефти.

С целью определения газового фактора подземных вод, вскрываемых горными выработками, и химического состава газов, выделяющихся из воды, проводят:

- 1) изучение газонасыщенности и нефтеносности источников, выходящих на поверхность на площади месторождения;
- 2) документацию выходов подземных вод в горных выработках, описание геологических и гидрогеологических условий выхода воды и нефти, замеры дебита и температуры, отбор проб воды и газов на химический анализ;
- 3) замеры давления жидкостей или газов в опережающих и дренажных скважинах и отбор проб воды и газов из них на анализ;
- 4) изучение количественного соотношения воды, нефти и газов в отдельных выходах их в выработках и скважинах.

При изучении газонасыщенности опережающих и дренажно-дегазационных скважин метод замеров количества поступающих воды, нефти и газа различен и зависит от их дебита. При суммарном дебите водо-нефтяной смеси до  $5-8 \text{ м}^3/\text{сутки}$  и газа до  $20-30 \text{ м}^3/\text{сутки}$  газонасыщенность определяют следующим способом.

Скважину герметично закрывают пробкой с пропущенной через нее трубкой диаметром  $1-1,5''$ , на которую одевается резиновый шланг. Второй конец шланга герметично присоединяют к нижнему тубусу,  $5-6 \text{ л}$  градуированной бутылки — аспиратора. Бутыль предварительно наполняют выходящей из скважины водой, затем опрокидывают вверх дном и погружают горлышком в ведро с водой. По шлангу из скважины поступает вода и нефть вместе с газом, который при выделении вытесняет постепенно жидкость и заполняет бутылку. Зная объем бутылки и время заполнения ее газом, можно определить количество газа, выделяющегося в единицу времени. Дебит водо-нефтяной смеси измеряют мерным сосудом, а газовый фактор вычисляют делением дебита газа на дебит жидкости.

При дебите воды и нефти от  $15$  до  $50 \text{ м}^3/\text{сутки}$  и газа до  $150 \text{ м}^3/\text{сутки}$  замеры производят с помощью небольшого переносного газоотделителя емкостью  $40-60 \text{ л}$ , устроенного по типу траппов, применяющихся в нефтяной промышленности. Газоотделитель представляет собой металлический бак, выполненный из листового железа, толщиной  $2-3 \text{ мм}$ , высотой  $60-70 \text{ см}$  и диаметром  $30-40 \text{ см}$ , имеющий два патрубка в верхней части и один в нижней (рис. 61).

Один из верхних патрубков диаметром  $2''$  служит для входа водо-нефтяной смеси и газа из скважины, другой, диаметром  $1/2''$ , — для выхода свободно выделяющегося газа в газосчетчик. Дегазированная жидкость уходит через нижний патрубок. Регулирование постоянного уровня жидкости в дегазаторе производят при помощи шайб различного диаметра, которые входят в комплект к прибору, и муфтой на нижнем патрубке. Выделяющийся из смеси газ измеряют газосчетчиком, а дебит водо-нефтяной смеси — мерным сосудом. Пробы газа на анализ отбирают в пипетки Зейгера через

специальный штуцер газосчетчика. Дебит жидкости и газа нужно замерять одновременно.

Кроме спонтанных газов вода содержит газы в растворенном состоянии, анализ которых выполняют обычными методами.

Данные шпуровой съемки и опробования водопроявлений в горных выработках, а также элементы трещиноватости пород

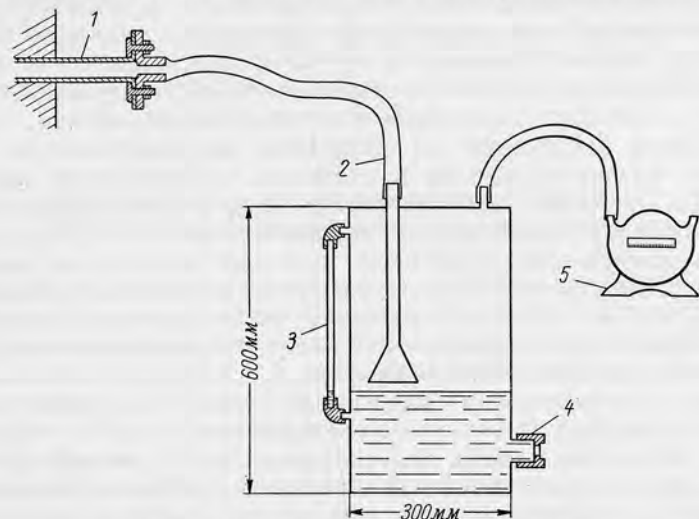


Рис. 61. Схема переносного газоотделителя:

1 — кондуктор скважины; 2 — труба с рассеивателем, по которой поступает жидкость из скважины; 3 — водомерное стекло; 4 — патрубок для отвода жидкости (с набором шайб разного диаметра); 5 — газосчетчик.

наносят на погоризонтные геологические планы. Это дает возможность оконтурить участки с повышенными газо-нефте-водопроявлениями и использовать собранный материал при заложении дренажно-дегазационных скважин.

### Гидрогеологические исследования на рудниках в условиях закарстованности вмещающих пород

Целью гидрогеологических исследований на рудниках в условиях закарстованности вмещающих пород является предупреждение внезапных прорывов воды в выработки, рациональное применение и своевременное осуществление мероприятий по осушению. Для этого необходимо:

1) Произвести гидрогеологическую съемку поверхности, уделяя при этом особое внимание появлению карста (провальные блюдца, каверны, пещеры и пр.).

2) Организовать гидрометрические наблюдения на ручьях и водоемах с целью выяснения возможности питания их водами карста; вести инженерно-геологические наблюдения на всех

разведочных скважинах; при этом особо фиксировать изменения уровня воды в скважинах, провалы и прихват инструмента во время бурения, проявление пробок и процент выхода керна в различных породах.

3) Производить опытные откачки из разведочных и специальных гидрогеологических скважин.

4) Вести гидрогеологическую документацию горных выработок и режимные наблюдения на отдельных водопроявлениях в них. Обратит особое внимание и изучить трещиноватость пород, проанализировать связь карстовых явлений с тектоническими зонами и выяснить гидравлическую связь между зонами.

5) Вести наблюдения за развитием депрессионной воронки по мере осушения рудника и учитывать откачиваемую воду.

6) По глубине распространения карста (по наблюдениям на скважинах), коэффициенту выщелоченности пород (по фактическим данным уже осушенных участков) и площади воронки депрессии подсчитать запасы подземных вод на месторождении.

7) Постоянно изучать химический состав подземных вод и водопроявлений в горных выработках (что зачастую дает возможность установить гидравлическую связь между отдельными комплексами пород и тектоническими зонами). Методика этих работ общепринята и поэтому детально не описывается.

На основании данных перечисленных исследований проектируют и в период подготовительных горных выработок осуществляют специальные дренажные работы, такие как, например, подземные дренажные и опережающие скважины и специальные дренажные выработки.

Ценный фактический материал для проектирования дренажных мероприятий и прогноза ожидаемых притоков на отдельных горизонтах дает постоянный учет откачиваемой из рудника воды. Общий приток в шахтное поле может быть определен или по фактической производительности насосных установок или по водомеру, устанавливаемому на нагнетательной трубе насоса.

В первом случае предварительно производят контрольную проверку насоса в течение некоторого промежутка времени, например, смены. В журнал наблюдений заносят паспорт насоса, время его работы и остановок.

Как в первом, так и во втором случае общий приток воды в шахтное поле определяют по формуле [92]

$$q = \frac{q_n t}{T} = \frac{Q}{T},$$

где  $q$  — приток воды в шахту,  $м^3/ч$ ;

$q_n$  — производительность насоса,  $м^3/ч$ ;

$t$  — время работы насоса,  $ч$ ;

$T$  — время от начала откачки до ее окончания,  $ч$ ;

$Q$  — общее количество воды, выкачанной за смену или сутки,  $м^3$ .



Кроме того, приток в шахтное поле может быть определен по времени восстановления уровня воды до определенной высоты в водосборнике при остановке насоса или путем замера при помощи ящика с водосливом, установленного на поверхности. При небольших притоках (до  $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ ) водослив может быть заменен мерным ящиком или бочкой емкостью до  $1 \text{ м}^3$ .

В зависимости от водообильности месторождения определяют время опережения очистных работ дренажными, буровыми и горными работами. Во всех случаях промежуток времени между дренажными и очистными работами должен быть достаточным для полного осушения дренируемого блока.

### **Гидрогеологические исследования на рудниках, расположенных вблизи минеральных источников**

Основной задачей гидрогеологических работ в таких условиях является предупреждение влияния общего понижения уровня подземных вод при отработке месторождений на дебит расположенных вблизи минеральных источников. Гидрогеологическими исследованиями должна быть установлена нижняя граница отработки месторождения, безопасная для осуществления минеральных источников, и выяснена гидравлическая взаимосвязь между отдельными пластами, блоками и тектоническими зонами. С этой целью пробуривают специальные гидрогеологические скважины и проводят на них и на всех разведочных скважинах соответствующие наблюдения, организуют опытные откачки из скважин, с большим понижением уровня воды и опытными наливками с применением красящих веществ; проводят режимные наблюдения на источниках и водопрооявлениях в горных выработках; ведут определение динамических и статических ресурсов подземных вод на месторождении, учет откачиваемой из рудника воды и наблюдения за формированием депрессионной воронки (общее количество откачиваемой воды не должно превышать динамических ресурсов), ведут тщательное и постоянное изучение химического и газового состава вод источников и всех водопрооявлений в горных выработках. Появление в рудничных водах газов, содержащихся в минеральных источниках, например,  $\text{CO}_2$ , или изменение в химическом составе рудничных вод может указывать на распространение влияния понижения уровня подземных вод в руднике на прилегающую провинцию минеральных вод.

В данных условиях гидрогеологические исследования рекомендуют ставить более регионально, чем это имеет место на других рудниках. Гидрогеологической съемкой должны быть охвачены кроме площади месторождения также площади распространения минеральных вод, так как выяснение условий питания, направления стока, положения главных водоподводящих комплексов и структур имеет здесь очень важное значение.



Особое внимание должно уделяться также всестороннему изучению крупных тектонических водоносных зон и трещин, вскрываемых горными выработками или подземными скважинами. На этих участках должны ставиться стационарные режимные наблюдения, включающие, кроме замеров дебита, систематическое опробование воды на химический и газовый состав.

Данные гидрогеологической документации горных выработок необходимо наносить на погоризонтальные планы и совмещать с результатами структурногеологической съемки. Это позволит выяснить пространственное положение крупных водопроявляющих структур.

Большую помощь в данных условиях оказывает подземное колонковое бурение. Скважины обычно закладываются для подсечения на глубине крупных тектонических водоносных зон. Часто такие скважины вскрывают напорные воды и самоизливаются в течение длительного промежутка времени. При этом следует вести наблюдения за распространением влияния самоизлива на окружающие водопроявления в выработках и на источники на поверхности. В случае изменения дебита минеральных источников скважина должна быть закрыта.

Если, несмотря на указанные предостережения, влияние рудника начинает сказываться на курортные источники, то следует немедленно прекратить работу на нижних горизонтах и затопить их до уровня, гарантирующего сохранность минеральных источников.

## 5. РАДИОГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### Условия обогащения природных вод радиоактивными элементами

Обогащение природных вод радиоактивными элементами зависит от формы присутствия радиоэлементов в горных породах и вещественного состава руд, химического и газового состава и рН воды, условий циркуляции и степени обводненности пород.

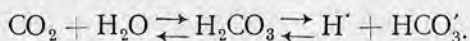
Как известно, уран в горных породах может присутствовать в рассеянной форме и в виде минералов. Соприкасаясь с породой, содержащей уран в любой форме, природные воды в той или иной степени обогащаются им. Рассеянная форма может обогатить подземные воды ураном в количествах от  $n \cdot 10^{-7}$  до  $n \cdot 10^{-5}$  г/л, но в некоторых случаях, при весьма замедленной циркуляции вод и значительной разрушенности пород с высоким кларком урана, и до  $10^{-4}$  г/л. Содержание урана в водах, непосредственно соприкасающихся с рудными образованиями, может достигать порядка  $n \cdot 10^{-2}$  г/л, но в среднем находится в пределах от  $n \cdot 10^{-5}$  до  $n \cdot 10^{-3}$  г/л. По мере удаления от рудного тела содержание U в водах, вследствие сорбционных процессов и разбавления боковыми водами, постепенно уменьшается.

Переход U из урановых руд в воду в значительной степени зависит от вещественного состава руд. Большое значение имеет характер урановой минерализации, так как различные минералы обладают различной растворимостью. Из вторичных минералов наиболее растворим шрекингерит. Имеет значение также степень дисперсности минералов, поэтому руды, содержащие урановую чернь, как правило, дают высокое содержание урана в водах. Породы, вмещающие оруденение, оказывают влияние на формирование химического состава вод. Так, например, карбонатные породы образуют в воде ион  $\text{HCO}_3^-$ , что способствует переходу урана в раствор. Сульфиды в рудных жилах при окислении создают кислую реакцию воды, что также способствует переходу урана в раствор.

На урановых месторождениях рН подземных вод большей частью находится в пределах от 6 до 8. При этих величинах влияние рН на растворимость минералов урана не особенно заметно. Однако при обилии в породах сульфидов рН рудничных вод может быть более низким. Гидролиз сульфатных соединений урана происходит при рН = 4,2. Если рН воды ниже этого значения, то уран переходит в раствор очень активно. Так как в результате взаимодействия с вмещающими породами, особенно карбонатными, воды постепенно нейтрализуются, то уран осаждается в виде гидроокислов. В щелочной и нейтральной среде U образует с ионом  $\text{HCO}_3^-$  комплексные карбонатные соединения, которые хорошо удерживаются в растворе и мигрируют на большие расстояния. Ион  $\text{SO}_4^{2-}$  способствует переходу урана в раствор при рН вод ниже 4,2; ионы Cl, Ca и [Mg, находящиеся в водах, заметного влияния не оказывают.

Из природных газов в подземных водах в значительных количествах присутствуют  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2$ , тяжелые углеводороды и благородные газы. В зоне активного водообмена содержание свободного кислорода в водах достигает 14 мг/л. Являясь активным окислителем, кислород способствует переходу рудных элементов в раствор; поэтому воды, содержащие кислород, способны обогащаться ураном в большей степени, чем воды без кислорода.

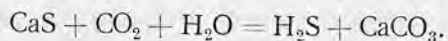
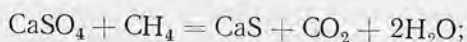
Углекислый газ  $\text{CO}_2$  в подземных водах может быть воздушного происхождения, магматического и как продукт разложения карбонатных пород. Двуокись углерода находится в водах главным образом в виде растворенных молекул газа ( $\text{CO}_2$ ), однако часть их (около 1%) вступает во взаимодействие с водой, образуя угольную кислоту:



Угольная кислота диссоциирует на ионы H и на  $\text{HCO}_3^-$ , которые образуют с ураном растворимые комплексные соединения. Содержание угольной кислоты в природных водах урановых месторождений

колеблется в пределах от нескольких миллиграммов до 2—3 г в литре.

Сероводород в природных водах может накапливаться в результате биохимических процессов и процессов восстановления сульфатов углеводородами:



Содержание его в природных водах достигает 2 г/л. Роль сероводорода в процессах растворения урановых минералов еще недостаточно выяснена. Несмотря на его резко восстановительные свойства, на урановых месторождениях встречаются источники, содержащие в присутствии сероводорода до  $n \cdot 10^{-3}$  г/л урана. Остальные газы в природных водах встречаются в очень малых концентрациях и, по-видимому, не оказывают существенного влияния на переход урана в раствор.

Условия циркуляции вод — наиболее существенный фактор, влияющий на растворение и выщелачивание урана подземными водами. При малой обводненности пород, где циркуляция замедлена, вода в большей степени обогащается ураном, чем в условиях активной циркуляции. При этом большое значение имеет соотношение количества воды, проходящей через рудное тело, с количеством рудной массы. Чем меньше количество воды и медленнее скорость ее движения, тем больше она обогащается ураном.

Влияние перечисленных факторов на растворение и выщелачивание урана сказывается в том, что воды различных урановых месторождений и даже отдельных зон одного месторождения содержат разное абсолютное количество урана.

Радий мигрирует менее интенсивно, чем уран, и в процессе его растворения главную роль играют явления диффузии, происходящие крайне медленно. Радиевые воды образуются как в результате выщелачивания пород с нормальным рассеянным содержанием Ra, так и пород с повышенными концентрациями Ra и U.

При крайне замедленном процессе поступления Ra застойный режим вод способствует накоплению в них радия. Поэтому наиболее богатые радием воды ( $n \cdot 10^{-9}$  г/л) приурочены к нефтеносным закрытым структурам. По химическому составу это высокоминерализованные воды типа рассолов хлоридно-кальциево-натриевого состава без сульфатов, так как в присутствии иона  $\text{SO}_4$  Ra совместно с Ba выпадает в виде нерастворимых сульфатов. Радий хорошо сорбируется глинистыми и органическими веществами, травертинами, железо-марганцевыми отложениями, вследствие чего он мигрирует в воде на меньшие, чем уран, расстояния. Содержание Ra в водах урановых месторождений находится в пределах от  $n \cdot 10^{-12}$  до  $n \cdot 10^{-9}$  г/л.

Миграция радона в природных водах подчиняется законам парциального давления газов и не зависит от химического состава воды. Обогащение природных вод радоном прежде всего зависит от эманлирующей способности горных пород, по которым циркулирует вода. Так как радий в рассеянном состоянии содержится во всех горных породах, все породы обладают способностью в той или иной степени эманлировать и обогащать циркулирующие по ним воды радоном. Обычное эманирование пород дает содержание радона в водах порядка нескольких десятков *эман*, урановые руды — порядка сотен и тысяч *эман*.

Благодаря короткому периоду полураспада радон не выносятся водами на большие расстояния от месторождения. Водопроницаемые породы являются проницаемыми и для радона и, наоборот, водонепроницаемые породы являются препятствием для движения радона. Передвигаясь вверх по трещинам, пустотам и порам в горных породах, радон довольно часто скапливается под отложениями водоупорных пород. Так например, скопления радона нередко наблюдаются в трещинах под слоем поверхностных суглинистых отложений. При наличии в породах мощных тектонических разломов или трещиноватых зон радон устремляется в них. Особенно это имеет место в зонах молодых тектонических нарушений. Растворимость радона в воде уменьшается с повышением температуры воды.

Радон и радий являются вредными примесями в водах, используемых для водоснабжения; допустимые содержания их следующие [93]:

а) для временного питьевого водоснабжения  $Rn — 10^{-9}$  *кюри/л*,  
 $Ra — 5 \cdot 10^{-11}$  *г/л*;

б) для централизованного питьевого водоснабжения  $Rn — 10^{-10}$  *кюри/л*,  $Ra — 5 \cdot 10^{-12}$  *г/л*;

в) для технического водоснабжения  $Rn — 10^{-8}$  *кюри/л*,  
 $Ra — 5 \cdot 10^{-10}$  *г/л*.

В воздухе промышленных предприятий допускается содержание радона  $10^{-11}$  *кюри/л*, рудников — до  $10^{-10}$  *кюри/л*.

### Гидрохимические поисковые признаки

Условия поступления и миграции радия, урана и радона в подземных водах, а следовательно, и поисковое значение каждого элемента очень различны. Если наличие урана в водах является прямым поисковым признаком, то наличие радия и радона лишь косвенно указывает на урановую минерализацию пород. Однако, как показывает опыт, повышенное содержание урана в водах, в пределах  $n \cdot 10^{-5}$  *г/л*, может быть в результате соприкосновения с породами, содержащими не только урановую минерализацию, но и рассеянный уран. Поэтому наиболее достоверным поисковым признаком следует считать одновременное присутствие в воде в повышенных количествах всех трех элементов

(U, Ra, Rn), причем присутствие радия и радона указывает на близость урановой минерализации к опробуемому выходу вод.

Благоприятным поисковым признаком является повышенное содержание в воде U и Rn (без радия), а также значительно повышенное содержание одного урана (в 10—20 раз превышающее «натуральный фон»).

Отсутствие в воде урана при повышенном содержании радия и радона свидетельствует о наличии в породах вторичных радиевых отложений.

В качестве косвенных или дополнительных гидрохимических признаков могут быть использованы данные о повышенном содержании во водах иона  $SO_4^{''}$  (там, где урановая минерализация ассоциирует с сульфидными минералами), а также сопутствующих урану рудных металлов — свинца, молибдена, серебра и др.

Наиболее протяженные по направлению движения воды ореолы образуют уран. По литературным данным известно, что в подземных водах протяженность водного ореола рассеяния U может достигать более 800 м, Rn—100—200 м, Ra, по-видимому, меньше 100 м. Из сопутствующих элементов на большие расстояния (порядка сотен метров) мигрируют Mo и Zr. Свинец относится к менее подвижным элементам и встречается в водах только на близком расстоянии (первые десятки метров) от рудных зон.

Заметное увеличение содержания иона  $SO_4^{''}$  в аномальных водах имеет место на тех месторождениях, где урановые руды содержат пирит и другие сульфиды. Однако содержание иона  $SO_4^{''}$  в воде может повышаться также за счет процессов континентального засоления в условиях аридного климата, но в этом случае одновременно с ионом  $SO_4^{''}$  повышаются содержание в воде иона  $Cl'$  и общая минерализация. Поэтому, используя присутствие в воде иона  $SO_4^{''}$  в качестве дополнительного поискового признака, удобнее пользоваться не абсолютным содержанием его в воде, а отношением  $SO_4^{''} : Cl'$  в миллиграмм-эквивалентах (*мг/экв*), сравнивая это отношение в водах рудных зон и заведомо безрудных участков.

При разведке и разработке месторождений урана гидрохимические данные используют в качестве поисковых для выявления слепых рудных тел и контроля за полнотой отработки месторождения.

### **Методика и объем радиогидрогеологических исследований при разведке и эксплуатации урановых месторождений**

Радиогидрогеологические исследования включают: детальную радиогидрогеологическую съемку рудного поля и примыкающей к нему площади в масштабе 1 : 25 000 или 1 : 10 000, изучение аномальных источников и участков на поверхности, радиогидро-



геологическую документацию горных выработок и разведочных скважин, детальное изучение аномальных участков в горных выработках.

Детальная радиогидрогеологическая съемка выполняется на примыкающей к руднику территории площадью 50—100 км<sup>2</sup>. При масштабе съемки 1 : 25 000—1 : 10 000 густота опробуемых точек должна быть 0,5—0,25 точки на 1 см<sup>2</sup> карты (в зависимости от природных условий).

Радиогидрогеологическая съемка выполняется на геологической основе соответствующего масштаба, на которую наносят источники с присвоенными им номерами. Источники описывают в полевой книжке, где отмечают:

- а) местонахождение источника, его номер, дату описания;
- б) дебит (примерный);
- в) температуру воды и воздуха в момент описания;
- г) характер выхода (единичный, групповой, напорный, безнапорный);
- д) геоморфологические условия выхода (у подножия склона, в тальвеге, на водоразделе и пр.);
- е) геологические условия участка;
- ж) элементы и характер трещиноватости пород на участке выхода;
- з) номер пробы воды, отобранной из источника.

В наиболее интересных случаях делаются зарисовки, схематические планы участка или фотографии источника.

В итоге съемочных работ должны получить освещение следующие вопросы:

- а) содержание U во всех источниках, колодцах, шурфах и других водопоявлениях, содержание Ra и Rn в 15—20% источников;
- б) общий химический и газовый состав вод различных литологических разностей пород (опробуются 40—50% всех водопоявлений);
- в) физические свойства вод — связь температуры источников с температурой воздуха;
- г) условия питания, циркуляции, разгрузки и типы подземных вод;
- д) роль тектонических структур в циркуляции подземных вод;
- е) геоморфологические черты района и их роль в циркуляции подземных вод.

В процессе съемки по возможности должны быть схематично восстановлены палеогидрогеологические условия района — условия питания, циркуляции и разгрузки подземных вод в различные геологические эпохи.

По мере накопления фактического материала по концентрации в водах радиоэлементов устанавливается «натуральный фон» содержания U для подземных вод данного района. Следует при этом отметить, что «натуральный фон» различен для разных райо-

нов, так как величина его зависит от кларка урана в породах и соотношения подвижной и инертной форм его, присутствия уранового оруденения в данном районе, интенсивности обводненности пород, скорости циркуляции подземных вод и гидродинамической зональности их.

В районах урановых месторождений величина «натурального фона» до источником может колебаться от  $n \cdot 10^{-7}$  г/л до  $n \cdot 10^{-5}$  г/л.

«Натуральный фон» устанавливается по наименьшему преимущественному содержанию урана в источниках. На основании полученных данных выделяются аномальные по урану источники и участки. Заведомо аномальными можно считать те водопрооявления, в которых содержание урана превышает фоновое в десять и более раз. Источники, содержащие уран в количествах, промежуточных между фоновым и заведомо аномальным, могут быть связаны как с рудопрооявлениями урана, так и с рассеянной его формой в породах. Для выявления и исключения их необходимы дополнительные гидрохимические исследования. Методика таких исследований еще достаточно не разработана и, по-видимому, не может быть универсальной для всех районов исследований. Исходя из данных о том, что непосредственно в урановых рудоносных зонах вода содержит в повышенных количествах U, Ra, Rn, сопутствующие урану элементы (Pb, Mo, Zn, Ag и др.) и в некоторых случаях ион  $SO_4$ , можно рекомендовать изучение поведения этих элементов в водах в качестве дополнительных признаков, которые могут помочь отделить действительные аномалии от ложных. В аномальных источниках производится повторное контрольное определение U в период завершения съемочных работ. При повторном опробовании отмечается: изменение дебита источника по сравнению с первоначальным, температура воды и воздуха, перемещение места выхода источника.

В аномальных источниках при повторном опробовании кроме U определяется содержание Ra и Rn и общий химический состав воды. Если при повторном опробовании подтверждается аномальность источника, на него заводится специальный бланк — карточка.

По материалам съемки составляется радиогидрогеологическая карта района на геологической основе. На карте должны быть отражены:

- а) области питания и разгрузки подземных вод;
- б) типы подземных вод по условиям циркуляции;
- в) химизм подземных вод;
- г) радиоэлементная характеристика источников и их дебиты;
- д) аномальные по содержанию U и других радиоэлементов источники и участки.

К карте прилагаются геологические разрезы, на которых отмечается уровень подземных вод и степень обводненности различных литологических разностей пород и тектонических структур.

Для выявления оруденения на прилегающей к руднику территории в процессе съемки нужно также проводить опробование гидросети, особенно в условиях хорошо расчлененного рельефа. При этом опробуются поверхностные водотоки всего бассейна реки через заданные промежутки в 100—200 м, а затем, при выявлении пунктов с повышенным содержанием U в воде, точки опробования сгущаются. Ввиду малых концентраций урана в поверхностных водах объем отбираемых проб должен быть увеличен до одного литра.

Выделенные в результате съемки аномальные источники и участки подвергаются детальному изучению. Составляется схематический геологический план участка в масштабе от 1 : 1000 до 1 : 100, на который наносятся: литология, структуры, главные направления трещиноватости. Учитывая элементы рельефа и направления трещиноватости, предположительно определяется направление движения вод на участке (см. рис. 62). Мелкими шурфами и расчистками вскрывается зеркало подземных вод на участке, и после опробования этих вод на уран оконтуривается площадь распространения аномальных вод. Все выходы подземных вод на участке — источники, расчистки и шурфы — опробуются на U, Ra, Rn. Изучается общий химический и газовый состав вод, определяется содержание подвижного урана в породах, из которых поступают аномальные воды, и эманлирующая способность пород. Пробы пород для определения эманирования отбираются по сетке или по профилям. Если у источника имеются водные отложения — карбонатные, железистые, глинистые налеты, — в них нужно определить уран и радий.

Как уже отмечалось, косвенным поисковым признаком может служить также присутствие в воде сопутствующих металлов. Определить наличие металлов в воде можно или по дитизону непосредственно в пробе воды, или при помощи спектрального полуколичественного анализа сухого остатка из воды. Для получения сухого остатка 0,5 л воды выпаривается в фарфоровой чашке на медленном огне, осадок со стенок чашки счищается стеклянной палочкой и переносится в пакетик из кальки.

При невысоких аномальных содержаниях U в воде источника очень важно решить вопрос, не является ли обогащение воды ураном следствием соприкосновения ее с породами, содержащими повышенные количества подвижного урана. Для этой цели можно рекомендовать метод водных вытяжек. Пробу пород, из которых выходит источник, весом в 100—200 г дробят до крупности 2 мм и навеску ее в 50 г заливают дистиллированной водой (0,5 л) или обычной водой, не содержащей урана, и оставляют на сутки. Затем отстоявшийся раствор отсифонивают резиновой трубкой и определяют в нем содержание U обычными методами. Если в растворе обнаруживается содержание U, близкое к воде источника, можно предположить, что вода источника обогащена U за счет вмещающих пород и не связана с рудопроявлениями.

На аномальном источнике ставятся режимные наблюдения за изменением дебита, температуры и содержания U в воде. Цикл наблюдений может быть годичный или захватывать промежуток от паводкового периода до меженного. Наблюдения ведутся от 1 до 3 раз в месяц.

На аномальном участке проводится гамма-съемка поверхности и данные радиогидрогеологии сопоставляются с геофизическими и геологическими данными. На основании собранных материалов совместно с геологом дается заключение о перспективности данного участка.

Интерпретация данных детального изучения аномального участка необходима для оценки гидрохимической аномалии и выбора направления разведочных выработок для вскрытия аномалии.

Первый вопрос решается на основании анализа данных о содержании U, Rn и Ra в воде, подвижного U в породах, эманулирующей способности пород, постоянства содержания урана в воде при различном дебите источника, содержания сопутствующих элементов в воде и сопоставления данных гидрохимии с данными геофизики и геологии.

Второй вопрос может быть решен на основании тщательного анализа направлений движения вод на участке в зависимости от рельефа и главных направлений трещиноватости пород, характера выхода источника и принадлежности его к водам зоны активной циркуляции или к водам глубоких тектонических трещин.

На рис. 62 приведен пример интерпретации данных изучения радиогидрогеологической аномалии.

В источнике № 70 было обнаружено аномально высокое содержание урана. Вокруг источника были пройдены шурфы, вскрывшие грунтовые воды. Опробование шурфов на уран показало, что обогащенные ураном воды поступают с левого борта долины. Но данным полугодичных режимных наблюдений было установлено, что по характеру выхода, колебанию дебита и температуры источник представляет собой воды зоны активной неглубокой циркуляции.

Кроме этого, уменьшение содержания урана в воде с сезонным уменьшением дебита свидетельствует о том, что оруденение находится в зоне колебания уровня грунтовых вод. Анализ геологического строения участка подсказал, что оруденение, по-видимому, связано с кварцевыми жилами, секущими гранитоиды на участке водораздела. В этом направлении была задана штольня, вскрывшая оруденение в виде урановых черней.

Радиогидрогеологическая документация горных выработок заключается в фиксации на маркшейдерских планах с геологической документацией всех водопроявлений в выработках и опробовании этих водопроявлений на радиоэлементы, в первую очередь на уран. В аномальных по урану водопроявлениях определяется также Rn и Ra.

При гидрохимическом опробовании горных выработок очень важно точно фиксировать место выхода воды, так как это дает возможность судить о пространственном положении рудного тела.

При интерпретации гидрохимических данных, полученных при опробовании выработок, необходимо учитывать пути движения воды в горных породах. Для этого необходимо тщательно изучить характер трещиноватости, выявить соотношение основных направлений трещиноватости с элементами рельефа и глав-

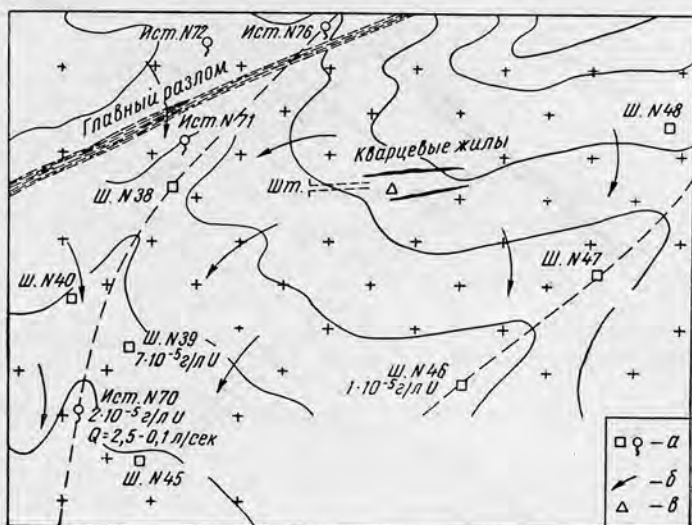


Рис. 62. Поиски рудного тела по гидрохимическим аномалиям с учетом направления движения подземных вод:

а — шурфы и источники; б — направление движения подземных вод; в — точка рудной минерализации.

ное направление движения подземных вод на месторождении. Владея этими данными, гидрогеолог в каждом отдельном случае может довольно точно определить местоположение рудного тела. Так, например, на одном из месторождений при проходке кварцшлага на подсечение рудной зоны на IV горизонте (см. рис. 63) был выявлен ряд водопроявлений с аномальным содержанием U. Приуроченность этих выходов к кровле и восточной стенке дала возможность предположить положение рудного тела восточнее и по вертикали выше горизонта кварцшлага. Главное направление водопроводящих трещин в гранитах подтверждало это предположение.

На этом участке была пройдена восстающая выработка, вскрывшая между III и IV горизонтами промышленное рудное тело.

В другом случае (рис. 64), по данным А. И. Германова (устное сообщение), при проходке разведочной штольни производилось опробование воды в забое. Кроме того, вблизи устья штольни



у подножия склона опробовали источник, в котором было найдено повышенное содержание U и близкое к фоновому содержание Rn и Ra. Проходка штольни вызвала постепенное снижение уровня вод. По мере приближения к рудоносной зоне содержание U в водопроявлениях постепенно возрастало и в непосредственной близости от рудоносной зоны достигло  $2 \cdot 10^{-3}$  г/л. Содержание Ra и Rn на довольно большом расстоянии повышалось незначительно и только в 100 м от зоны черниевых руд стало заметным.

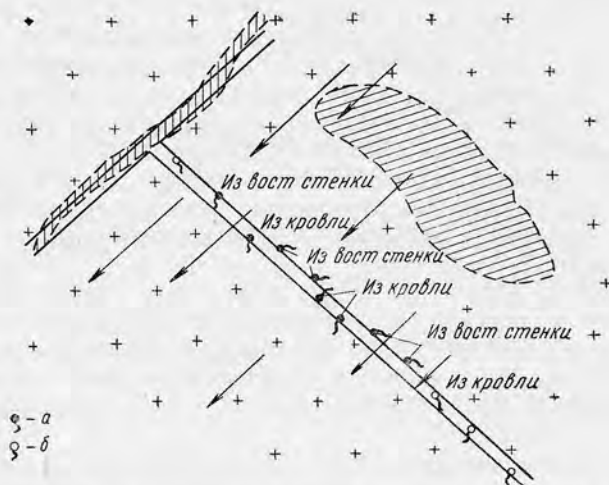


Рис. 63. Определение местоположения рудного тела, находящегося за пределами горной выработки, по данным гидрохимического опробования:

а — водопроявление с повышенным содержанием урана;  
б — водопроявление с нормальным содержанием урана.

По тем же данным, на одном из урановых месторождений, в штольне, пройденной по рудоносному разлому, после выпадения дождей появились в кровле временные капези воды (рис. 65). Опробование показало в некоторых из них высокое содержание урана. На этом участке в 15 м выше горизонта штольни было обнаружено рудное тело. Аналогичный пример можно привести по другому месторождению, где рудное тело найдено в 70 м выше горизонта штольни.

На одном из эксплуатируемых месторождений при бурении подземных скважин с целью подсечения рудоносной структуры гамма-каротаж их дал отрицательные результаты. Опробование вод, вытекавших из скважин, показало повышенное содержание U (от  $6 \cdot 10^{-5}$  до  $8 \cdot 10^{-4}$  г/л) и при натуральном фоне  $1 \cdot 10^{-5}$  г/л. При этом наиболее высокое содержание урана наблюдалось в скважине, проходящей ближе к рудному телу. Содержание Rn в воде из этой скважины было 580 эман и Ra —  $2 \cdot 10^{-11}$  г/л (при

натуральном фоне  $Ra = 2 \cdot 10^{-12}$  г/л). На этом участке разведочными выработками было вскрыто промышленное рудное тело (рис. 66).

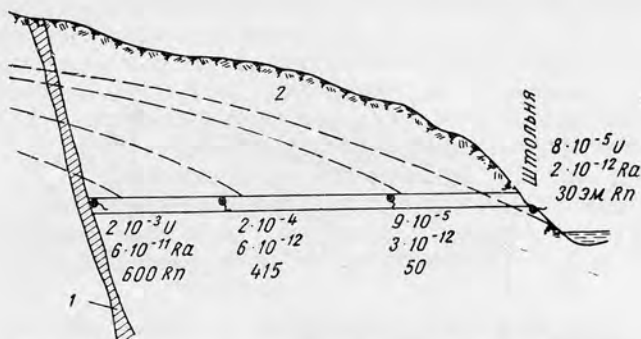


Рис. 64. Изменение содержания U, Ra и Rn в подземных водах в зависимости от расстояния до рудного тела:

1 — рудоносная зона; 2 — уровень грунтовых вод.

Результаты тщательного гидрохимического опробования воды в горных выработках при разведке можно использовать при

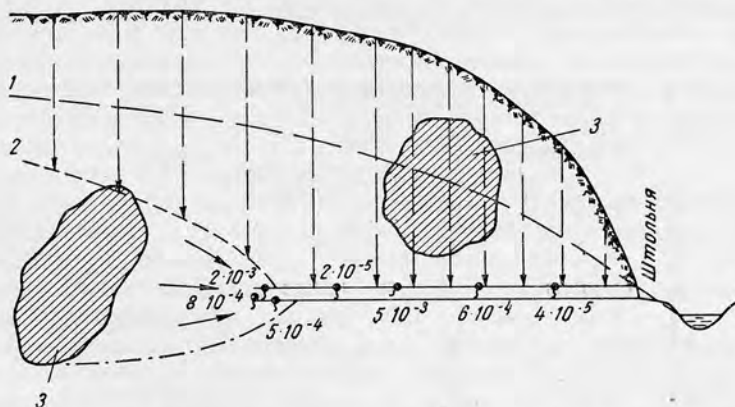


Рис. 65. Определение местоположения рудного тела в подземных выработках по данным гидрохимического опробования:

1 — уровень грунтовых вод I; 2 — уровень грунтовых вод II; 3 — рудное тело.

оценке перспектив месторождения. При разведке одного месторождения пробы воды, взятые с различных глубин (в процессе проходки шахтного ствола), показали следующее содержание урана:

Глубина, м	10	20	30	40	50	70
Содержание, г/л	$2 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$

По этим данным можно было предположить, что наиболее интенсивное урановое оруденение находится в интервале глубин от 20 до 40 м и что ниже оруденение отсутствует (рис. 67). Прорodka выработок подтвердила это предположение.

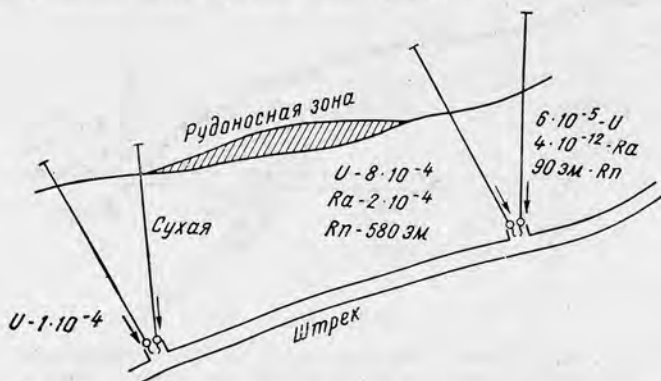


Рис. 66. Поиски рудного тела с помощью гидрохимического опробования подземных скважин.

Распределение урановой минерализации в вертикальном разрезе месторождений, как правило, неравномерно. По мере углубления могут изменяться условия циркуляции вод и геохими-



Рис. 67. Определение перспективности участка по результатам гидрохимического опробования в шахте.

ческая обстановка, поэтому значения «натурального фона» для каждого горизонта будут различны и соответственно аномальные значения содержания радиоэлементов могут быть также различны.

Среднее содержание урана в водах по горизонтам, вычисленное по достаточно большому количеству проб, дает представление об интенсивности уранового оруденения на месторождении на данной глубине.

Радиогидрогеологические наблюдения на скважинах имеют целью опробование на радиоэлементы подземных вод, вскрывае-

мых скважиной, которые бурятся часто с глинистой промывкой. Поэтому, чтобы опробовать подземные воды, поступающие в скважину из пород, необходимо предварительно очистить скважину от глинистого раствора, прокачав ее в течение нескольких смен. При бурении геолого-разведочных колонковых скважин часто не удается это выполнить. В этих случаях уран можно определять в промывочной жидкости, выходящей из скважины, фиксируя при этом глубину забоя скважины, отбирая пробы через интервалы от 1 до 5 м, и по данным анализов строить график зависимости содержания U в промывочной жидкости от глубины скважины. По графику отмечают интервалы глубин, в которых содержание U в промывочной жидкости повышалось. Данные эти увязывают с данными гамма-каротажа и изучения керна.

### Отбор проб на различные виды анализов и методы определений

Существует два полевых метода определения урана в природных водах — метод Айдиньян, основанный на соосаждении U из воды гидроокисью алюминия, и метод Резникова, в основе которого лежит сорбция U из раствора активированным древесным углем. Как в том, так и в другом случае проба воды отбирается в объеме 200—250 см<sup>3</sup> в чистую бутылку, предварительно вымытую горячей водой с песком и содой или мылом. Перед отбором пробы бутылка ополаскивается опробуемой водой. Бутылки плотно закрываются резиновыми или корковыми пробками. Если проба транспортируется в стационарную лабораторию, рекомендуется подкислить ее 0,5—1 мл HCl и горлышко бутылки замазать мастикой, сургучом или менделеевской замазкой.

Ra в воде определяется двумя методами: геофизическим и радиохимическим. Для определения геофизическим методом проба отбирается в объеме 2 л, радиохимическим — 1 л в чистые бутылки. Проба подкисляется 2 мл HCl. При транспортировке пробы закупориваются так же, как указано выше.

Для определения Rn пробу воды желателно отбирать в барбатеры вакуумным способом. Для этого из барбатера предварительно насосом удаляют воздух и носик трубочки запаивают. На вторую трубочку одевают резиновую трубку с зажимом. При отборе пробы резиновая трубка помещается в воду, зажим открывается и вода засасывается в барбатер. Проба на Rn может быть отобрана и в обыкновенную бутылку через стеклянную или резиновую трубку, один конец которой вставляется в струю воды, а другой опускается до дна бутылки. Через бутылку должен пройти избыточный объем воды. В лаборатории вода вакуумным способом переводится в барбатер. Объем пробы 100 см<sup>3</sup>. При капеже в горных выработках пробу воды на радон можно отобрать следующим способом. Бурится шпур длиной 40—50 см, в устье его вставляют стеклянную трубочку, на которую

надевается резиновая трубка с зажимом на конце. Устье шпура замазывается глиной, затем по истечении некоторого времени зажим снимается, а резиновая трубка опускается в бутылку.

Для сокращенного химического анализа полевыми методами проба воды отбирается в объеме 0,5 л, для полного анализа в лабораторных условиях 1—1,5 л.

Пробы свободно выделяющихся из воды газов отбирают следующим образом. Место выделения пузырьков газа накрывают большой стеклянной воронкой, к носику которой присоединяют резиновую трубку. Трубка вводится в бутылку, заполненную водой. Горлышко бутылки закрывают ладонью, опрокидывают вверх дном и погружают в ведро или в бак с водой. Резиновая трубка вводится до самого дна. Газ вытесняет из бутылки воду и постепенно заполняет ее. Горлышко бутылки в воде закрывают пробкой. При транспортировке пробы должны все время быть перевернутыми горлышком вниз. Таким способом, зная объем бутылки, можно также замерять количество выделяющегося в единицу времени газа. Отбор проб воды для определения растворенных в воде газов  $O_2$ ,  $CO_2$  и  $H_2S$  производится в специально подготовленную посуду с соответствующими реактивами. Методика отбора и реактивы подробно описаны в книге А. А. Резникова и Е. П. Муликовской [94].

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе перечислены преимущественно прикладные задачи рудничной геологической службы. Между тем, рудничная геология не может ограничиваться вопросами только прикладного значения, так как богатейшие фактические материалы, накапливаемые рудничными геологами, геофизиками и гидрогеологами, представляют большую ценность для разработки многих теоретических проблем в учении о рудных месторождениях.

Разнообразие и сложность задач требуют от работников рудничной геологической службы не только широких знаний в области геологии, геофизики или гидрогеологии, но и умения хорошо ориентироваться в вопросах горного дела, обогащения, технологии и экономики производства.

Рудничные геологи должны выработать у себя привычку и умение наблюдать многообразные детали такого сложного явления, как рудное месторождение [61], и вносить свой вклад в его научное познание. Без этого работа рудничного геолога, геофизика и гидрогеолога может свестись к набору случайных фактов, которые зачастую не могут быть правильно интерпретированы даже при хорошем их описании, а выводы и практические рекомендации могут оказаться несостоятельными [2, 29, 43, 44, 47, 50, 85, 86].



## ЛИТЕРАТУРА

1. Агошков М. И. Разработка рудных месторождений. Свердловск, Металлургиздат, 1945.
2. Альбов И. Н. и др. Рудничная геология. Свердловск, Metallurgizdat, 1956.
3. Апродов В. А. Геологическое картирование. М., Госгеолтехиздат, 1952.
4. Баранов В. И. Радиометрия. М., Изд-во АН СССР, 1956.
5. Барышев Н. В. Об определении потерь и разубоживании руды при разработке месторождений цветных, редких металлов и золота. «Советская геология», № 5 (1941).
6. Барышев Н. В. Плотность проб в очистных выработках на месторождениях цветных, редких металлов и золота. «Советская геология», № 6 (1945).
7. Барышев Н. В. Опробование для составления баланса горнорудных предприятий. «Советская геология», № 20 (1947).
8. Белевцев Я. Н. Структурное картирование шахт Кривого Рога. «Горный журнал», № 8 (1951).
9. Белицкий А. А. Классификация тектонических разрывов и геометрические методы их изучения. М., Госгеолтехиздат, 1953.
10. Беседин В. В. К вопросу о морфологической классификации рудных залежей. Геология и минералогия. «Тр. Криворожского горнорудного института». Вып. 1 (1954).
11. Бетехтин А. Г. Парагенетические соотношения и последовательность образования минералов. «Записки Всесоюз. минерал. о-ва». Вып. 2 (1951).
12. Биркс Дж. Сцинтилляционные счетчики. М., Изд-во иностр. лит., 1955.
13. Бороненков А. В., Лисицын Н. И., Шишкин В. Ф. О списании запасов полезных ископаемых с балансовых запасов предприятий. «Горный журнал», № 12 (1949).
14. Булашевич Ю. П. К теории интерпретации радиоактивных аномалий. Серия географ. и геофиз. М., Изд-во АН СССР, 5, 1946, стр. 469.
15. Васильев С. П. Шахтная геология угольных месторождений. М., Углетехиздат, 1955.
16. Вайнерман П. Б. Определение элементов смещения блоков вдоль разрывов. Метод проекций с числовыми отметками. Разведка недр, № 4, (1952).
17. Вировлянский Г. М. О фотодокументации наблюдений при геологических исследованиях. «Записки Всесоюз. минерал. о-ва». Вып. 3 (1953).
18. Вскобойников Г. М. Интенсивность гамма-излучения в однородной излучающей среде. Изд-во АН СССР. Уральский филиал. «Тр. Горногеологического института». Вып. 30 (1957).
19. Временная инструкция по первичной геологической документации полевых геологоразведочных работ. М., Госгеолтехиздат, 1951.

20. Временная инструкция о порядке обработки геологических материалов, составления, утверждения и сдачи геологических отчетов, 1951.
21. Гендзехадзе Н. В. Практическое наставление по маркшейдерскому обслуживанию открытых горных разработок. Сборник статей маркшейдерско-геологического обслуживания горнорудных предприятий, 1940.
22. Гецева Р. В. и Савельева К. Т. Руководство по определению урановых минералов.
23. Гинзбург И. И. Геохимические методы поисков металлов по коренным породам и геохимическое картирование. Материалы к Всесоюзному совещанию по геохимическим методам поисков рудных месторождений, 1956.
24. Граммаков А. Г., Шашкин В. Л., Ширяева М. Б. Руководство по гамма-опробованию радиоактивных руд в естественном залегании. М., Атомиздат, 1959.
25. Городецкий П. И. Основы проектирования горнорудных предприятий. М., Металлургиздат, 1955.
26. Домарев В. С. Геология урановых месторождений капиталистических стран. М., 1956.
27. Дымков Ю. М. Графическое изображение минерального состава пегматитовых жил. «Тр. Минерал. музея». Вып. 3. Изд-во АН СССР, 1951.
28. Зенков Д. А. Руководство по методике рудничной геологии для золоторудных месторождений. Ч. 1 — Горноэксплуатационные опробования на золотых рудниках. М., Госгеолтехиздат, 1941.
29. Зенков Д. А. Оперативный учет недр. «Горный журнал», № 6 (1945).
30. Зенков Д. А. Элементы рудничной геологии. Бюро техн. информ., 1948.
31. Инструкция по учету подготовленных к добыче запасов руды (песков) и классификация горных выработок на рудниках и приисках Наркомата цветной металлургии СССР. НКЦМ, Металлургиздат, 1944.
32. Инструкция о порядке планирования и составления проектов и смет на геологоразведочные работы. М., Госгеолтехиздат, 1955.
33. Инструкция по отбору, сокращению, хранению и ликвидации керна при разведке месторождений твердых полезных ископаемых. М., Госгеолтехиздат, 1950.
34. Инструкция по организации и производству геологосъемочных работ в масштабе 1 : 200 000 и 1 : 100 000. Мин-во геологии и охраны недр, 1955.
35. Ипатов П. М. Расчет норм обеспеченности рудника готовыми к выемке запасами руды. «Горный журнал», № 4—5 (1946).
36. Каблуков А. Д. и Вертепов Г. И. Ореолы рассеяния вокруг урановых рудных тел, 1960 (в печати).
37. Каблуков А. Д. и Сочеванов Н. Н. Методические указания по применению геохимических методов при поисках скрытых рудных тел гидротермальных месторождений урана, 1959.
38. Ковалев Ф. И. и др. К методике геологической съемки при поисках и разведках месторождений полезных ископаемых. В сб. материалов ВИМС, 1955.
39. Константинов М. М., Куликова Е. Я. Урановые месторождения стран Западной Европы. Бюро техн. информ. Вып. 31, сент. 1956.
40. Константинов М. М., Куликова Е. Я. Урановые месторождения Австралии. Бюро техн. информ. Вып. 32, сент. 1956.
41. Королев А. В., Королева З. А. О значении выяснения последовательности образования гипогенных минералов. «Сов. геология», № 2, (1941).
42. Котляр В. Н., Кабанова Е. С., Кристальный Б. В. О состоянии сырьевой базы урана в капиталистических странах и методике поисковых работ на уран. М., Главспеццветмет, 1956.
43. Крейтер В. М. Структуры рудных полей и месторождений. Госгеолтехиздат, 1956.
44. Крейтер В. М., Смирнов В. И. Некоторые задачи рудничной геологии. «Сов. геология», № 20 (1947).
45. Крейтер В. М., Смирнов В. И. Рудничная геология. В сб. статей М.-Л., 1946.

46. Курек Н. Н., Наконник Н. И. Измененные околорудные породы и их поисковое значение. Тр. ВСЕГЕИ. В сб. статей, 1954.
47. Левицкий А. В. К вопросу о величине потерь и разубоживания руд при разработке рудных месторождений. Сборник научных трудов, № 13. Минцветметзолото им. Калинина, 1947.
48. Малый С. П. Геологическое обслуживание Карабашских колчеданных месторождений на Урале. «Рудничная геология», 1946.
49. Манукян П. А. Учет потерь полезного ископаемого. Охрана недр. М., Углетехиздат, 1951.
50. Мелков В. Г., Пухальский Л. Ч. Поиски месторождений урана. М., Госгеолтехиздат, 1957.
51. Никольский Н. А. Организация геологической службы на руднике горы Магнитной. «Горный журнал», № 6 (1949).
52. Никольский Н. А. Геологическое обслуживание и организация добычи усредненной руды. «Горный журнал», № 10 (1955).
53. Поршняков Г. С. Построение блок-диаграммы по геологическим картам. Изд-во Ленинградского университета, 1956.
54. Посик Л. Н., Тененбаум И. М. Применение специальной аппаратуры для экспресс-анализов добытых руд по гамма-излучению. «Атомная энергия», 3, № 7 (1957).
55. Правила технической эксплуатации при разработке месторождений цветных, редких и благородных металлов. Главлесмет ОБТИ, 1950.
56. Прокофьев А. П. Практические методы подсчета запасов рудных месторождений. Госгеолтехиздат, 1953.
57. Прокофьев А. П. Оконтуривание рудных тел при подсчете запасов. М., Госгеолтехиздат, 1955.
58. Радиометрические методы поисков и разведки урановых руд. М., Госгеолтехиздат, 1957.
59. Сергеев А. А. и др. Классификация потерь твердых полезных ископаемых. «Горный журнал», № 2 (1952).
60. Сергеев А. А. и др. О некоторых недостатках в методике подсчета потерь и разубоживания полезных ископаемых на горнорудных предприятиях. «Разведка и охрана недр», № 5 (1954).
61. Сергеев А. А. Экономическое значение потерь полезных ископаемых в недрах. «Горный журнал», № 4 (1956).
62. Смирнов С. С. Избранные труды. М., Изд-во АН СССР, 1955.
63. Смирнов В. И. Подсчет запасов минерального сырья. Госгеолтехиздат, 1950.
64. Смирнов В. И. Геологические основы поисков и разведок рудных месторождений. М., Изд-во Московского университета, 1954.
65. Справочник по радиометрии под редакцией Баранова В. И. М., Госгеолтехиздат, 1957.
66. Старик И. Е., Меликова О. С. Эманлирующая способность минералов. «Тр. Радиевого института», № 5 (1957).
67. Суражский Д. Я. Генетические типы промышленных месторождений урана. «Атомная энергия», № 2 (1956).
68. Суражский Д. Я. Морфологические типы промышленных месторождений урана и методы их разведки. «Атомная энергия», 7, вып. 6 (1959).
69. Суражский Д. Я. Методы поисков и разведки месторождений урана. М., Атомиздат, 1960.
70. Талдыкин С. И. и др. Атлас структур и текстур руд. «Тр. ВСЕГЕИ», 1954.
71. Тюренков Н. Г. Определение нижнего предела промышленного содержания металла в руде. «Разведка и охрана недр», № 5, М., Металлургиздат, 1954.
72. Условные знаки для маркшейдерских планов. Углетехиздат, 1951.
73. Устюгин Е. И., Дылевский Ф. Г. Сборник рационализаторских предложений, внедренных в производство. Вып. 48 (1956).
74. Ушаков И. Н. О документации кливажа и мелкой трещиноватости на маркшейдерских планах. Исследования по вопросам маркшейдерского дела. ВНИМИ, сборник XXIX, 1954.

75. Хрущев Н. А. Контроль работы химических лабораторий методом анализа эталонных проб. «Разведка и охрана недр», № 6 (1954).
76. Шараров И. П. Об определении изменчивости и выдержанности месторождений полезных ископаемых. «Разведка недр», № 3 (1952).
77. Шашкин В. Л. Количественные радиометрические измерения радиоактивных руд в естественном залегании. «Атомная энергия», 2, № 1 и № 2 (1957).
78. Шашкин В. Л., Шумилин И. П. Радиометрические методы определения содержания урана в рудных пробах. Приложение № 6 к журналу «Атомная энергия» за 1957 г.
79. Шилов А. С. Исключение влияния рассеянного гамма-излучения при эталонировании радиометров. «Атомная энергия», № 1 (1958).
80. Bette H. A., Fano U. and Karr P. R. Penetration and Diffusion of Hard x-rays through Thick Barriers. *Nucleonics*, 1, № 5 (1953).
81. Bette H. A., Fano U., Karr P. R. The Approach to Spectral Equilibrium. *Nucleonics*, 1, № 5 (1953).
82. Davidson Ch. M., Evans R. D. Gamma-ray Absorption Coefficients. *Review of Modern Physics*, 24, № 5 (1952).
83. Everhart D. Origin of Uranium Deposits. *Engng and Mining J.*, 6, № 9 (1954).
84. Fano U. Gamma-ray Attenuation, Basic Processes. *Nucleonics*, 11, № 8 (1953).
85. Foldy Z. Diffusion of High Energy Gamma-ray through Matter I. Fundamental Equations. *Phys. Rev.*, 81, № 3 (1951).
86. Forrester J. D. Principles of Field and Mining Geology, 1949.
87. McKinstry. *Mining Geology*, 1949.
88. Lehman W. L. *Engng and Mining J.*, 1954.
89. Roubault M. Essai de Classification des Gisements d'Uranium et de Thorium. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie de Sciences*, № 2 (1955).
90. Альтовский М. Е. Методическое руководство по расчету взаимодействующих артезианских и грунтовых водозаборов. М., Госгеолтехиздат, 1947.
91. Каменский Г. Н., Климентов П. П., Овчинников А. М. Гидрогеология месторождений полезных ископаемых. М., Госгеолтехиздат, 1953.
92. Комиссаров С. В. Опыт гидрогеологических исследований на угольных месторождениях Подмосковского бассейна. «Разведка и охрана недр», № 4 (1956).
93. Меры защиты работ с радиоактивными веществами. Инструкция. М., Медгиз, 1958.
94. Резников А. А., Муликовская Е. П. Методы анализа природных вод. М., Госгеолтехиздат, 1954.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	<i>Стр.</i>
Введение . . . . .	3
<b>Глава I. Некоторые особенности урановых месторождений</b> . . . . .	9
1. Типы урановых месторождений . . . . .	—
2. Радиологические свойства урановых руд . . . . .	11
3. Требования промышленности к урановым рудам . . . . .	15
<b>Глава II. Системы разведки и разработки, применяемые на урановых рудниках</b> . . . . .	19
1. Системы разведки . . . . .	—
2. Системы разработки . . . . .	25
<b>Глава III. Методы рудничной геолого-геофизической документации и опробования</b> . . . . .	29
1. Изучение месторождений в процессе геолого-геофизической документации горных выработок и скважин . . . . .	—
2. Методы рудничной геолого-геофизической документации . . . . .	63
3. Методы опробования . . . . .	103
4. Сортировка, обогащение и шихтовка руд . . . . .	147
<b>Глава IV. Учет движения запасов и планирование добычи</b> . . . . .	154
1. Учет потерь и разубоживания . . . . .	—
2. Учет движения запасов . . . . .	164
3. Участие в проектировании и планировании . . . . .	171
<b>Глава V. Гидрогеологическое обслуживание рудников</b> . . . . .	180
1. Типы обводненности месторождений. Статические и динамические запасы подземных вод . . . . .	—
2. Меры борьбы с рудничными водами и нефте-газонасностью . . . . .	184
3. Инженерно-геологические наблюдения в скважинах и горных выработках . . . . .	190
4. Гидрогеологические наблюдения на урановых рудниках . . . . .	192
5. Радиогидрогеологические исследования . . . . .	198
Заключение . . . . .	212
Литература . . . . .	213



*Г. И. Петров, М. В. Кутенков,  
И. М. Тененбаум,  
Л. С. Евсева*

**Методы Геолого-геофизического  
обслуживания  
урановых рудников**

Редактор *А. И. Заводчикова*  
Техн. редактор *Е. И. Мазель*  
Корректор *О. А. Сафронова*

---

Сдано в набор 22/III 1960 г.      Подписано  
в печать 17/VI 1960 г.      Бумага 60×92<sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Физич. печ. л. 13,75      Уч.-изд. л. 14,67.  
Заказ изд. 4192

Тираж 4500 экз. Т-07508. Цена 8 р. 80 к.  
Заказ тип. 103. Атомиздат, Москва, В-180,  
Старомонетный пер., дом 26.

---

Типография № 6 УПП Ленсовнархоза,  
Ленинград, ул. Моисеенко, д. 10

# ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

ИНТЕРЕСУЮЩИЕ ВАС КНИГИ СОГЛАСНО ПРИЛАГАЕМОМУ СПИСКУ  
ВЫ МОЖЕТЕ ЗАКАЗАТЬ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ

1. Шеститомник докладов советских ученых на Второй международной конференции по мирному использованию атомной энергии:
  - Том 1. Ядерная физика. 1959 г. 552 стр. . . . . 26—00
  - Том 2. Ядерные реакторы и ядерная энергетика. 1959 г. 707 стр. . . . . 32—60
  - Том 3. Ядерное горючее и реакторные металлы. 1959 г. 670 стр. . . . . 30—00
  - Том 4. Химия радиоэлементов и радиационных превращений. 1959 г. 324 стр. . . . . 15—70
  - Том 5. Радиобиология и радиационная медицина. 1959 г. 492 стр. . . . . 21—80
  - Том 6. Получение и применение изотопов. 1959 г. 388 стр. 18—90
2. Десятитомник избранных докладов иностранных ученых на Второй международной конференции по мирному использованию атомной энергии:
  - Том 1. Физика горячей плазмы и термоядерные реакции 1959 г. 715 стр. . . . . 43—80
  - Том 4. Ядерные реакторы и ядерная энергетика. 1960 г. 720 стр. . . . . 45—95
  - Том 5. Химия радиоэлементов и радиационных превращений. 1959 г. 715 стр. . . . . 44—30
  - Том 8. Геология атомного сырья. 1959 г. 530 стр. . . . . 33—25
  - Том 9. Радиобиология и радиационная медицина. 1960 г. 526 стр. . . . . 33—50
  - Том 10. Производство и применение изотопов. 1959 г. 603 стр. 37—45
3. Англо-русский словарь по радиоэлектронике и связи. 1959 г. 548 стр. . . . . 25—60
4. Дополнение к англо-русскому словарю по радиоэлектронике и связи. 1960 г. 115 стр. . . . . 3—90
5. Справочник по дозиметрическим, радиометрическим, электронно-физическим приборам, счетчикам, сцинтилляторам и фотоумножителям. 1959 г. 253 стр. . . . . 6—30
6. Галанин А. Д. Теория ядерных реакторов на тепловых нейтронах. 1959 г. 383 стр. . . . . 12—40
7. Энергетические реакторы (сборник переводных материалов, перевод с английского). 1959 г. 119 стр. . . . . 5—20
8. Альбом ядерных реакторов. 1959 г. 322 стр. . . . . 21—00
9. Атлас нейтронных сечений (второе исправленное и дополненное американское издание). 1959 г. 373 стр. . . . . 91—00
10. Доронин Н. А. Металлургия кальция. 1959 г. 92 стр. . . . . 2—60
11. Меррей Р. Л. Физика ядерных реакторов (перевод с английского). 1959 г. 292 стр. . . . . 14—40
12. Неисчерпаемый (Доклады видных советских ученых на международном семинаре молодежи). 1959 г. 159 стр. . . . . 2—35
13. Нелипа Н. Ф. Связь фотообразования П-мезонов с рассеянием. 1959 г. 88 стр. . . . . 4—00
14. Англо-испано-русско-французский словарь научно-технических терминов по атомной энергии. 1959 г. 213 стр. . . . . 16—00

15. Шальнов М. И. Тканевая доза нейтронов. 1960 г. 213 стр. . . . . 8—20
16. Пречистенский С. А. Центрифугирование аэрозолей в ЦРП.  
1960 г. 144 стр. . . . . 4—20
17. Лебединский А. В. и др. Радиационная медицина. 1960 г. 314 стр. 11—60
18. Комаровский А. Н. Строительные конструкции ускорителей. 1958 г.  
164 стр. . . . . 6—00
19. Комаровский А. Н. Строительные материалы для защиты от излу-  
чений ядерных реакторов и ускорителей. 1958 г. 124 стр. . . . . 5—30
20. Балабуха В. С. и др. Химическая защита от ионизирующих излу-  
чений. 1960 г. 152 стр. . . . . 4—30
21. Федоров В. Ф. 15 дней в Женеве. 1960 г. 78 стр. . . . . 1—15
22. Константинов М. М. и Куликова Е. Я. Урановые провинции  
капиталистических стран. 1960 г. 306 стр. . . . . 15—20
23. Девидсон Г. Б. Биологические последствия общего гамма-облу-  
чения человека (перевод с английского). 1960 г. 108 стр. . . . . 4—70
24. Бишоп С. Проект Шервуд. Программа США по управляемому  
термоядерному синтезу (перевод с английского). 1960 г. 176 стр. 8—70
25. Синдж Д. Л. Релятивистский газ (перевод с английского). 1960 г.  
139 стр. . . . . 4—20
26. Извлечение и очистка редких металлов (перевод с английского).  
1960 г. 512 стр. . . . . 24—35
27. Миддлбрук Р. Д. Введение в теорию транзисторов (перевод  
с английского). 1960 г. 304 стр. . . . . 15—50
28. Методы получения и измерения радиоактивных препаратов (под  
редакцией В. В. Бочкарева). 1960 г. 308 стр. . . . . 11—10
29. Посик Л. Н., Кошелев И. В., Бовин В. П. Радиометрический  
экспресс-анализ добытых руд. 1960 г. 80 стр. . . . . 3—10
30. Суражский Д. Я. Методы поисков и разведки месторождений  
урана. 1960 г. 240 стр. . . . . 8—70
31. Сиборг Г. Т. и Кац Дж. Дж. Химия актинидных элементов  
(перевод с английского). 1960 г. 542 стр. . . . . 27—80
32. Шашкин В. Л. и др. Анализ радиоактивных руд  $\beta$ - $\gamma$ -методом.  
1960 г. 64 стр. . . . . 1—90
33. Румянцев С. В. Применение радиоактивных изотопов в дефекто-  
скопии. 1960 г. 295 стр. . . . . 11—25
34. Гохберг Б. М., Яньков Г. Б. Электростатические ускорители  
заряженных частиц. 1960 г. 52 стр. . . . . 1—50

Указанные в списке книги можно заказать в издательстве по адресу:  
Москва, В-180, Старомонетный переулоч, 26, Атомиздат.

Книги будут высланы наложенным платежом через магазин «Книга —  
почтой».

### ОПЕЧАТКИ

замеченные в книге „Методы геолого-геофизического обслуживания  
урановых рудников“

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать	По чьей вине
22	9-я снизу	стенками	станками	мл. редактора
23	24-я сверху	лежащем	лежащем	
67	16-я "	счетчиками ионизационных камер	счетчиками или ионизационными камерами	" "
78	21-я снизу	(паров, спирта)	(паров спирта)	корректора
136	1-я сверху	обработки	отработки	
187	18-я "	водонепроницаемые	водопроницаемые	"
197	19-я "	осуществления	существования	мл. редактора
202	17-я "	образуют	образует	корректора
210	рис. 66	$Ra - 2 \cdot 10^{-4}$	$Ra - 2 \cdot 10^{-11}$	" автора