

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

В.Г. Язиков

**ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ
ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ (ГИДРОГЕННЫХ)
МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА
ПРИ ИХ ДОРАЗВЕДКЕ И ОСВОЕНИИ**

*Рекомендовано в качестве учебного пособия
Редакционно-издательским советом
Томского политехнического университета*

Издательство
Томского политехнического университета
2012

УДК 553.495+662.349(075.8)

ББК 26.341+33.336я73

Я40

Язиков В.Г.

Я40 Особенности геологического изучения инфильтрационных (гидрогенных) месторождений урана при их доразведке и освоении: учебное пособие / В.Г. Язиков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 63 с.

В пособии изложены основные понятия и термины процесса геологического изучения инфильтрационных (гидрогенных) месторождений урана. Отражены принципы документации скважин, особенности опробования руд и вмещающих пород и подсчета запасов урана на месторождениях для отработки способом подземного скважинного выщелачивания.

Предназначено для студентов и магистрантов, обучающихся по направлению 020700 «Геология», профиль «Геология месторождений радиоактивного сырья», а также для круга читателей, занимающихся изучением месторождений урана.

УДК 553.495+662.349(075.8)

ББК 26.341+33.336я73

Рецензенты

Доктор геолого-минералогических наук, профессор ТГУ

В.П. Парначев

Доктор геолого-минералогических наук, профессор

А.В. Мананков

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2012

© Язиков В.Г., 2012

© Обложка. Издательство Томского
политехнического университета, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ПОНЯТИЯ, ТЕРМИНЫ.....	6
1.1 Геологические понятия и термины.....	6
1.2 Понятия и термины, относящиеся к геотехнологии	9
2. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ	13
3. ОПРОБОВАНИЕ	26
4. ПОДСЧЁТ ЗАПАСОВ	37
4.1. Подсчёт балансовых геологических запасов.....	38
4.2. Подсчёт вскрытых запасов и перевод их в подготовленные и готовые к добыче	43
4.3. Подсчёт запасов попутных полезных компонентов	46
5. НОРМАТИВЫ ПОДГОТОВЛЕННЫХ ЗАПАСОВ.....	48
5.1. Вариант 1 (статистический)	48
5.2. Вариант II (расчётный)	50
6. УЧЁТ ЗАПАСОВ.....	53
6.1. Учёт балансовых геологических запасов.....	54
6.2. Учёт вскрытых, подготовленных и готовых к добычезапасов	55
6.3. Инвентаризация подготовленных запасов и затрат на ГПР	56
7. ОТЧЁТНОСТЬ	58
ПРИЛОЖЕНИЯ	60
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	62

ВВЕДЕНИЕ

Необходимая и достаточная степень разведанности запасов твердых полезных ископаемых определяется в зависимости от сложности геологического строения месторождений и, на территории Российской Федерации, регулируется «Классификацией запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» [1], далее «Классификация».

Учитывая специфику разведки месторождений радиоактивного сырья, МПР России разработаны и рекомендованы к применению: «Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (радиоактивные металлы)» [2], далее «Методические рекомендации».

Согласно «Методическим рекомендациям» инфильтрационные (водородные) месторождения, контролируемые зонами окисления-восстановления в палеодолинах, расположенные на территории России и пригодные для отработки методом подземного через скважины выщелачивания (ПСВ), относятся к 3 группе (Долматовское, Хиагдинское и др.), их разведка осуществляется исключительно скважинами колонкового бурения.

Учитывая специфику месторождений данного типа, сложность их геологического строения, при их разведке предъявляются повышенные требования к качеству и выходу керна, особенно по рудным интервалам (п.23 «Методические рекомендации »):

«По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности в объеме, обеспечивающем выяснение с необходимой полнотой особенностей залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннего строения рудных тел, характера околорудных изменений, распределения природных разновидностей руд, их текстуры, структуры, радиологических свойств и представительность материала для опробования. По рудным интервалам всегда следует добиваться предельно высокого выхода керна. Скважины, с выходом менее 70 % должны браковаться и перебуриваться. На месторождениях, разведываемых под СПВ (ПСВ), по части скважин необходимо получать особо качественный керна с ненарушенной структурой для отбора образцов на лабораторные испытания выщелачиваемости. Следует отметить, что получение качественного керна на месторождениях для СПВ, залегающих в рыхлых породах, обычно требует специальных мер и инструмента (двойные-тройные колонковые трубы, специальные режимы бурения и пр.)».

Специфика разведки месторождений, пригодных для отработки методом ПСВ, повышенные требования к качеству и количеству поднятого керна, налагают определённые обязательства при его документации и опробовании, подсчёте запасов урана и сопутствующих ему элементов, на основе результатов разведки, экономической целесообразности введения нормативов подготовленных к освоению запасов в недрах. Всё это требует отдельного рассмотрения и выработки специальных методических и технических рекомендаций.

Знание инструктивных требований, методических приёмов при документации, опробовании и подсчёте запасов, при доразведке гидрогенных месторождений урана, позволяет избежать крупных ошибок при подготовке месторождений (участков, блоков) к промышленному освоению, избежать лишних затрат при создании норматива «подготовленных» и «готовых» к выемке запасов, которыми должно располагать предприятие ПСВ при заданном размере добычи и принятом способе отработки.

Автор благодарен сотрудникам компании НАК «Казатомпром», ОАО «Волковгеология»: Забазнову В.Л., Бармасову В.А., Матунову А.И., Дуйсенбаеву Б.О., Патрину А.П., Хасанову. Э.Г., Абрамову Е.К., Морозко В.Б., Бегуну А.Д. и многим другим за оказанную поддержку в подготовке настоящего пособия, предоставленные исследовательские материалы, а также за содействие в издании совместной работы: «Инструкции по подземному скважинному выщелачиванию урана».

Отдельно слова благодарности Бухарской Т.Ю. за оказанную помощь в оформлении настоящей работы.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ПОНЯТИЯ, ТЕРМИНЫ

Способ ПСВ, базирующийся на таких науках как геология, гидрогеология, геотехнология, технология, геофизика, геохимия и др., использует большое количество уже определившихся положений, понятий и терминов, которые используются в многочисленной справочной литературе.

Вместе с тем, широкое внедрение этого метода вызвало необходимость введения ряда новых понятий и терминов, а также уточнения уже известных определений, без однозначной трактовки которых не могут быть оценены и поняты основные положения способа ПСВ.

Учитывая указанное обстоятельство, ниже приводится перечень и раскрывается содержание ряда основных понятий и терминов, используемых при оценке отдельных стадий геотехнологического процесса, в частности при доразведке и эксплуатации гидрогенных урановых месторождений.

1.1 Геологические понятия и термины

Как уже отмечалось, классификация геологических запасов урана по гидрогенным месторождениям на территории Российской Федерации, регулируется «Классификацией запасов и прогнозных ресурсов твёрдых полезных ископаемых» [1] и «Методическими рекомендациями по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твёрдых полезных ископаемых (радиоактивные металлы)» [2].

По экономическому значению запасы твердых полезных ископаемых и содержащихся в них полезных компонентов, подлежащих государственному учету, подразделяются на две основные группы:

- **балансовые (экономические);**
- **забалансовые (потенциально экономические),** которые подлежат раздельному подсчету и учету.

К балансовым (экономическим) запасам относятся запасы, разработка которых на момент оценки согласно технико-экономическим расчетам экономически эффективна в условиях конкурентного рынка при использовании техники, технологии добычи и переработки минерального сырья, обеспечивающих соблюдение требований по рациональному использованию недр и охране окружающей среды.

К забалансовым (потенциально экономическим) относятся:

1) запасы, разработка которых на момент оценки согласно технико-экономическим расчетам экономически не эффективна (убыточна) в условиях конкурентного рынка из-за низких технико-экономических показателей, но освоение которых становится экономически возможным при изменении цен на полезные ископаемые, появлении оптимальных рынков сбыта или новых технологий;

2) запасы, отвечающие требованиям, предъявляемым к балансовым запасам, но использование которых на момент оценки невозможно в связи с расположением в пределах водоохранных зон, населенных пунктов, сооружений, сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры.

Забалансовые запасы подсчитываются и учитываются в случае, если технико-экономическими расчетами установлена возможность их последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем.

Забалансовые запасы подсчитываются отдельно в зависимости от оснований отнесения к данной группе.

Оценка балансовой принадлежности запасов полезных ископаемых производится на основании технико-экономических обоснований, подтвержденных государственной экспертизой. В рамках оценки должны быть предусмотрены наиболее эффективные способы разработки месторождений и предложены параметры кондиций, обеспечивающие максимально полное и комплексное использование запасов с учетом требований законодательства Российской Федерации.

➤ **Кондиции** для инфильтрационных месторождений, отрабатываемых способом ПСВ, включают:

- бортовое содержание урана при выделении рудных интервалов по мощности;
- минимальный суммарный метропроцент по скважине, включаемой в контур рудного тела, при оконтуривании рудных залежей в плане;
- максимальную мощность отдельных прослоев пустых пород или забалансовых руд, включаемых в рудный интервал по мощности;
- минимальный коэффициент фильтрации руд и, по необходимости, ряд других показателей (глубины залегания рудных залежей, наличие вредных примесей в рудах и др.).

➤ **Технологический забаланс** – запасы полезного компонента в недрах, не принимаемые к отработке способом ПСВ по условиям слабой проницаемости или недоступности рудных минералов для технологических растворов.

➤ **К попутным полезным компонентам**, при использовании метода ПСВ, относятся заключённые в рудных телах в пределах продуктивных горизонтов минералы, металлы и другие химические элементы, которые могут быть рентабельно извлечены из недр продуктивными растворами в ходе процесса ПСВ.

➤ **Продуктивный (рудовмещающий) горизонт** – водоносный горизонт или часть его (подгоризонт, пласт), в котором локализованы рудные залежи.

➤ **Водоупор** – относительно (по сравнению с водопроницаемыми слоями) водонепроницаемый пласт горной породы.

➤ **Эффективная мощность продуктивного горизонта (Мэ)** – часть общей мощности, активная в фильтрационном отношении, т.е. из неё исключаются все непроницаемые пропластки, [м].

➤ **Линейный коэффициент рудоносности (m/Мэ)** – отношение мощности рудной залежи к эффективной мощности рудовмещающего горизонта.

➤ **Площадная продуктивность рудной залежи (P/S)** – количество металла, приходящегося на 1 м² её площади, [кг/м²].

➤ **Объёмная продуктивность рудовмещающего горизонта (P/V)** – количество металла, приходящегося на 1 м³ эффективной мощности рудовмещающего горизонта, [кг/м³].

➤ **Приведённое содержание металла в рудовмещающем горизонте [mc/Мэ]** – отношение метропроцента к эффективной мощности горизонта [%].

➤ **Запасы, принятые к отработке** – часть балансовых геологических запасов, которые могут быть извлечены из недр существующими системами и технологиями, применяемыми при разработке месторождений.

➤ **Проектные потери** – часть балансовых запасов металла, предусмотренная техническими проектами к безвозвратному оставлению в недрах при отработке месторождения или его части методом ПСВ.

➤ **Потери нормативные** – рассчитанные потери полезного ископаемого для применяемой системы отработки.

➤ **Потери плановые** – потери металла, установленные при планировании добычи на определённый срок.

➤ **Потери эксплуатационные** – часть балансовых запасов металла, оставленная в недрах и зависящая от применяемой системы разработки, а также неправильного ведения добычных работ.

➤ **Погашенные балансовые запасы** – запасы в пределах рудной залежи, участка или блока, законченные отработкой (как добытые, так и оставленные в недрах). Погашенными запасами при методе ПСВ считаются: добытый металл плюс потери.

Подготовленные запасы. Процесс подготовки запасов к добыче включает 3 основных этапа:

- 1) разбуривание блока технологическими скважинами;
- 2) обвязку скважин поверхностными и подземными коммуникациями (ЛЭП, автодороги, воздухо- и растворопроводы, кислотопроводы, установки локального закисления, оборудование скважин погружными насосами или монтаж эрлифтов, контрольно-измерительная аппаратура и др.);
- 3) закисление блока с целью создания в рудовмещающем горизонте избыточной кислотности, обеспечивающей процесс выщелачивания металла.

По степени подготовленности к добыче запасы подразделяются на:

- **вскрытые** – часть промышленных запасов в эксплуатационных блоках, разбуренная технологическими скважинами;
- **подготовленные** – часть запасов из числа вскрытых, в пределах которых выполнены все объёмы подготовительных работ, предусмотренные проектом отработки (бурение технологических скважин, обвязка их поверхностными и подземными коммуникациями, закисление блока);
- **готовые к добыче** – часть запасов из числа подготовленных, из которых начата добыча металла.

1.2 Понятия и термины, относящиеся к геотехнологии

➤ **Геотехнология** – наука о геотехнологических методах добычи полезных ископаемых и средствах их осуществления.

➤ **Геотехнологические методы** – методы добычи, основанные на переводе полезного ископаемого в подвижное состояние посредством осуществления в недрах тепловых, массообменных, химических и гидродинамических процессов, осуществляемых на месте залегания, что позволяет производить добычу полезного ископаемого из недр или отвалов, через специальные дренажные выработки или скважины [5].

➤ **Выщелачивание** – химический процесс перевода одного или нескольких компонентов твердых тел в жидкость с помощью раствора реагентов.

➤ **Подземное скважинное выщелачивание (ПСВ)** – способ добычи полезных компонентов с помощью раствора реагента без извлечения руды на поверхность, через систему технологических скважин.

➤ **Реагент** – химическое вещество (обычно в виде водного раствора), используемое для выщелачивания или ускорения извлечения полезного компонента.

➤ **Кислотное (сернокислотное) выщелачивание** – выщелачивание полезных компонентов растворами серной кислоты из руд, не содержащих значительного количества карбонатов (до 2 % по CO_2).

➤ **Карбонатное (бикарбонатное) выщелачивание (БКВ)** – выщелачивание полезных компонентов из руды с помощью растворов карбонатов или бикарбонатов (обычно натрия или аммония).

➤ **Показатели геотехнологического процесса** – к основным геотехнологическим показателям относятся: степень извлечения полезного компонента, величина **Ж: Т**, удельный расход реагента, концентрация извлекаемого компонента в растворе и время выщелачивания.

➤ **Активная или оптимальная мощность (M_a)** – часть общей или эффективной мощности продуктивного горизонта, охваченная потоком технологических растворов; величина **М** является оптимальной при данных природных условиях залегания рудной залежи и принятых проектом параметров ведения процесса ПСВ.

➤ **Фактически выщелачиваемая мощность (M_f)** – фактическая мощность продуктивного горизонта, охваченная потоком технологических растворов, устанавливаемая более или менее точно только в пределах определённого периода работы в местах бурения контрольных или наблюдательных скважин.

➤ **Выщелачиваемая площадь (F)** – площадь продуктивного водоносного горизонта, на которой происходит движение технологических растворов.

➤ **Выщелачиваемый объем (V)** – объем горной массы в продуктивном горизонте, имеющий высоту, равную эффективной мощности и площадь, равную выщелачиваемой площади.

➤ **Эксплуатационный блок ПСВ** – геологически однородная часть залежи, отрабатываемая единой системой скважин, которые одновременно включаются в процесс добычи и одновременно выводятся из процесса.

➤ **Технологический (рабочий) раствор** – водный раствор реагентов и продуктов их взаимодействия с рудой и рудовмещающими породами. При подземном выщелачивании технологические растворы подразделяются на выщелачивающие, продуктивные, маточные, сбросные.

➤ **Выщелачивающий раствор (ВР)** – раствор, содержащий необходимые для извлечения полезного компонента реагенты и подаваемый в закачные скважины.

➤ **Продуктивный раствор (ПР)** – раствор, сформировавшийся в недрах в результате физико-химического взаимодействия выщелачивающего раствора с минералами руд и вмещающих пород продуктивно-

го горизонта и содержащий полезное ископаемое (ископаемые) в концентрации выше минимально промышленной.

➤ **Маточный раствор** – продуктивный раствор, из которого извлечен полезный компонент; используется для приготовления выщелачивающего раствора путем «доукрепления» его реагентами.

➤ **Сбросной раствор** – маточный раствор, который по тем или иным причинам не может быть использован для приготовления выщелачивающего раствора.

➤ **Фронт технологического раствора** – пространственное положение порции технологического раствора в определенный момент времени.

➤ **Реверсирование** – изменение направления движения рабочих растворов в продуктивном горизонте на угол 180° или на другой заданный угол.

➤ **Горнорудная масса (ГРМ)** – часть общей массы продуктивного водоносного горизонта (включающего рудные тела и вмещающие породы), охваченная потоком технологических растворов, размерность – [т].

➤ **Отношение Ж:Т** – количество выщелачивающего раствора, приходящееся на весовую единицу выщелачиваемой горнорудной массы, обеспечивающее заданное извлечение полезного ископаемого, безразмерная величина.

➤ **Кольматация** – процесс снижения пропускной способности фильтра технологических скважин и фильтрационных свойств прифилтровой зоны рудовмещающего горизонта за счет осаждения веществ, растворенных в технологических растворах, или механического перемещения частиц рудовмещающего горизонта, а также газовыделений.

Выделяются следующие формы кольматации:

- **химическая**, связанная с образованием в порах химических осадков;

- **газовая**, обусловленная образованием углекислого газа и сероводорода в рудовмещающем горизонте в результате взаимодействия кислоты с карбонатными составляющими пород;

- **ионообменная**, связанная с изменением размера пор в присутствии органического вещества и глинистых минералов в проницаемых породах при изменении pH и минерализации фильтрующих растворов;

- **механическая**, вызванная закупоркой поровых каналов пород механическими взвесями и частицами, содержащимися в фильтрующихся растворах.

➤ **Водородный показатель (pH)** – величина, характеризующая концентрацию ионов водорода в растворах, численно равная отрица-

тельному десятичному логарифму концентрации ионов H^+ выраженной в грамм-ионах на литр: $pH = - \lg[H^+]$.

➤ **Окислительно-восстановительный потенциал (eh)** – мера химической активности элементов или их соединений в обратимых химических процессах, связанных с изменением заряда ионов в растворах.

➤ **Добыча** – к добыче следует относить только металл, полученный из продуктивных растворов в цехе переработки.

➤ **Степень извлечения (e)** – количество извлеченного из недр полезного компонента, выраженное в процентах относительно исходных запасов.

➤ **Относительную скорость извлечения металла (e/t)** – извлечение металла из недр в единицу времени [% в месяц, квартал, год].

➤ **Степень разубоживания** - величина, показывающая кратность разбавления продуктивных растворов подземными водами, поступающими из-за контура полигона и растворами, фильтрующимися по безрудным и выщелоченным участкам (зонам) продуктивного горизонта в блоке ПСВ.

➤ **Удельный расход реагента** – количество реагента, расходуемого на извлечение единицы массы полезного компонента (кг/кг) или на взаимодействие с горнорудной массой [кг/т].

➤ **Скважина** – цилиндрическая горная выработка, характеризующаяся малым поперечным сечением по отношению к её длине.

➤ **Скважины подземного выщелачивания** – скважины, предназначенные для вскрытия рудных тел и ведения процесса добычи. По своему назначению они подразделяются на технологические (закачные и откачные), наблюдательные и контрольные.

➤ **Скважины закачные** – скважины, через которые в рудные тела подается выщелачивающий раствор.

➤ **Скважины откачные** – скважины, через которые из рудного горизонта выдается на поверхность продуктивный раствор. В практике подземного выщелачивания закачные и откачные скважины могут меняться назначением.

➤ **Скважины наблюдательные** – предназначены для постоянного или периодического наблюдения за процессом подземного выщелачивания или режимом подземных вод (растворов) в выщелачиваемой горнорудной массе.

➤ **Скважины контрольные** – используются для вскрытия в заданном месте обрабатываемого рудного тела с целью определения вещественного состава рудного тела и степени извлечения из него полезного компонента.

2. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Основным объектом геологической документации на месторождениях, отрабатываемых методом ПСВ, является буровая скважина. Документация буровых скважин осуществляется по керну, выход которого, как отмечалось ранее, по рудному интервалу должен составлять не менее 70 % по каждому рейсу бурения и не менее 30-50 % по вмещающим породам. В состав работ по документации керна входит его описание, фиксация места взятия точечных, бороздовых и керновых проб, а также монолитов и образцов, результаты радиометрического изучения керна и скважины.

Документация скважин, пройденных без отбора керна, производится на основе интерпретации данных каротажей по скважине.

Геологическая документация подразделяется на первичную и сводную.

К первичной геологической документации относятся: журнал геологической документации скважины, журнал опробования керна скважин, паспорт скважины и геологическая колонка по скважине.

Журнал геологической документации скважины является основным первичным документом, в котором фиксируются: описание и зарисовка керна с указанием места отбора точечных, бороздовых проб, монолитов, образцов и результаты радиометрического промера керна.

Журнал геологической документации должен проверяться старшим геологом. На основании данных, зафиксированных в журнале геологической документации, строится паспорт скважины и геологическая колонка по ней.

Журнал опробования керна скважин является документом, в который заносятся данные по привязке керновых проб, длине опробуемых интервалов, выход керна по данным буровых работ, гамма-промер опробуемых интервалов. В журнале, с учётом гамма- и электрокаротажа, производится корректировка интервалов кернового бурения и выхода керна, на основании чего делается вывод о пригодности рудного интервала для кернового опробования.

Паспорт скважины является основным первичным документом, который составляется с использованием всех данных, зафиксированных в журналах геологической документации и опробования керна, данных всех видов каротажа. Паспорт скважины служит основой для построения колонки по скважине, разрезов продуктивного горизонта и подсчёта запасов. По всем скважинам, вскрывшим балансовое или забалансовое оруденение, паспорт скважины строится в масштабе 1:50 на интервал оруденения с захватом вмещающих пород на 5 метров выше и 5 метров ниже рудного интервала.

В паспорт скважины выносятся:

- литологические колонки по данным полевой документации керна и сводная колонка с учётом интерпретации данных каротажа;
- диаграммы всех видов каротажа, проведённых в открытом стволе;
- интервалы отбора и номера керновых проб, места отбора образцов и монолитов, результаты радиометрических и химических анализов керновых проб;
- параметры рудных интервалов по данным опробования и интерпретации гамма-каротажа.

Особенностью инфильтрационных месторождений, которую необходимо учитывать при первичной геологической документации и опробовании керна поисковых и разведочных скважин, является плохая сохранность керна рыхлых обводненных пород. Даже при непродолжительном хранении в ящиках на открытом воздухе такой керн быстро высыхает и рассыпается, теряя первоначальную структуру, после чего некоторые важные признаки пород уже не могут быть зафиксированы. Одновременно происходит вторичное окисление пород, нарушающее их природный геохимический облик.

В связи с этим первичная геологическая документация керна при поисках и разведке таких месторождений должна производиться непосредственно после его подъема из скважины. С этой целью геолог, ведущий документацию, находится на скважине постоянно, принимая и документируя керн каждого рейса проходки.

Геолог-документатор обеспечивается геологическим молотком (при работе с плотным керном) или ложкой и ножом для работы с рыхлым керном; скребком для очистки керна от корки бурового раствора; рулеткой для замера мощности слоев и привязки наблюдений к опорным точкам; лупой с увеличением 7–10; радиометром со свинцовым цилиндрическим экраном датчика; сосуда-капельницами с растворами соляной кислоты (для определения карбонатности пород), 5 % азотной кислоты и ксантогената калия (для проведения анализа на молибден) и 5 % сернистого натрия (для проведения анализа на селен); эталонной коллекцией образцов пород, характеризующей гранулометрический состав, структуру, тип окраски пород и т. д. (такую коллекцию целесообразно изготавливать в виде серии стеклянных запаянных (закупоренных) пробирок с засыпанной породной массой); специальным журналом, позволяющим вести документацию по унифицированной системе, мешочками для образцов и проб, этикетками и т. д.

Документация осуществляется в следующем порядке:

1. Извлеченный из колонковой трубы керн укладывается в специальный металлический желоб или на брезент, очищается от корки бурового раствора, шлама и просматривается. Из керна удаляются прослой и включения шлама, иногда цементирующие отдельные его куски, материал вышележащих пород, попадающий на забой при спуске снаряда, и т. п. Плотный уложенный чистый керн замеряется рулеткой с оценкой его линейного выхода по рейсу и промеряется радиометром. При наличии интервалов повышенной радиоактивности отмечаются их начало и конец для последующего детального изучения и опробования.

2. Проводится геологическое описание керна по рейсу, а в пределах рейса – по интервалам разновидностей пород. Отбираются необходимые образцы и пробы на гранулометрический, спорово-пыльцевой и другие виды анализов, не связанные с оруденением. Если керн безрудных пород по данной скважине предполагается сохранить, то его помещают в специальные полиэтиленовые пакеты или матерчатые мешки, после чего укладывают в ящики и направляют в кернохранилище. Керн, не подлежащий хранению, после документации ликвидируется.

3. Интервалы керна с повышенной радиоактивностью подвергаются детальному радиометрическому промеру и опробованию. Замеры выполняются радиометром, оснащенным экранированным с боков датчиком, через 0,1 м с фиксацией результатов в журнале. Промеру и опробованию подлежит интервал с выходом во вмещающие породы с фоновой радиоактивностью сверху и снизу на 1–2 м. Методика опробования излагается в специальном разделе.

4. По описанию керна, данным каротажа и результатам анализа проб составляется сводная колонка, по скважине, служащая основным документом для последующих геологических построений. Для составления колонок разрабатываются специальные формы.

Изучение и описание керна проводится с выделением и фиксацией следующих основных визуальных признаков:

- состав и структурно-текстурные особенности пород, степень их литификации (прочность), состав и тип цемента или заполнителя, пористость, наличие конкреций, их состав, размеры, частота встречаемости;
- генетический (фациальный) тип пород или их комплексов, (ритмов);
- цвет пород, причина и характер окраски, первичный геохимический тип пород и наличие эпигенетических изменений; содержание и тип восстановителей (углистое вещество, растительный детрит, сульфиды, битумы);

- наличие и количество карбонатного компонента (по реакции с HCl);
- присутствие урановой минерализации (по данным радиометрии) и сопутствующих минералов: селена – по реакции с Na₂S и молибдена – по реакции с HNO₃ и ксантогенатом.

По составу в разрезе пород, заключающих пластово- или грунтово-инфильтрационные месторождения, могут выделяться терригенные, хемогенные, органогенные и туфогенные осадочные породы.

Среди терригенных выделяются песчано-гравийные и алевроито-глинистые породы группы смешанных пород (пески с включениями глин, глины с прослоями песка).

Общая схема классификации терригенных пород, согласно принятой в России терминологии, дана в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Общая схема классификации терригенных пород

Несцементированные (сцементированные) породы		Размер обломков (зёрен), мм
При окатанных обломках	При неокатанных обломках	
Крупный песчаник (конгломерат)	Крупный щебень (брекчия)	> 50
Мелкий галечник (конгломерат)	Мелкий щебень (брекчия)	10–50
Гравийник (гравелит)	Дресва (дресвяник)	1,0–10
Песок (песчаник): крупнозернистый среднезернистый мелкозернистый тонкозернистый		0,5–1,0 0,25–0,5 0,1–0,25 0,05–0,1
Алеврит (алевролит) Алевропелит (алевролитопелит) Глина (аргиллит)		0,01–0,05 0,005–0,01 < 0,005

К несцементированным относят породы, ядро которых рассыпается при легком ударе молотком или при разламывании рукой. Для сцементированных пород необходимо указывать тип цемента: глинистый, карбонатный, кремнистый и т. д., а также относительное количество цемента в процентах.

Среди глин иногда удается визуально различать каолиновые (жирный блеск, белая окраска), гидрослюдистые (зеленоватая окраска) и монтмориллонитовые (сильно разбухают в воде).

К группе смешанных относят породы, в которых содержание одного из компонентов – обломочного, песчаного или глинистого – составляет 25–50 %. Для таких пород используются термины типа глинистый песчаник или песчаная глина. При содержании одного из компонен-

тов менее 25 % порода называется по преобладающему компоненту: например, песчаник с глинистым цементом.

Породы с несортированным разнообломочным материалом различной размерности иногда называют «хлидолитами» или «паттумами».

Среди хомогенных пород выделяют известняки, доломиты, мергели, фосфориты, каменные и калийные соли; среди органогенных – торф, лигнит, бурый и каменный уголь, горючие (битуминозные) сланцы, кремнистые осадки (трепел, диатомит).

Туфогенно-осадочные породы подразделяются на туффиты (50–90 % пирокластического материала) и туфопесчаники (туфоалевролиты, туфогравелиты.). При характеристике туфогенно-осадочных пород указывается также состав пирокластического материала (андезитовый, дадитовый, липаритовый и т. п.).

По текстурным признакам выделяются породы неслоистые и слоистые. К неслоистым относят породы, полностью сложенные равномернoзернистым материалом или содержащие два или более литологических компонента с разной зернистостью материала, которые могут быть равномерно перемешаны или образуют различные типы неслоистых текстур.

К слоистым относят породы с упорядоченным распределением двух или более литологических компонентов (горизонтально слоистые, волнисто-слоистые и косослоистые), образуемых материалом разной зернистости, состава, окраски и т. п.

Неслоистые неравномернoзернистые породы характеризуются наличием неправильных, линзонидных или овальных включений дополнительного литологического компонента в массе основного материала. В терригенных породах такие включения обычно бывают представлены вязким глинистым веществом в песчанистой массе. Возникновение таких текстур связано с неравномерным осадконакоплением и частичным переывом ранее сформированного осадка (текстура «взмучивания» или «размыва»). При образовании осадков из быстро движущихся временных потоков, когда дифференциации материала по зернистости не происходит, возникают так называемые «мешанинные» текстуры, в которых галечный, песчаный и глинистый материал перемешаны.

Среди текстур размыва, следует особо выделять текстуры с наличием овальных, окатанных включений глин в песчаном материале (так называемых «катунов»), являющихся признаком переходных руслово-пойменных фаций, особенно благоприятных для развития оруденения.

Слоистые текстуры подразделяются на горизонтально-слоистые и косослоистые. При описании слоистых текстур рекомендуется давать им дополнительную характеристику, отмечая четкость либо нечеткость

слоев, их размер (грубая, тонкая, весьма тонкая слоистость) и другие особенности.

Наряду с основными типами слоистости (горизонтальной, волнистой, косой) могут выделяться комбинированные типы: горизонтально-волнистые, косоволнистые и т. п.

Словесное описание слоистости, особенно сложных текстур, рекомендуется дополнять зарисовками.

Нередко при изучении керна характер слоистости трудно определяется из-за того, что, несмотря на принятые меры, рыхлый керн частично рассыпается или оказался сильно зашламованным. В этом случае текстуру рекомендуется определять как «неясную».

Важным является также выделение особых текстурных признаков: трещин усыхания осадка, слепков следов движения организмов (ходы илоедов и т. п.), отпечатков корней растений и др.

Окраска является важнейшим признаком при оценке восстановительных свойств пород и проявленности эпигенетических процессов,

Окраска обычно обусловлена наличием либо отсутствием двух основных компонентов: соединений железа (желтая и красная для окисных форм, серая и зеленая для закисных) и углисто-органического вещества (серая, черная). Породы, лишенные углистого вещества и с низким содержанием железа, обычно имеют белый (белёсый) цвет.

Для того чтобы окраска пород оценивалась единообразно, необходимы обязательное составление эталонных коллекций и разработка единой терминологии обозначения цвета, интенсивности и характера окраски пород. При этом следует учитывать важность четкого разделения желто-красных окрасок, свидетельствующих об окислительном процессе, и серо-черных. Поэтому при наличии, например, в серой породе отдельных пятен желтого или красного цвета нельзя определять цвет породы как серо-желтый (красный), а конкретно описывать характер окраски как пятнистый, с пятнами такого-то цвета, на таком-то общем фоне.

При разработке терминологии для обозначения окраски рекомендуется предусматривать различие не менее семи-девяти оттенков, например: бурый (кофейный), буро-желтый, желтый, желто-зеленый (табачный), розовый, красный, серый, черный и т. д. Необходимо, чтобы такой единой терминологии строго придерживались все исполнители работ.

Опыт, накопленный при изучении осадочных толщ, свидетельствует о том, что серая гамма окрасок обычно свойственна породам, диагенез которых протекал в субаквальной восстановительной обстановке, причем, нейтрально-серые цвета имеют породы с содержанием органического вещества, а серо-зеленые — глауконит или хлоритсодержащие

породы. Желтые окраски обычно присущи эпигенетически окисленным породам, а красные – породам, формировавшимся в субаэральной обстановке аридного климата. Однако розово-красные окраски могут возникать и при эпигенезе, если окисляющие растворы имели повышенную щелочность.

Породы, подвергнутые эпигенетическим процессам восстановительного типа, обычно приобретают при сульфидизации темно-серую или серо-голубую окраску, при аргиллизации – серо-голубую или серо-зеленую, при битуминизации – черную или коричневую.

При описании характера и типа восстановителей необходимо указывать тип восстановителя (углистое вещество, битумы, сульфиды), характер выделений, размеры минеральных индивидов и их скоплений, наличие псевдоморфоз, степень сохранности первичной растительной структуры органических остатков и др.

С учетом оценки цвета пород и данных количественного распределения органического вещества, двух- и трехвалентного железа определяется первичный геохимический тип пород (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Геохимический тип пород	Содержание $C_{орг}$, %	Соотношение окиси/закиси железа	Ориентировочная величина Eh, мВ
Черноцветный	>0,3-0,5	$Fe^{3+} \ll Fe^{2+}$	> 50
Сероцветный	0,3-0,03	$Fe^{3+} < Fe^{2+}$	20–40
Зелёноцветный	<0,03	$Fe^{3+} = Fe^{2+}$	10–25
Белоцветный	нет	Fe – мало	10–20
Розовоцветный	-- « --	$Fe^{3+} > Fe^{2+}$	10–15
Красноцветный	-- « --	$Fe^{3+} \gg Fe^{2+}$	<10
Пестроцветный	неравномерное		

Карбонатность пород рекомендуется оценивать в баллах по схеме, приведенной в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Карбонатность, баллы	Порода по визуальной оценке	Характер реакции породы с 10 % HCl	Примерное содержание CO_2 , %
1	Рыхлая	Не реагирует	<1
2	– « –	Слабое вскипание в порошке, заметное только под лупой	1–2,5
3	Слабо сцементированная, ломается рукой	Вскипание в порошке заметное невооружённым глазом	2,5–5,0
4	Сцементированная, рукой не ломается	Заметное вскипание в штуфе	5,0–7,5
5	С трудом колетса молотком	Энергичное вскипание в штуфе	>7,5

Наличие урановой минерализации оксидно-коффинитового типа может выражаться в цвете пород только при высоких содержаниях урана (обычно более 0,5 %). Минералы уранила относительно легко фиксируются визуально даже при низких содержаниях, причем их выявление и диагностика, значительно облегчаются при ультрафиолетовом освещении.

Низкие концентрации оксидно-коффинитовой минерализации, как правило, фиксируются лишь с помощью радиометра.

Обычно радиоактивность керна в 5–8 раз меньше, чем радиоактивность соответствующих интервалов пород в скважине по гамма-каротажу, что связано с небольшой массой керна и иной геометрией измерений. Поскольку выход керна часто бывает, неполным, рекомендуется производить сопоставление графиков радиометрического промера керна и каротажа в целях уточнения привязки конкретных кусков керна по глубине в пределах интервала бурения. Методика такого сопоставления приводится в разделе «Опробование».

Для определения наличия селеновой минерализации взятые из керна точечные пробы массой 2–5 г помещают в пробирку и заливают 1,5 % раствором Na_2S . Пробирку плотно закрывают резиновой пробкой и взбалтывают 3–5 мин. При наличии селена раствор окрашивается. Интенсивность его окраски позволяет приблизительно оценить концентрацию селена: бледно-желтый – 0,03 %; оранжевый – 0,03–0,05 %; бурокрасный – более 0,1 %.

Располагая эталонной коллекцией растворов с различной концентрацией селена, установить его содержание можно с более высокой точностью.

Для определения содержания молибдена на керн с помощью капельницы последовательно наносятся растворы 5 % HNO_3 и ксантогената калия. На наличие молибдена указывает появление розовой окраски. Интенсивность окраски оценивается в баллах, что позволяет приближенно судить о содержании молибдена.

Первичная документация керна завершается построением колонок по скважинам по установленным формам. При наличии рудных интервалов по ним составляется отдельная колонка а укрупненном масштабе с привязкой всех отобранных проб.

Формы типовых колонок, использовавшихся в России и других республиках СНГ, приведены в табл. 2.4 и 2.5. При составлении колонок все графы, кроме последней, обычно заполняются соответствующими цифрами или условными символами. Краткое словесное описание допускается лишь в последней графе.

Таблица 2.4

Форма колонки по скважине (М 1:200)

Возраст, пачка, цикл	Глубина, м	Выход керна, м и %	Мощность слоя, м	Литологическая колонка	Описательная часть				Интерпретационная часть		Гранулометрический состав, содержание фракций, %			Графики электро- и гамма-каротажа	Краткое описание
					Окраска пород	Состав (тип) пород	Текстурные признаки	Прочие характеристики	Литогенетический тип	Эпигенетические изменения	Галька (гравий)	Песок	Глина		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Таблица 2.5

Форма колонки по рудному интервалу (М 1:50)

Глубина, м	Выход керна, %	Литологический разрез			Окраска пород	Прочие характеристики	№ пробы	Длина пробы, м	Параметры оруденения			Данные по гранулометрическому составу				Содержание СО ₂	Графики каротажа	Краткое описание
		По керна	По каротажу	Принятый					Мощность, м	Содержание урана, %	Метропроцент	№ пробы	Содержание фракции					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

При составлении колонок первичная полевая документация интерпретируется и обобщается с выделением определенных литолого-фациальных (генетических) типов пород. В качестве таких типов выделяются группы пород с закономерным сочетанием основных первичных признаков, отражающих условия осадконакопления. Литологические типы, образующие закономерные ряды в разрезе и по площади, связанные общим генезисом, выделяются как литологические комплексы, а последние могут объединяться в литологические ассоциации. Наиболее типичные такие ассоциации и комплексы для континентальных и субконтинентальных отложений даны в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Ассоциации	Комплексы	Типы
Горных поднятий и склонов	Коллювиальный Проллювиальный	Осыпей, обвалов Русловой Межрусловой Застойных зон
Озёрно-аллювиальных равнин	Эоловый Аллювиальный Озёрно-болотный Делювиальный	Пустынный Стрежневой Русловой Пойменный Озёрно-болотный Зарастающих озёр (гумидный) Усыхающих озёр (аридный) Водораздельный (гумидный) Водораздельный (аридный)
Прибрежно-морские	Пляжный Лагунный Дельтовый	Крутого побережья Пологого побережья Зарастающих лагун (гумидный) Засоляющихся лагун (аридный) Подводных русел Межрусловых пространств

В рудных районах Притянь-Шаньской провинции мезозой-кайнозойский чехол- имеет двух- или трехъярусное строение, отражающее этапы развития этой обширной территории от субплатформенного и платформенного к суборогенному и орогенному. Литогенетические ассоциации и комплексы, соответствующие подобным этапам, должны выделяться при изучении геологического строения рыхлого покрова новых сходных районов.

При изучении разрезов в пределах отдельных районов и месторождений важное значение имеет выделение ритмов, представленных закономерным чередованием определенных литогенетических типов. Такие ритмы обычно начинаются с грубозернистых осадков, последовательно сменяющихся вверх по разрезу мелко- и тонкозернистыми, а также глинистыми осадками. В пределах одного горизонта проявляется фациальная неоднородность по латерали. При этом на одних участках в разрезе горизонта преобладают породы основания ритмов (стречневые, русловые литогенетические типы), а на других – породы кровли ритмов (озерно-болотные, лагунные или делювиально-водораздельные литогенетические типы).

Выделение эпигенетических изменений окислительного и восстановительного типов и отличие их от первичного геохимического типа

пород имеют особое значение. Признаки эпигенетического изменения являются:

- секущий характер границ цветовых зон пород относительно стратиграфических границ слоев и литологических границ пород;
- пространственная связь цветовых изменений или минеральных новообразований пород с зонами повышенной проницаемости; земной поверхностью или палеоповерхностью; поверхностью несогласия, водопроницаемых слоев, тектонических нарушений и т. п.;
- наложенный характер минеральных новообразований по отношению к обломочному и аутогенному материалу (коррозия, замещение, пересечение и т. п.);
- наличие элементов зональности изменений окраски или развития минеральных новообразований.

При геологическом изучении целесообразно выделять следующие основные типы эпигенетических изменений:

1. Приповерхностный (грунтовый) окислительный эпигенез, т. е. окисление, развивающееся от земной поверхности или палеоповерхности.

2. Подперерывный восстановительный эпигенез, т. е. вторичное восстановление пород красноцветного или белцветного первичного геохимического типа, развивающийся под действием почвенных или иловых вод, просачивающихся из вышележащих богатых органическим веществом морских или континентальных осадков.

3. Пластовый окислительный эпигенез, развивающийся по проницаемым породам под действием кислородсодержащих артезианских вод.

4. Восстановительный (термический) околотрещинный эпигенез, развивающийся вблизи зон тектонических нарушений.

При вскрытии скважиной эпигенетически измененных пород типа грунтово- или пластово-окисленных необходимо идентифицировать положение вскрытого участка в известной схеме зональности (подзона полного-, частичного окисления и т. д.).

Для новых районов необходима разработка специальных методических указаний и инструкций по документации керна, обеспечивающих его единообразное описание и возможность геологической и поисковой интерпретации наблюдений по отдельным скважинам.

Кроме составления первичной документации, геологической службой предприятия совместно с привлеченными организациями систематически осуществляется изучение минералогии, химического состава и физических свойств руд и пород отрабатываемого месторождения.

Сводная геологическая документация составляется на основании первичной документации и служит основой для целенаправленного проведения геологоразведочных, эксплуатационно-разведочных, эксплуатационных работ, подсчёта запасов и различных видов проектирования.

Изучение геологического строения месторождения продолжается непрерывно до полного завершения его отработки. Подразделения, производящие доразведку или отработку месторождения, пользуясь сводными документами, составленными в период его геологической разведки, на основании собственной первичной документации осуществляют корректировку этих документов, а также составляют новые сводные геологические документы. Полный перечень необходимых сводных документов и их состав зависят от особенностей геолого-гидрогеологического строения месторождения и должны определяться руководством подразделения в специальной инструкции. Обязательными основными сводными документами являются следующие:

При доразведке месторождения:

- геологическая карта района работ в масштабе 1:100 000–50 000;
- карта рудоносности месторождения в масштабе 1:50 000–25 000;
- геологические разрезы к этим картам в соответствующих масштабах;
- карта фактического материала по месторождению в масштабе 1:25 000;
- литолого-фациальная карта продуктивного горизонта в масштабе 1:25 000;
- карта изогипс поверхности подстилающего водоупора в масштабе 1:25000;
- планы подсчёта геологических запасов по участкам, залежам месторождения в масштабе 1:2000;
- разрезы продуктивного горизонта по разведочным профилям к планам подсчёта геологических запасов в масштабе: горизонтальном 1:2000, вертикальном 1: 500-200 с результатами опробования продуктивного горизонта на грансостав и карбонатность, эпюрами коэффициентов фильтрации по литологическим разностям пород, контурами рудных тел и параметрами рудных пересечений, а также контурами подсчётных геологических блоков и границами выкливания зон пластового окисления (ЗПО);
- планы изомощности и изопродуктивности рудных залежей в масштабах, соответствующих решаемым задачам.

При подготовке рудных залежей к отработке по результатам эксплуатационно-разведочного и технологического бурения:

- карта рудоносности по площади проведения буровых работ;
- геологические разрезы к ней;
- планы подсчёта геологических запасов по залежам и блокам эксплуатационной разведки;
- разрезы продуктивного горизонта к ним;
- планы подсчёта вскрытых запасов по эксплуатационным блокам с контурами геологических блоков и границей выклинивания ЗПО;
- разрезы продуктивного горизонта по рядам технологических скважин;
- планы изомощности по технологическим блокам;
- планы изопродуктивности по технологическим блокам;
- • планы обвязки технологических блоков.

Перечисленные выше материалы ведутся в масштабах и в соответствии с требованиями, предъявляемыми к материалам по доразведке месторождения и изложенными выше.

3. ОПРОБОВАНИЕ

Основным видом опробования руд и вмещающих пород на месторождениях, разведываемых для отработки способом ПСВ и отрабатываемых этим способом, является гамма-каротаж, который производится во всех скважинах, независимо от их назначения. Результаты интерпретации гамма-каротажа служат основой для подсчёта запасов металла. В некоторых случаях для подсчёта запасов могут использоваться керновые пробы.

Опробование керна буровых скважин имеет своей целью:

- изучение и уточнение радиологической характеристики руд (K_{p-p}) и заверки результатов интерпретации гамма-каротажа;
- изучение вещественного состава руд и рудовмещающих пород продуктивного горизонта;
- изучение водно-физических, технологических, фильтрационных и инженерно-геологических свойств руд и пород продуктивного горизонта.

Бурение скважин с отбором керна проводится на всех стадиях разведки, подготовки и отработки месторождения.

На стадии геологоразведочных работ при поиске и предварительной разведке пластово-инфильтрационных месторождений отбор керна производится по всему разрезу продуктивного горизонта. На стадии детальной разведки сеть буровых скважин, рекомендуемая «Методическими рекомендациями» [2] для месторождений 3 группы, составляет 200–100 м по простиранию залежи и 50–25 м вкrest простирания. Сеть керна бурения и, соответственно, опробования керна в каждом конкретном случае обосновывается по данным предварительной разведки и должна обеспечивать с необходимой полнотой достоверность изучения распределения природных разновидностей руд в плане и разрезе изучаемого горизонта, их радиологических свойств, характер околорудных изменений. Рудный материал, используемый для минералогической и количественной оценки радиоактивных элементов, должен представительно характеризовать изучаемые руды по мощности и содержанию. При этом, в каждом разведочном сечении керна бурения фланги рудной залежи должны быть охарактеризованы кернами, отобранными из одной оконтуривающей безрудной скважины.

На стадии эксплуатационной разведки и подготовки блоков к эксплуатации объём керна бурения определяется специальным проектом, исходя из анализа представительности материалов, полученных на стадии геологоразведочных работ, с целью:

- получения недостающих данных;
- отбора проб для специальных исследований.

При бурении скважин с керном, выход его по продуктивной части разреза должен быть не менее 70 % по каждому рейсу бурения. Величина выхода керна по рудному интервалу также должна оцениваться с учётом сопоставления данных радиометрического промера керна и данных гамма-каротажа скважин.

3.1. Опробование керна

Опробование керна складывается из ряда последовательных операций и проводится после каротажа скважин и первичной обработки каротажных диаграмм.

Очищенный от корки бурового раствора и шламовых включений плотно уложенный керн подвергается детальному радиометрическому промеру через 0,1 м. Показания радиометра по каждому замеру заносятся в журнал, пересчитываются в содержания урана и отстраиваются в виде диаграммы в том же масштабе глубин, что и диаграмма гамма-каротажа.

Детальное измерение радиоактивности керна проводится от фоновых значений (1–2 м) в кровле аномалии и до фоновых значений (1–2 м) в подошве аномалии. График радиоактивности керна служит для точного определения глубины зафиксированного в керне рудного интервала, выхода керна по нему и установления длины, секционных проб. Накладывая сверху калечную копию диаграммы, гамма-каротажа на кривую радиометрического промера керна, совмещают положение характерных точек кривых: максимумов радиоактивности, изломов, переходов аномальных активностей в фоновые и т. п. При этом учитывают статистически установленное соответствие между значениями радиоактивности по каротажу и промеру керна. Обычно из-за разных объемов рудной массы и различной геометрии измерений радиоактивность рудного интервала по промерам керна в 5–8 раз меньше, чем по гамма-каротажу. По этой причине практически всегда наблюдаются расхождения в интенсивности радиоактивности по каротажу и промерам керна, но сохраняется (при полном выходе керна) подобие формы кривых и совпадение мощностей аномальных интервалов. На калечной копии каротажной диаграммы отмечается положение керна каждого рейса, а в рейсе – каждого куска керна. При этом учитываются также данные интерпретации электрокаротажа. Существующая в настоящее время каротажная аппаратура обеспечивает одновременную запись диаграмм гамма-каротажа и электрокаротажа. Однако следует помнить, что определение границ и

состава слоев при предварительной интерпретации электрокаротажа без привязки к конкретному керну не всегда однозначно, особенно при плавных переходах и неконтрастных различиях в составе отдельных слоев. Поэтому пробоотборщик должен хорошо владеть основными приемами интерпретации электрокаротажа и творчески использовать их при привязке керна к его данным, корректируя при необходимости предварительную интерпретацию по совокупности всей наблюдаемой информации. С помощью указанных выше манипуляций устанавливается глубина каждого столбика керна, уточняются длина рейса и выход керна по нему (рис. 3.1).

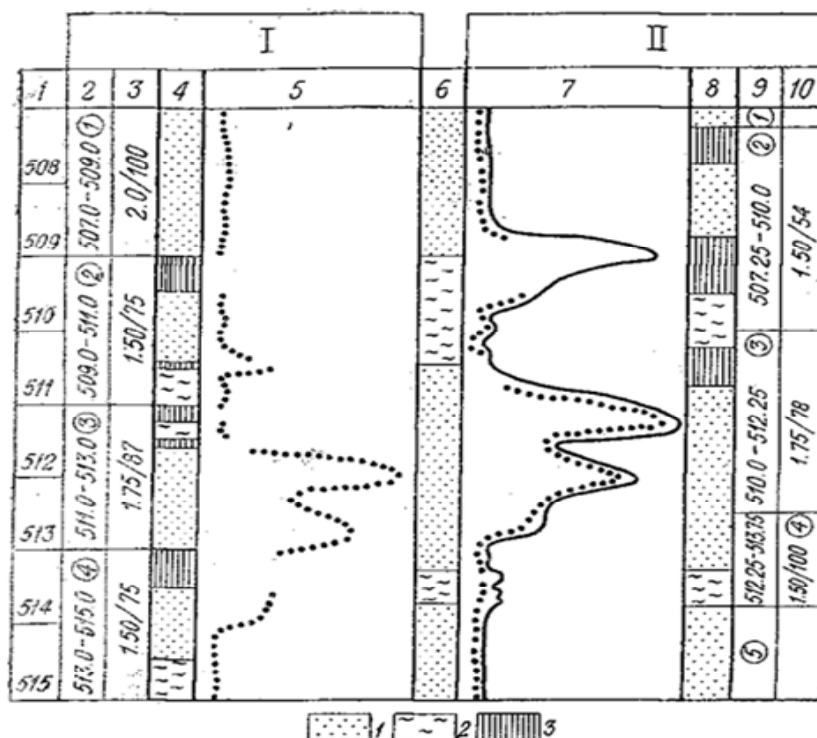


Рис. 3.1. Фрагмент колонки документации по скважине со схемой увязки данных изучения керна и каротажа:

I – колонка по данным геолого-радиометрической документации керна;

II – уточненная колонка по данным керна и каротажа;

1–10 – графы:

1 – отметки глубин скважин, м;

2 – интервалы рейсов по бурению и их номера (в кружке);

3 – выход керна по рейсу – числитель, м; знаменатель, %;

4 – литологический разрез по керну;

5 – график радиометрического промера керна;

6 – литологический разрез по электрокаротажу;

7 – совмещенные графики гамма-каротажа (сплошная линия) и промера керна;

8 – литологический разрез, уточненный по данным электро- и гамма-каротажа;

9 – уточненные интервалы рейсов и их номера;

10 – уточнённые данные выхода керна, м %.

Обозначения на разрезах: 1 – песок; 2 – глина; 3 – керн отсутствует.

Если линейный выход аномального по радиоактивности керна составляет 70 % и выше от мощности рудного интервала, определенной по гамма-каротажу, то керн подлежит опробованию на уран. При меньшем выходе керн не опробуется.

На основе геологической документации керна и с учетом графиков радио-, селено- и молибденометрии в журнале опробования намечают следующим правилами:

1. В секцию включается однородная по составу и однотипная по геохимической обстановке порода с близкими значениями радиоактивности, селено- и молибденоносности; запрещается включение в одну секцию водоупорных и водопроницаемых, а также окисленных и восстановленных пород.

2. При мощности рудного интервала менее 1 м рекомендуемая длина секционной пробы 20–30 см, для рудных интервалов мощностью от 1 до 2 м длина секции 30–50 см, если мощность более 2 м, то длина секции может быть увеличена до 1 м.

3. Во всех случаях длина секций, характеризующих породу и руду у границ рудных интервалов, должна быть не более 20 см.

4. Для определения содержаний урана и радия намечаются пробы в интервалах аномальной радиоактивности, характеризующейся по каротажу от 3,5 пА/кг и выше, а также по две пробы в кровле и подошве каждого интервала.

5. Для определения содержаний селена и молибдена с помощью экспресс-анализов пробы отбираются в интервалах с аномальными концентрациями этих элементов независимо от линейного выхода керна и дополнительно к кровле и подошве этих интервалов.

Выделенные секции размечаются по керну рулеткой или мерной линейкой с точностью до 1 см. На пробы, и дубликаты (вторая половина керна) выписываются этикетки по стандартной форме, проставляются номера проб на упаковочных мешочках, которые во избежание путаницы в пробах и дубликатах изготавливаются из разноцветной ткани.

Контроль процесса опробования. Наиболее вероятные ошибки, связанные с отбором проб, приходятся на следующие операции:

- привязку керна к диаграммам гамма- и электрокаротажа;
- очистку керна от шламовой оболочки;
- субъективное деление секции на пробу и дубликат.

Первая ошибка, выявляется и устраняется при проверке журнала ответственными за опробование (руководителем опробовательской группы, старшим геологом участка). Неравномерная очистка керна от шламовой корки и стремление взять в основную пробу более рудный материал секции, чем в дубликат, в конечном счете, отразится на массе

и концентрации металлов в пробе и ее дубликате. Поэтому необходимо регулярно проводить контрольное взвешивание 30–50 дубликатов проб, подвергать их дроблению и анализам. Сравнение результатов, взвешивания и анализов и соответствующая обработка материалов позволят выявить погрешности отбора, проб и принять меры, к их устранению.

Установление возможной выщелачиваемое рудной минерализации и разубоживания за счет проникновения в керн промывочной жидкости, проводится опробованием наиболее проницаемых типов руд по методу «кольцо-цилиндр». По основным классам содержания полезных компонентов отбирается не менее 30 проб из внешней и внутренней частей керна. Если расхождения между параметрами сопряженных проб носят случайный характер, а средние содержания по классам расходятся в пределах допустимых погрешностей анализа, то можно определенно говорить об отсутствии обеднения периферической части столбика керна в процессе бурения. Обычно в связи с малым временем контакта фильтрата бурового раствора с керном выщелачивания рудной минерализации из последнего не происходит. Если же будет установлено избирательное обеднение керна каким-либо изучаемым с помощью опробования компонентом, то принимаются необходимые меры, по изменению технологии бурения (изменение состава бурового раствора, ограничение его подачи и т. д.).

Дробление и подготовка проб для анализов. Эти процессы осуществляются, как правило, в дробильном цехе лаборатории, в связи с чем партия проб, надежно упакованная вместе с заявкой на выполнение аналитических исследований и описью проб в двух экземплярах, направляется в лабораторию. Централизация процесса дробления позволяет повысить качество работ (на основе постоянного контроля за соблюдением схем обработки проб), улучшить условия эксплуатации оборудования, уменьшить непроизводительные затраты, полностью загрузить механизмы, создать оптимальные условия для соблюдения правил промышленной санитарии и техники безопасности. Дробильный цех укомплектовывается механизмами и агрегатами, обеспечивающими сушку проб, их измельчение, истирание до необходимых размеров (0,03–0,05 мм) и сокращение до надежных и достаточных для анализа масс. Для расчета надежных масс в России обычно используется известная формула Ричардса-Чечотта, в которой коэффициент неравномерности распределения компонентов определяется опытным путем.

$$Q = K \cdot d^3 \quad (3.1)$$

где Q – начальный вес пробы, кг; d – диаметр наибольших частиц, мм; K – коэффициент, характеризующий степень неравномерности распределения полезного компонента в руде.

Коэффициент неравномерности определен математически с использованием коэффициента вариации содержания полезного компонента, вычисленного по формуле 3.2:

$$V = \frac{\tau \cdot 100}{C_{\text{ср}}} \quad (3.2)$$

где τ – среднеквадратическое отклонение; $C_{\text{ср}}$ – среднее арифметическое содержание полезного компонента в руде.

Схема обработки проб (рис. 3.2) составлена исходя из среднего начального веса проб, максимального диаметра обломков и коэффициента, отражающего степень неравномерности распределения урана в рудах (K). Для гидrogenных месторождений величина коэффициента (K) обычно равна 0,3–0,4. По завершении процесса измельчения пробы упаковываются в бумажные пакеты, раскладываются по лоткам и направляются в соответствующие специализированные лаборатории.

СХЕМА ОБРАБОТКИ ПРОБ

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Начальный вес пробы: 3.200 кг

Максимальный диаметр обломков $d = 25$ мм

Коэффициент неравномерности $K = 0,2$

Проба $Q = 3.200$ кг

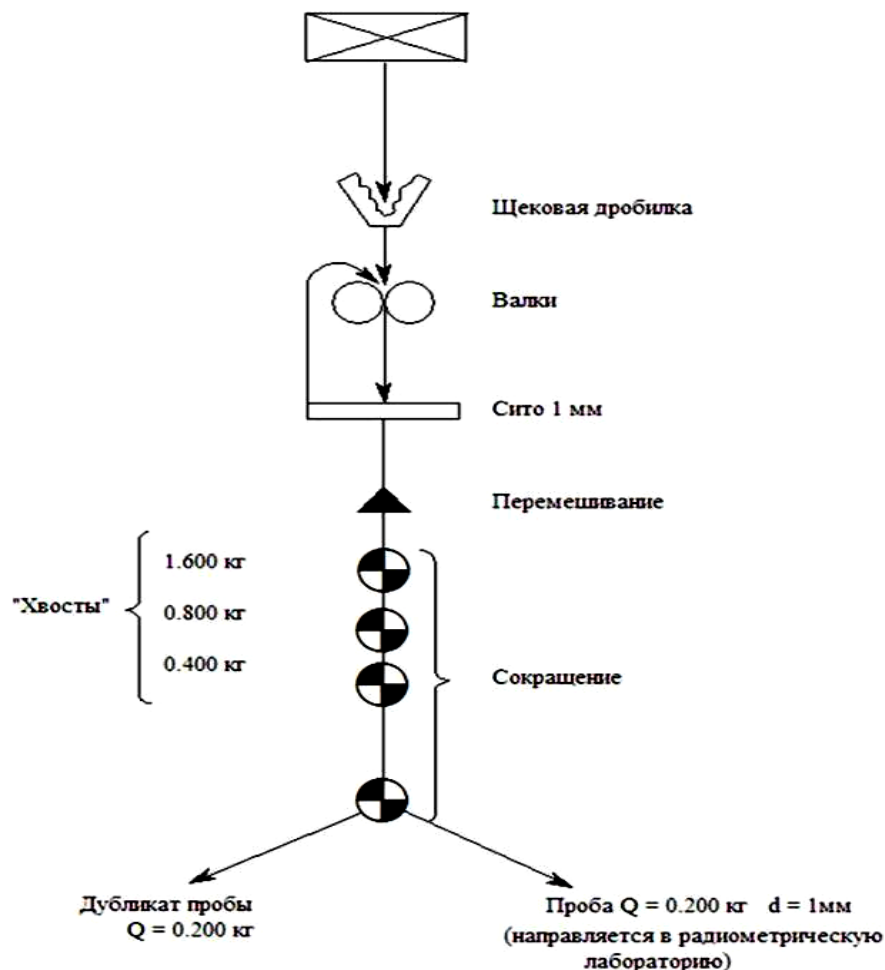


Рис. 3.2 Определение параметров рудных интервалов по данным опробования керна

Контроль процесса обработки проб производится путем систематического опробования всех отходов, которые получают при сокращении пробы. Как правило, проверяется до 30 % отработанных за квартал проб. Результаты контроля оформляются в специальном журнале.

Результаты опробования, обработки проб и анализов заносятся в журнал опробования, который ведется в одном экземпляре по установленной форме и является сводным документом по опробованию керна на основные компоненты (уран, радий, селен, молибден, CO_2). Кроме того, результаты опробования рудных интервалов с данными по радио-,

селено- и молибденометрии керна-, рассчитанными параметрами рудных интервалов вносятся в паспорт (колонку) рудных интервалов, обязательно прилагающихся к геологической документации по скважине.

При расчете параметров рудного уранового интервала (мощности, среднего содержания и среднего коэффициента радиоактивного равновесия K_{p-p}), а также при определении K_{p-p} на границах интервала могут иметь место следующие два случая при выходе керна по рудному интервалу более 75 %:

1) интервал ограничен пробами с содержанием урана ниже бортового;

2) интервал с одной или двух сторон не ограничен пробами с содержанием урана ниже бортового.

В первом случае интервал считается представительным для определения по нему мощности, средневзвешенного на длину секций содержания урана и радия, определения K_{p-p} , в целом по интервалу и в при- бортовых его частях. При этом на участки рудного интервала, по которым керн не поднят, распространяется среднее содержание элементов по интервалу. Для интервалов, характеризующихся простой формой графика радиоактивности по каротажу, на бескерновый участок может быть распространено содержание, определенное как среднеарифметическое по соседним пробам. Во втором случае интервал принимается как представительный для определения K_{p-p} , а также может участвовать в контрольной выборке сопоставления данных каротажа и опробования. Граница интервала на участке отсутствия керна между рудной и безрудной пробами намечается на половину расстояния между ними, а на бескерновую часть рассчитывается содержание урана и радия как среднее между значениями рудной (по урану) и безрудной проб. Если содержание урана получается выше бортового, то эта часть включается в рудный интервал. В противном случае граница интервала устанавливается по крайней рудной пробе. Мощность интервала определяется как расстояние между его границами, а среднее содержание – как взвешенное на длину секций и бескерновых участков, содержание по которым определяется описанными выше приемами.

Если между рудной и безрудной пробами на краю интервала с одной или двух сторон керн отсутствует, то границы интервала определяются как половина расстояния между этими пробами. При выходе керна более 70 % опробование такого интервала считается представительным. Мощность рудного интервала в этом случае определяется его границами, а на краевые бескерновые части распространяется среднее содержание между бортовым содержанием и содержанием в крайней пробе. Среднее содержание элемента по интервалу в этом случае получается

как средневзвешенное содержание частных проб и бескерновых участков на краю интервала на длину проб и участков.

Опробование для определения физических свойств и вещественного состава (отбор монолитов). Проводится отбор проб для определения объемной массы, влажности, гранулометрического состава, карбонатности и т. д. По этому же материалу выборочно, по представительным сечениям изучаются минералого-геохимические особенности руд и вмещающих пород, содержания других (кроме CO_2), влияющих на процесс ПВ примесей ($\text{C}_{\text{орг}}$, битумы, P_2O_5 , состав глин, формы железа и т. д.), а также плотность и влажность.

Для достоверной оценки средних величин перечисленных параметров каждого типа руд месторождения необходимо отобрать не менее 30–40 проб по каждой литологической разновидности. В пробы отбирается керн с ненарушенной структурой, только что извлеченный из колонковой трубы. Определение водно-физических свойств проводится в специальных инженерно-геологических лабораториях, поэтому керн после очистки от шлама и раствора обматывается марлей и парафинируется. В виде монолитов он отправляется в инженерно-геологическую лабораторию, где объемная масса определяется методами режущего кольца и парафинирования, а естественная влажность – по соответствующим методикам. Результаты анализов группируются отдельно по водопроницаемым и водоупорным породам, для которых рассчитываются среднеарифметические значения объемной массы и влажности. При наличии существенных (более 10 %) различий массы и влажности литологических типов руд, средние объемная масса и влажность для месторождения определяются исходя из доли литологических типов руд, т. е. как средневзвешенные на суммарные мощности каждого литологического типа руд.

Опробование керна для определения гранулометрического состава руд и вмещающих пород. Этот процесс проводится секционно по всей мощности рудовмещающего рудоносного горизонта. Секции берутся из одной четвертой части керна по его диаметру, а их длина лимитируется визуальными границами литотипов пород и установленными экспресс-методами границами руд, длиной рейса и выходом керна по нему. При однородном составе горизонта длина секции может достигать 4м, а при частой изменчивости крупности зерен и содержания цемента, сокращается до нескольких десятков сантиметров. Параллельно отбираются пробы на определение карбонатности (CO_2), которые, как правило, дублируют первые по размерам секций и по номерам. Пробы, отобранные на гранулометрический состав, в недробленном виде направляются на анализы в лабораторию, а пробы, предназначенные для определения

карбонатности, предварительно обрабатываются в дробильном цехе, после чего исследуются в химической лаборатории. Густота опробования для анализа гранулометрического состава и карбонатности зависит от степени изменчивости этих показателей в пределах рудной площади месторождения и от размеров залежей, блоков. Как правило, сеть опробуемых скважин в 2–4 раза разреженной сети изучения основного компонента.

Анализы проб на основные и попутные компоненты. В лабораториях России эти анализы выполняются следующими методами:

- на уран, торий, молибден и селен – рентгеноспектральным методом на серийных установках АРФ-4 или АРФ-6;
- на радий – комплексным радиохимическим методом с учетом определений урана и тория;
- на CO_2 и сульфидную серу – химическим анализом по известным методикам;
- на ванадий (V_2O_5) – флюоресцентно-радиометрическим методом;
- на рений и скандий – спектрографическим методом (с пределами обнаружения 0,2 и 1 г/т);
- на редкоземельные элементы – рентгенорадиометрическим методом (предел обнаружения 3 г/т).

Работу лабораторий рекомендуется систематически подвергать внутреннему (повторный анализ зашифрованных проб) и внешнему контролю (повторный анализ в других лабораториях).

В урановой геологической службе бывшего СССР систематически выполнялся также межлабораторный контроль, при котором все лаборатории периодически сверяли свои результаты по группам специальных проб, проходивших анализ в этих лабораториях.

Технологические пробы предназначены для лабораторных испытаний руд различными способами выщелачивания полезного компонента. Пробы в плане распределяются таким образом, чтобы последовательно охарактеризовать залежь по падению и простиранию. Технологическая проба формируется из частных образцов по принципу литолого-фильтрационных типов и морфологических элементов ролла.

Пробы из отквартованных рудных интервалов могут состоять из:

- частных проб, отобранных по литолого-фильтрационным типам (ЛФТ), морфологическим элементам ролла;
- групповых проб по морфологическим элементам и ЛФТ.

Технологическая проба должна сопровождаться паспортом, в котором указывается время, способ отбора, вес пробы, содержание металла в руде и интервалы, из которых взят рудный керн, с их кратким описани-

ем. К паспорту прилагаются: план опробования участка с указанием мест расположения опробованных скважин в контурах залежи и колонка (выкопировка из паспортов скважин опробованных интервалов). Паспорт пробы и приложения к нему подписываются лицом, ответственным за отбор пробы (старшим или главным геологом).

Обработка технологических и керновых проб для химического анализа должна производиться по разработанной для данного месторождения (типа руд) схеме, утверждённой главным геологом предприятия. Отступления от этой схемы не допускаются.

В ходе лабораторных опытов предполагается получение геотехнологических показателей, которые будут использованы для уточнения режимов выщелачивания при проведении натурных испытаний. Заключение по технологическому выщелачиванию должно быть увязано с предварительным изучением рудной пробы по всем исследуемым показателям, а также по минералогическому составу и водно-физическим и физико-механическим свойствам породы. Для определения степени изменения химического и минералогического состава руд и вмещающих пород предусматривается изучение как исходной пробы, так и кека (химического концентрата природного урана).

По результатам опытов должны быть получены следующие основные параметры:

- кинетика извлечения урана;
- средняя концентрация урана в продуктивных растворах;
- отношение Ж: Т;
- удельные расходы реагента;
- степень извлечения урана.

Правильность выполнения анализов проб должна систематически контролироваться анализом зашифрованных проб (внешний контроль) и повторным анализом дубликатов проб (внутренний контроль).

Изучение попутных полезных компонентов производится в границах разведки основного полезного компонента, в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов», утвержденными МПР России в установленном порядке.

Содержание попутных полезных компонентов определяют рентгеноспектральным, атомно-адсорбционным, химическим и другими методами.

4. ПОДСЧЁТ ЗАПАСОВ

Запасы всех твёрдых полезных ископаемых, в том числе и урана [4], в странах СНГ принято подсчитывать по состоянию в недрах, без учёта потерь и разубоживания.

Подсчёт запасов производится в процессе геологоразведочных и горно-подготовительных работ. Доразведка и эксплуатационная разведка месторождений или отдельных их участков выполняется недропользователем или специализированной организацией по геологическому заданию, выданному недропользователем.

Подсчёту подлежат:

- балансовые геологические запасы;
- запасы по степени подготовленности (вскрытые, подготовленные, готовые к добыче).

На месторождениях, предназначенных для добычи урана способом ПСВ, к забалансовым запасам относятся:

- запасы, удовлетворяющие бортовому содержанию, принятому для оконтуривания балансовых запасов в разрезе рудовмещающего горизонта, но не ниже бортового метропроцента для оконтуривания балансовых запасов в плане;
- запасы, удовлетворяющие кондициям для оконтуривания балансовых запасов в плане, но характеризующиеся приуроченностью урана к глинистым прослоям или заглинизированным пескам с коэффициентом фильтрации ниже 1 м/сутки (т.н. «технологический забаланс»), к нему же относится и уран, связанный с карбонатными породами (содержание CO_2 более 2 %) при сернокислотном выщелачивании.

Забалансовые запасы в проницаемых породах подсчитываются и учитываются в том случае, если в технико-экономическом обосновании кондиций показана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения либо в случае, если их извлечение из недр фактически осуществляется в процессе эксплуатации.

При разведке запасы полезных ископаемых учитываются по наличию их в недрах, независимо от разубоживания и потерь при добыче и переработке.

На месторождениях, предназначенных для добычи урана способом ПСВ, к балансовым относятся запасы, оконтуренные только в проницаемых породах.

При проведении подсчёта запасов пластово-инфильтрационных месторождений основным является способ геологических блоков в проекции на горизонтальную плоскость. Возможно обоснование применения и других способов подсчёта.

Подсчёт запасов при разведке рудных тел и их подготовке к эксплуатации выполняется геолого-геофизической и гидрогеологической службами подразделения, проводящей эти работы.

4.1. Подсчёт балансовых геологических запасов

Подсчёт запасов металла производится непосредственно по рудным залежам, независимо от мощности вмещающего их продуктивного горизонта.

Основными исходными данными для подсчёта запасов являются результаты интерпретации гамма-каротажа скважин. В отдельных случаях, например, по контрольным скважинам в основу подсчёта могут быть положены результаты анализа керновых проб.

Основной особенностью при подсчёте запасов урана на месторождениях, предназначенных для отработки методом подземного скважинного выщелачивания, является то, что величина бортового содержания [9] оказывается для них условным показателем, который экономический контур месторождения определять не может. Поэтому основным показателем для оконтуривания таких месторождений должна служить удельная продуктивность в килограммах на квадратный метр площади залежи, подлежащей отработке реагентами.

С учётом сказанного, а также рекомендаций изложенных в работах М.В. Шумилина [4, 9], подсчёт запасов для подземного выщелачивания обычно проводят так называемым способом блоков, т.е. в соответствии с общей формулой:

$$P = S \cdot d \frac{\sum mc}{n}, \quad (4.1)$$

где S – площадь рудной залежи (блока) в плане, м^2 ; $\sum mc$ – сумма метро-процента по всем рудным интервалам в скважинах в блоке; n – количество скважин в блоке; d – плотность (объёмная масса) рудоносных пород, т/м^3 ; P – запас урана, т.

При подсчёте запасов гидрогенных пластовых месторождений выполняются последовательно следующие операции:

Оконтуривание рудной залежи по мощности производится на геологических разрезах и начинается с выделения кондиционных рудных интервалов по скважинам. Рудные интервалы выделяются по результатам гамма-каротажа скважины с учётом установленного бортового содержания и максимальной мощности прослоя пустых проницаемых пород, включаемых в отдельный рудный интервал, который участвует в расчёте среднего содержания и мощности по нему и определяется утверждёнными кондициями (как правило, 1 метр).

При использовании результатов кернового опробования верхняя и нижняя границы кондиционных интервалов должны опираться на крайние пробы с содержанием полезного компонента не ниже установленного бортового.

Оконтуривание рудного интервала выполняется так, чтобы каждый, включаемый в его контур элементарный рудный участок в сумме с отделяющим его безрудным промежутком, обеспечивал среднее содержание в добавляемой к контуру руде не ниже установленного бортового.

Если при объединении двух рудных интервалов в рудное пересечение по скважине, разделённых безрудными промежутками мощностью ниже установленного лимита, среднее содержание оказывается ниже бортового или минимального по пересечению, от объединения нужно отказаться, приняв в подсчёт каждый интервал со своим значением.

Отдельные рудные пересечения по скважине, с учётом максимальной мощности пустых или забалансовых пород, включаемых в контур рудного тела (этот лимит определяется кондициями и составляет обычно 5–6 м), их стратиграфического положения, рудоконтролирующей роли зоны пластового окисления, положения относительно водоупорных горизонтов, увязываются между собой на разрезах в рудные тела и залежи, по которым рассчитывается средняя мощность, содержание и метропроцент.

Если при объединении двух интервалов, разделённых безрудными промежутками мощностью ниже установленного лимита, среднее содержание оказывается ниже бортового или минимального на пересечение, от объединения можно отказаться, приняв в промышленный контур тот из объединяемых интервалов, включение которого в контур более обосновано геологически. При равнозначности геологического положения в контур включается любой, естественно, лучший по параметрам интервал. Однако геологические соображения должны всегда быть определяющими.

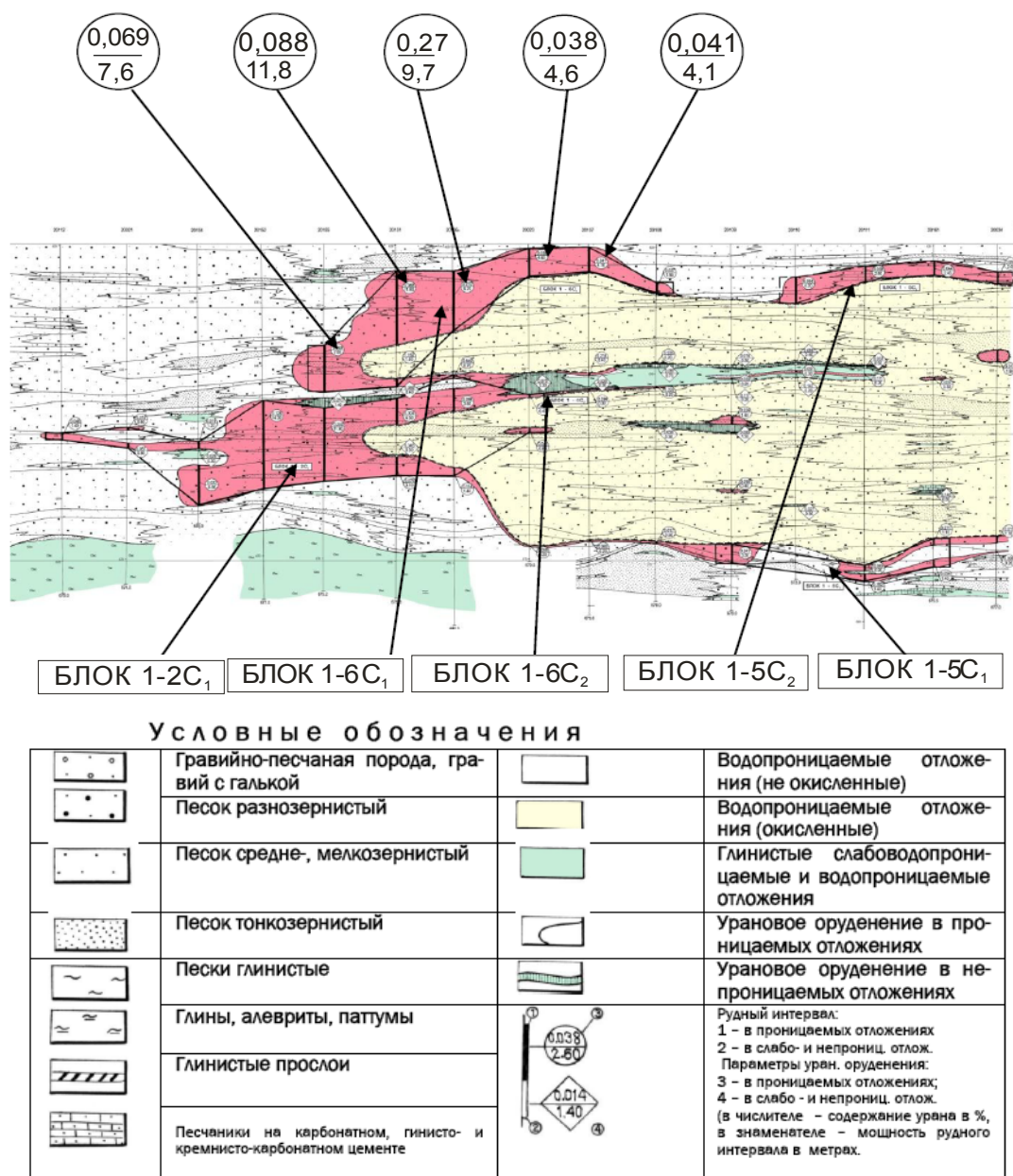


Рис.4.1. Геологический разрез по одной из ролловых залежей месторождения Будённовское

На рис. 4.1 представлен геологический разрез по одной из ролловых залежей месторождения Будённовское. Как видно из рисунка, в этом случае, т.е. когда мы имеем дело с блокировкой ролловых залежей (в данном конкретном примере со сложным, двойным роллом), в самостоятельные блоки выделяются фронтальная («мешковая») часть ролла (блок 1–2C₁), верхнее (блок 1–5C₂ и блок 1–6C₂) и нижнее крыло (блок 1 – 5C₁). Нередко на месторождениях гидрогенного типа мешковые части оказываются достаточно узкими и вскрываются одной–двумя, двумя–тремя

скважинами. В таких случаях авторы подсчёта запасов иногда условно объединяют блок мешковой части с блоком более протяжённого верхнего или нижнего крыла (верхний ролл на рис.4.1, блок 1–6C₁). Этот прием, в общем, не может быть рекомендован, так как мешковые части всегда характеризуются более высокой продуктивностью и в принципе мешковая и крыльевая части должны учитываться отдельно, а иногда разведываться разными сетями [9]. В приведенном примере (рис. 4.1) (может быть не совсем характерном), можно наблюдать, что в мешковой части средние мощности (7,6–11,8) и содержания (0,069–0,27) по пересечениям значительно превышают эти же показатели по верхнему крылу (4,1–4,6; 0,038–0,041 соответственно).

Оконтуривание рудной залежи в плане производится по установленному кондициям бортовому метропроценту. Внешний контур балансовых запасов должен опираться на точки, интерполированные на половину расстояния между «рудной» и «забалансовой» или на четверть расстояния между «рудной» и «безрудной» скважинами. В случае отсутствия ограничивающей «безрудной» скважины этот контур экстраполируется на четверть проектного расстояния от крайней «рудной» скважины. Внешний контур запасов категории C₁ проводится по крайним балансовым скважинам.

Для оконтуривания балансовых запасов рудной залежи используются все без исключения скважины, независимо от того, расположены они в разведочных профилях или находятся вне этих профилей.

В зависимости от морфологии, размеров, карбонатности, качества руд и т.д. рудная залежь может быть разделена при подсчёте запасов на несколько подсчётных геологических блоков или принята к подсчёту как единый геологический блок.

При отработке руд урановых месторождений способом ПСВ реальные условия не позволяют производить селективное извлечение урана из отдельных пропластков кондиционных руд, что делает бессмысленным учёт безрудных прослоев введением коэффициента рудоносности, определенного по соотношению мощности. При определенных условиях целесообразно использование площадного коэффициента рудоносности, определяемого по соотношению количества рудных и общего количества скважин в блоке и учитывающего прерывистость оруденения в плане. Например, для случаев, когда площади безрудных участков достаточно велики, а размеры рудных участков сопоставимы с размерами эксплуатационных блоков или превышают их. В этих условиях в недрах могут быть выделены рудные и безрудные объёмы и применение коэффициента рудоносности при оценке месторождения становится правомерным. Значение коэффициента рудоносности обосновывается и ут-

верждается кондициями. На рис. 4.2 приводится порядок блокировки запасов одной из рудных залежей месторождения Будённовское.

На подсчетных планах кроме кондиционного параметра – метро-процента, по каждому пересечению показаны мощность рудного тела и содержание урана, что позволяет реально судить о рудном объеме в каждой скважине.

Расчёт средних параметров рудных залежей по геологическим блокам производится на основании сечений (скважин), составляющих разведочную сеть. Скважины, пробуренные в контуре блока вне разведочной сети, подлежат усреднению с ближайшей сетевой разведочной, если расстояние между ними не превышает шага разведочной сети по профилю, в противном случае она учитывается как самостоятельное пересечение по блоку. По каждому такому сечению определяется мощность рудной залежи и среднее содержание полезного компонента в руде.

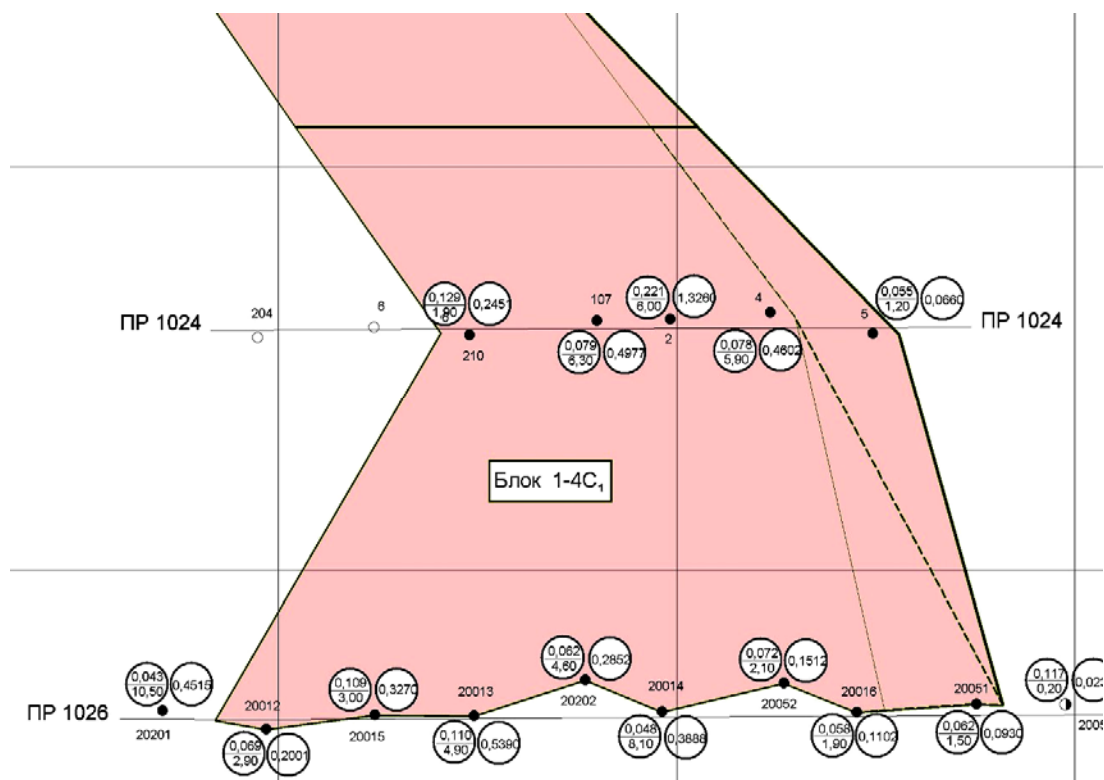


Рис. 4.2. Блокировка запасов одной из рудных залежей месторождения Будённовское

При интерпретации гамма-каротажа за мощность рудной залежи по данному сечению (скважине) принимается мощность кондиционной части гамма-активного интервала, выделенного согласно принятой методике и отвечающего данной рудной залежи. Или принимается сумма мощностей сближенных балансовых пересечений, объединяемых в эту рудную залежь в соответствии с кондициями.

При подсчёте запасов на основании керновых проб разведочное сечение считается пригодным для подсчёта запасов, если выход керна по нему не ниже 70 %. Мощность рудной залежи по такому сечению определяется как сумма длин, охарактеризованных пробами рудных интервалов, отнесённых к данной залежи. В случае отсутствия по каким-либо причинам данных по отдельным пробам, эти интервалы с учётом конкретной обстановки, могут быть включены в состав рудной залежи с их номинальной мощностью и содержанием, выведенным как средневзвешенное по имеющимся рудным пробам.

Средняя мощность подсчётного блока определяется как среднее арифметическое из мощностей рудных сечений.

Определение среднего содержания полезного компонента по сечению производится по данным гамма-каротажа или опробованию керна. Если рудная залежь состоит из нескольких сближенных рудных пересечений или проб, содержание полезного компонента по нему рассчитывается как средневзвешенное на мощность этих пересечений.

По подсчётным геологическим блокам среднее содержание полезного компонента определяется как средневзвешенное содержание на мощность частных разведочных сечений (скважин).

4.2. Подсчёт вскрытых запасов и перевод их в подготовленные и готовые к добыче

В процессе подготовки рудных залежей к отработке, подсчёт запасов осуществляется по результатам эксплуатационной разведки и вскрытия технологическими скважинами. Подсчёт производится на основании утверждённых кондиций, которые были использованы при детальной разведке месторождения.

По результатам эксплуатационной разведки параметры рудной залежи, включая запасы, должны быть откорректированы вплоть до полного пересчёта запасов. При этом особое внимание должно быть уделено уточнению контура рудной залежи.

При вскрытии рудной залежи технологическими скважинами подсчёт запасов производится по эксплуатационным блокам, а пересчёт производится только по той части рудной залежи, которая принимается к отработке системой технологических скважин, образующих данный эксплуатационный блок.

В категорию «вскрытые запасы» переводятся запасы «принятые к отработке», количество которых определяется на стадии составления проекта отработки месторождения. Перевод в категорию «вскрытые запасы» обуславливается возможностью рентабельной отработки части балансовых геологических запасов, утверждённых ГКЗ.

Необходимость подобного выделения продиктовано тем, что на стадии геологоразведочных работ, в соответствии с «Классификацией» [1] подсчет и учет запасов по месторождению (или его части), производится в единицах массы или объема в целом без учета потерь и разубоживания при добыче, обогащении и переработке полезных ископаемых.

При определении количества запасов «принятых к отработке», из балансовых запасов исключаются небольшие, маломощные изолированные рудные тела с низкой площадной продуктивностью, удовлетворяющие требованиям кондиции, но добыча металла из которых, при существующей на сегодняшний день технологии ПСВ, не обеспечивает получения в продуктивных растворах минимального промышленного содержания урана по причине разубоживания.

При подсчёте вскрытых запасов порядок операций тот же, что и при подсчёте разведанных запасов.

Оконтуривание рудной залежи по мощности производится на геологических разрезах, составленных по рядам технологических скважин. Методика оконтуривания идентична применяемой при подсчёте разведанных геологических запасов, но в подсчёт включается только та часть рудного тела, которая будет отрабатываться этими технологическими скважинами (в пределах контура циркуляции продуктивных растворов), включая интервалы забалансовые по метропроценту.

Оконтуривание рудной залежи в плане выполняется по установленному бортовому метропроценту с учётом всех скважин, попадающих в площадь вскрываемого эксплуатационного блока, независимо от того, в какое время они пробурены. В процессе разбуривания технологическими скважинами контур промышленных запасов рудной залежи должен оперативно уточняться и одновременно должна корректироваться система его отработки. Контур вскрытых запасов технологического блока проводится на плане по внешним технологическим скважинам блока, вынесенным с учётом инклинометрии по подошве нижнего рудного пересечения, включённого в контур подсчёта запасов в плане.

Все скважины, попавшие в контур технологического блока, участвуют в подсчёте запасов и расчете средних параметров по блоку со своими значениями, включая забалансовые по метропроценту в проницаемых отложениях и «безрудные». Подсчёт вскрытых запасов производится при коэффициенте рудоносности равном 1.

Расчёт средних параметров рудного тела по скважинам и эксплуатационным блокам осуществляется с соблюдением методики определения этих величин, описанной при рассмотрении подсчёта балансовых геологических запасов.

При выполнении вычислительных операций запасы руды в подсчётных блоках, рудных телах и залежах подсчитываются с точностью: содержание урана – до 0,001 %, метропроцент – до 0,0001, мощность рудных интервалов – до 0,01 м.

Все операции подсчёта разведанных и вскрытых запасов отражаются в счётных формах, соответствующих избранному способу подсчёта запасов и включают:

- таблицу вывода средних мощностей и средних содержаний по подсчётным блокам (Приложение 1);
 - таблицу подсчёта запасов металла по блокам (Приложение 2);
- Графическими приложениями к подсчёту запасов служат:
- обзорный план расположения рудных залежей, м-б 1:25 000–10000;
 - планы подсчёта запасов по эксплуатационным блокам, м-б 1: 1000–2000;
 - геологические разрезы по разведочным линиям (рядом технологических скважин), м-б горизонтальный 1:2000–1000, вертикальный 1:500–200.

Состояние подготовленных запасов определяется произведёнными на этот период времени объёмами подготовительных работ, предусмотренных проектом отработки (бурение технологических скважин, обвязка полигонов и скважин поверхностными коммуникациями, оснащение их аппаратурой КИПиА и оборудование технологических скважин средствами раствороподъёма).

Понятие «подготовленные запасы» имеет скорее экономическую, чем геологическую сущность. Это переходная группа запасов между «вскрытыми» и «готовыми». Комплекс горно-подготовительных работ и все затраты, связанные с ним, предназначены для получения из имеющихся балансовых геологических запасов, запасов, готовых к добыче. Отсюда, количество «подготовленных» запасов у предприятия на любой период его деятельности, является эквивалентом затрат, понесённых предприятием на горно-подготовительные работы.

Количество подготовленных запасов по эксплуатационному участку или месторождению, выраженное в весовых единицах, равно сумме подготовленных запасов, сосредоточенных в действующих блоках, и некоторой части запасов в блоках, находящихся в стадии подготовки.

Перевод из вскрытых в категорию подготовленных запасов производится, как правило, один раз в квартал пропорционально понесённым затратам по вышеуказанным видам подготовительных работ.

Уровень готовых к выемке запасов определяется количеством запасов в эксплуатационных блоках, из которых производится добыча металла и некоторого количества запасов в блоках, где идёт закисление, определённым по утверждённой норме пропорционально поданной на закисление кислоте.

Перевод из подготовленных запасов технологического блока в готовые производится раз в квартал по следующим критериям:

- если все откачные скважины подключены к магистрали продуктивных растворов (ПР) и дают промышленное содержание металла - все подготовленные запасы блока переводятся в готовые;
- если добыча ведётся из части откачных скважин блока и закисление его не закончено – в готовые переводится часть подготовленных запасов пропорционально количеству работающих откачных скважин;
- если на конец отчётного периода закисление блока не закончено и добыча не ведётся, то в готовые запасы переводится часть подготовленных пропорционально поданной по утверждённым нормам кислоте на закисление.

4.3. Подсчёт запасов попутных полезных компонентов

Изучение и геолого-экономическая оценка попутных полезных компонентов производится на всех стадиях геологоразведочных работ и в процессе освоения месторождений.

Изучение попутных полезных компонентов производится в границах разведки уранового оруденения.

Опробование на попутные компоненты производится в скважинах, опробуемых на уран. Специальных выработок для этой цели не проходят.

Запасы попутных компонентов (ППК) подсчитываются отдельно в контурах балансовых и забалансовых запасов урана и относятся к той же группе подсчёта запасов. На стадии детальной разведки запасы ППК оцениваются только в контуре промышленных запасов основного компонента.

Запасы попутных компонентов в контурах урановых залежей категорий В, С₁ как правило, подсчитываются по категории не ниже С_г. При чрезвычайно резкой неравномерности их распределения категория запасов может быть снижена до С₂, что при попутном характере извлечения этих компонентов не является препятствием для их промышленной оценки.

По условиям подсчёта запасов, характеру распределения основного и сопутствующего оруденения, геотехнологическим свойствам и возможности селективной или попутной отработки скважинными система-

ми подземного выщелачивания, попутные полезные компоненты могут быть отнесены к одной из трёх основных групп.

К I группе относятся полезные компоненты, содержание и пространственное распределение которых позволяют оконтурить самостоятельные рудные тела. Их геотехнологические свойства дают возможность использовать селективные или последовательные схемы отработки. Примером могут служить селен и молибден, установленные на ряде месторождений в количествах, позволяющих оконтурить самостоятельные рудные тела по бортовому содержанию, соизмеримому с бортом для урана.

Ко II группе относятся попутные компоненты, чей характер распределения и уровень содержаний не позволяют оконтурить самостоятельные рудные тела, но совмещение в пространстве концентраций полезного компонента с урановыми рудными телами даёт основание для одновременной отработки едиными системами технологических скважин и применением реагентов, одинаково эффективных для выщелачивания урана и попутных компонентов. Подсчётный контур формируется при этом с учётом характера распределения основного и сопутствующего оруденения, оконтуренного по урану в пределах единого водоносного горизонта. Примером могут служить установленные на ряде месторождений концентрации ванадия, рения, скандия, редких земель и других компонентов. Подсчёт запасов компонентов, относимых ко II группе, производится в контуре отработки урановорудных тел.

К III группе относятся попутные полезные компоненты с кларковыми (фоновыми) содержаниями в недрах и невысокой интенсивностью извлечения в растворы. В процессе отработки урановых руд возможно накопление этих компонентов в продуктивных растворах до концентраций, позволяющих осуществлять их рентабельное извлечение на технологической установке, предназначенной для переработки урансодержащих растворов без существенного изменения технологической схемы. К этой группе относятся фоновые концентрации рения, скандия, группы редкоземельных элементов, переходящих в раствор при сернокислотной схеме ПСВ. Подсчёт запасов попутных компонентов III группы производится только для извлекаемой его части, по данным опытных и опытно-промышленных работ, с переработкой продуктивных растворов и извлечением полезных компонентов в готовую продукцию.

Целесообразность подсчёта запасов попутных компонентов на месторождениях, разведываемых для ПСВ, определяется на поисково-оценочном этапе изучения месторождения. Временные кондиции обосновываются в ТЭД, постоянные – в ТЭО кондиций.

5. НОРМАТИВЫ ПОДГОТОВЛЕННЫХ ЗАПАСОВ

Нормативы подготовленных запасов представляют собой резервы подготовленных и готовых к выемке запасов, которыми должно располагать предприятие ПСВ при заданном размере добычи и принятом способе отработки.

Норматив готовых к добыче запасов определяется продолжительностью отработки эксплуатационных блоков. Существенное влияние на время отработки оказывают геолого-гидрогеологические условия и технологические показатели руд месторождений.

При расчёте нормативов выделяются два периода эксплуатации:

- развитие предприятия до проектной производительности по растворам и металлу;
- эксплуатация месторождений на полную проектную мощность.

Период развития рудника отличается от его стабильной работы тем, что количество вскрытых, подготовленных и готовых к добыче запасов постепенно возрастает и достигает постоянной величины, когда прирост запасов равен годовому погашению их по предприятию.

Расчёт нормативов подготовленных и готовых к добыче запасов может быть выполнен в зависимости от конкретных условий различными вариантами.

5.1. Вариант 1 (статистический)

Норматив обеспеченности подготовленными запасами рассчитывается по отдельным эксплуатационным участкам. При этом используются усреднённые технологические показатели блоков:

- запасы блока;
- производительность блока;
- продолжительность подготовки блока к закислению (бурение, обвязка скважин поверхностными коммуникациями);
- продолжительность закисления;
- продолжительность выщелачивания.

Расчёт нормативов обеспеченности запасами для вновь вводимых в эксплуатацию участков и участков, не имеющих достаточного количества отработанных технологических блоков, проводится в соответствии с технологическими показателями, принятыми проектом отработки, или по данным отработанных блоков в сходных горно-геологических условиях.

С развитием и совершенствованием добычи металла способом ПСВ и увеличением производительности на отдельных звеньях технологического процесса, ведущих к сокращению сроков отработки блоков, а также в случаях значительных изменений в принятом плане добычи по эксплуатационным участкам, нормативы запасов по предприятию пересчитываются и утверждаются.

Норматив готовых к добыче запасов в единицах времени, при достаточном количестве отработанных блоков, определяется по средней продолжительности их отработки и вычисляется по формуле:

$$B_1 = a * k * T_B \text{ [мес]}, \quad (5.1)$$

где a – коэффициент, характеризующий среднее количество готовых к выемке запасов в блоке относительно первоначальных запасов блока за период его отработки; k – коэффициент резерва; T_B – средняя продолжительность выщелачивания металла в блоке, [мес].

Коэффициент «а», характеризующий среднее количество готовых к добыче запасов в блоке относительно первоначального подсчёта запасов за период отработки, определяется из расчёта равномерного и последовательного включения блоков в отработку. В условиях добычи металла способом ПСВ, когда запасы блока вводятся в отработку целиком, величина коэффициента «а» в расчётах принимается равной 0,5.

Коэффициентом резерва «к» предусматривается некоторое количество запасов, сосредоточенных в резервных блоках, для обеспечения бесперебойной добычи металла на уровне плана.

При достаточном количестве отработанных блоков, коэффициент резерва «К» определяется по формуле:

$$K_{\text{рез}} = 1 + \sigma * T_B, \quad (5.2)$$

где σ – коэффициент вариации продолжительности процесса выщелачивания в ряде эксплуатационных блоков, [мес].

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (T_B^i - T_B)^2}{n - 1}} \quad (5.3)$$

где T_B^i – продолжительность выщелачивания в отдельных эксплуатационных блоках, [мес]; T_B – средняя продолжительность выщелачивания эксплуатационного блока, [мес]; n – количество блоков.

Если коэффициент резерва «К» ранее не определялся по формуле, то его величина в расчётах нормативов запасов принимается равной 1,2.

Норматив подготовленных запасов в единицах времени, при достаточном количестве отработанных блоков на отдельном эксплуатационном участке, определяется по средней продолжительности бурения, об-

вязки, закисления (т.е. подготовки) и выщелачивания и вычисляется по формуле:

$$B_2 = a \cdot k \cdot T_B \cdot T_3, \text{ [мес]} \quad (5.4)$$

где T_3 – средняя продолжительность бурения, обвязки и закисления эксплуатационного блока до начала выщелачивания металла, [мес].

Нормативы запасов по предприятию представляют собой средневзвешенное значение нормативов по эксплуатационным участкам, вычисленное по их долевого участию в добыче металла по формуле:

$$B_1 = \frac{B_1^1 \cdot C^1 + B_1^2 \cdot C^2 + \dots + B_1^n \cdot C^n}{C^1 + C^2 + \dots + C^n}, \text{ [мес]} \quad (5.5)$$

$$B_2 = \frac{B_2^1 \cdot C^1 + B_2^2 \cdot C^2 + \dots + B_2^n \cdot C^n}{C^1 + C^2 + \dots + C^n}, \text{ [мес]} \quad (5.6)$$

где $B_1, B_2, \dots, B_n$ – нормативы готовых к выемке и подготовленных запасов по эксплуатационным участкам, [мес.]; $C^1, C^2, \dots, C^n$ – удельный вес эксплуатационных участков по добыче металла, [%].

5.2. Вариант II (расчётный)

В этом варианте расчет нормативов подготовленных и готовых к добыче запасов в эксплуатационных блоках предприятия ПСВ выполняется на основании следующих основных технико-экономических показателей:

- годовой выпуск металла (Р/год) – 500 тонн;
- средняя удельная продуктивность рудных залежей = 4 кг/м²;
- средняя мощность рудовмещающего горизонта М = 25 м;
- сеть технологических скважин 50×25 м;
- площадь, приходящаяся на одну ячейку откачной скважины, S = 2500 м²;
- количество металла в одной ячейке откачной скважины P = S · Р = 10 т;
- производительность откачной скважины q = 10 м³/час;
- проектный коэффициент извлечения металла из недр e = 0,8;
- коэффициент извлечения металла из продуктивных растворов на сорбции K_{сорб} = 0,96;
- коэффициент использования скважин K_{исп} = 0,9;
- коэффициент резерва K_{рез} принимается = 1,25;
- коэффициент отработки эксплуатационных блоков по месторождению на начало расчётного периода, a = 0,5;

- средняя концентрация металла в продуктивных растворах, добытых с площади одной ячейки ($C_{\text{ср}}$):

$$C_{\text{ср}} = \frac{s \cdot P_{\text{яч}} \cdot d}{f \cdot M \cdot \gamma \cdot S_{\text{яч}}} \cdot 10^4 \text{ мг/литр} = 40 \text{ мг/литр} \quad (5.7)$$

где d – объемный вес продуктивного раствора, [т/м³]; f – отношение веса выщелачивающего раствора к весу руды, соответствующее заданному коэффициенту извлечения (принимается равным 2); γ – объёмный вес руд и пород рудовмещающего горизонта, [т/м³];

- количество продуктивных растворов, перерабатываемых на сорбции, составит:

а) в год:

$$Q_{\text{год}} = \frac{P_{\text{год}}}{C_{\text{ср}} K_{\text{сорб}}} = 13000 \text{ тыс. м}^3/\text{год} \quad (5.8)$$

б) в сутки:

$$Q_{\text{сут}} = \frac{Q_{\text{год}}}{350} = 37,1 \text{ т} \cdot \text{м}^3/\text{сут}$$

в) в час:

$$Q_{\text{час}} = \frac{Q_{\text{сут}}}{24} = 1550 \text{ м}^3/\text{час}$$

- количество одновременно работающих откачных скважин в году составит:

$$n_{\text{отк.скв}} = \frac{Q_{\text{час}}}{q \cdot K_{\text{неп}}} = 172 \text{ скв}$$

С учётом указанных выше основных геотехнологических показателей процесса ПСВ, нормативы готовых к добыче запасов (B_1 , год) по отношению к годовому выпуску металла по предприятию составят:

$$B_1 = a \cdot K_{\text{рез}} \frac{P_{\text{отр}}}{P_{\text{год}}} = \frac{0,5 \cdot 1,25 \cdot 172 \cdot 10 \cdot 0,8}{500} = 1,7 \text{ года (20мес)} \quad (5.9)$$

где $P_{\text{отр}}$ – количество одновременно обрабатываемых запасов, т;

$$P_{\text{отр}} = n_{\text{отк.скв}} \times P_{\text{яч}}$$

Кроме рассчитанных выше нормативов готовых к добыче запасов, при ПСВ необходимо иметь время на подготовку запасов, которое условно принимается равным 6-ти месяцам.

Следовательно, нормативы запасов по месторождению при указанных выше основных геотехнологических параметрах составят:

- готовых к добыче – 1,7 года (20 месяцев);
- подготовленных – 2,2 года (26 месяцев).

Рассчитанные нормативы запасов на разных месторождениях, отработываемых ПСВ, могут значительно отличаться из-за вариации природных условий рудных залежей и, соответственно, геотехнологических показателей способа ПСВ. В табл. 5.1 показано изменение нормативов готовых к добыче запасов в зависимости от изменения продуктивности залежей, вовлекаемых в отработку, средних концентраций металла в продуктивных растворах и дебитов откачных скважин при сохранении всех других показателей, указанных выше в расчёте нормативов готовых к добыче запасов по варианту II.

Из табл. 5.1 видно, что при изменении удельной продуктивности залежей от 2 до 6 кг/м² и дебита откачных скважин от 5 до 20 м³/час, количество нормативов готовых к добыче запасов колеблется от 3,8 до 0,9 года, а подготовленных, соответственно, от 4,4 до 1,5 года.

Таблица 5.1

Расчет нормативов готовых к добыче и подготовленных запасов зависимости от продуктивности рудных залежей и интенсивности откачки продуктивных растворов при годовом выпуске металла 500т

Удельная продуктивность экспл. блоков		Концентр. металла в прод. р-рах, Ср	Дебит откачных скважин, Q	Кол-во одновременно работающих отка. скв. п отка	Запасы металла на площади яч. отка. скв., Р _{яч}	Общие запасы по одному временно работающим отка. скв., Р _{общ}	Нормативы готовых к добыче запасов $V_{год} = a \frac{K_{обв} \cdot P_{отг}}{P_{год}}$		Нормативы подготовленных запасов, $V_2 = V_{1год} + 7мес.$
м%	г/м ²	г/литр	м ³ /час	шт.	Т	Т	Т	год/мес	год/мес
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,124	2	20	5	688	5,0	3440	1900	3,8/46	4,4/53
			10	344	5,0	1720	940	1,9/23	2,5/30
			15	288	5,0	1140	625	1,3/16	1,9/23
			20	172	5,0	860	500	1,0/12	1,6/19
0,188	3	30	5	444	7,5	3330	1820	3,4/44	4,3/51
			10	222	7,5	1600	880	1,8/22	2,4/29
			15	148	7,5	1100	600	1,2/14	1,8/21
			20	111	7,5	833	460	0,9/11	1,5/18
0,250	4	40	5	344	10,0	3440	1900	3,8/46	4,4/53
			10	172	10,0	1720	940	1,9/23	2,3/30
			15	114	10,0	1140	625	1,3/16	1,9/23
			20	85	10,0	860	470	0,9/11	1,5/18
0,310	5	50	5	266	12,5	3325	1820	3,7/44	4,3/51
			10	133	12,5	1663	920	1,8/22	2,4/29
			15	88	12,5	1100	600	1,2/14	1,8/21
			20	66	12,5	825	450	1,0/12	1,6/19
0,375	6	60	5	222	15,0	3330	1820	3,7/44	4,3/51
			10	111	15,0	1665	920	1,8/22	2,4/29
			15	74	15,0	1110	600	1,2/14	1,8/21
			20	55	15,0	825	450	1,0/12	1,6/19

6. УЧЁТ ЗАПАСОВ

Раздельному учёту подлежат балансовые и забалансовые геологические запасы, а также запасы по степени подготовленности, отчётный баланс которых составляется по блокам, участкам (залежам) и месторождению в целом.

Запасы сопутствующих полезных ископаемых и компонентов, в том числе и рассеянных элементов, утверждённые в ГКЗ РФ, подлежат учёту независимо от степени их извлечения в процессе добычи, обогащения и дальнейшей переработки.

Учёт запасов на месторождениях, обрабатываемых способом ПСВ, осуществляется только по металлу.

По степени подготовленности к добыче запасы подразделяются на:

- **вскрытые** – часть балансовых запасов в эксплуатационных блоках, разбуренная технологическими скважинами и принятая к отработке;
- **подготовленные** – часть запасов из числа вскрытых, в пределах которых выполнены все объёмы подготовительных работ, предусмотренные проектом отработки (бурение технологических скважин, обвязка полигонов и скважин поверхностными коммуникациями; закисление блока.);
- **готовые к добыче** – часть запасов из числа подготовленных, из которых начата добыча металла. В готовые к добыче запасы допускается перевод части подготовленных запасов блока, которая определяется, либо пропорционально поданной кислоте на закисление по утверждённой норме расхода кислоты на закисление на 1 килограмм урана, либо пропорционально количеству работающих откачных скважин блока с промышленным содержанием металла, подключенных к коллектору продуктивных растворов. Основными учётными единицами запасов при ПСВ урана являются эксплуатационный блок и эксплуатационный участок (залежь).

Размеры эксплуатационного блока и количество технологических скважин в нём определяются в проекте горных работ, исходя из намеченных сроков подготовки и отработки запасов.

Эксплуатационный участок – группа эксплуатационных блоков, имеющая самостоятельные системы коммуникаций с установками контроля и управления геотехнологическим процессом. Границы эксплуатационного участка (залежи) должны быть зафиксированы на общем плане отработки месторождения, где они могут совпадать с границами отдельной рудной залежи, геологического блока, включать несколько

геологических блоков или их частей в зависимости от морфологии рудного тела. Запасы участка составляют обычно несколько сотен тонн.

Степень извлечения металла из недр месторождений, отрабатываемых способом ПСВ, в технических проектах принимается на основе ориентировочных расчётов в целом по месторождению. Текущая же отработка ведётся по эксплуатационным блокам и участкам месторождения, где извлечение, в зависимости от условий залегания рудных залежей, принятых систем отработки и т.д., колеблется в самых широких пределах – от 60 до 130 % и более. Последнее часто обуславливается, как перетеканием продуктивных растворов из блока в блок, так и дополнительной добычей урана из забалансовых руд и из контура растекания выщелачивающих растворов за геометрический контур технологического блока, проведённого по его крайним технологическим скважинам.

Вся добыча из технологических блоков с погашенными запасами по степени подготовленности отражается как переизвлечение по данному блоку.

Запасы блока погашены, когда сумма добытых запасов и плановых потерь равны вскрытым запасам блока.

6.1. Учёт балансовых геологических запасов

Учёт балансовых геологических запасов ведётся в таблице «Движения балансовых и вскрытых запасов». (Приложение № 1) Порядок заполнения таблицы:

1. Балансовые запасы по геологическим блокам, залежам берутся по данным геологоразведочных работ в цифрах, утверждённых ГКЗ, ТКЗ и заносятся в графу 3.

2. В графах 4–6, указывается изменение балансовых запасов в результате доразведки месторождения или проведения эксплуатационной разведки с составлением Протокола прироста или не подтверждения запасов. Изменение величины балансовых запасов, подсчитанных по материалам их вскрытия технологическими скважинами, **не допускается**.

3. В графе 5 учитывается прирост или уменьшение, полученное в результате сравнения числящихся запасов рудного тела (геологического блока) с запасами, полученными после его доразведки или эксплуатационной разведки; в графе 6 учитывается перевод принятых на баланс запасов из низших категорий за счёт повышения степени их разведанности (C_2 в C_1 , C_1 в В). В отдельных случаях, при вскрытии технологическими скважинами запасов категории C_2 , допускается их учёт как вскрытых запасов, без перевода в С.

4. В графах 7–9 показывается погашение запасов с начала отработки до начала отчётного периода.

5. В графе 9 учитываются проектные (плановые) потери, при этом зависимость между величинами граф 8 и 9 следующая:

$$\text{гр. 9} = \text{гр. 8} \times (100 - \varepsilon) / \varepsilon$$

где ε – проектный (плановый) коэффициент извлечения металла из недр, %.

Проектные потери учитываются только в блоках с **непогашенными** вскрытыми запасами.

6. В графе 10 показывается состояние запасов на начало отчётного периода с учётом проектных (плановых) потерь. В блоках, где идёт переизвлечение металла (добыча + проектные потери больше, чем количество вскрытых запасов), показывается их нулевое состояние; в строке балансовые запасы (В, С₁, С₂) после их погашения показывается нулевое состояние запасов.

7. В графе 11 по вскрытым запасам показывается переизвлечение металла по блокам, залежам, участкам, месторождению, причём только объёмы добычи, без учёта проектных потерь; по балансовым запасам переизвлечение не показывается.

8. В графе 12 показывается прирост вскрытых запасов за счёт горно-подготовительных работ плюс переизвлечение за отчётный период.

9. Графы 13, 14 заполняются аналогично графам 5, 6 за отчётный период.

10. В графах 15–17 показывается погашение за отчётный период, причём в блоках, где идёт переизвлечение металла, потери в гр.7 должны показываться равными нулю.

11. В графе 18 показывается переизвлечение за отчётный период.

Графы 11, 23 заполняются по строкам вскрытых запасов, без увеличения или уменьшения балансовых запасов категорий С₁.

Всё переизвлечение металла по блоку числится в графах 11, 23 до полной отработки эксплуатационного участка, залежи или отдельного геологического блока, после чего, в соответствии с ним, корректируется величина фактических потерь металла и его погашение.

6.2. Учёт вскрытых, подготовленных и готовых к добыче запасов

Учёт подготовленных запасов осуществляется по эксплуатационным блокам, участкам отдельно по вскрытым, подготовленным и готовым к добыче запасам и ведётся в таблице «Движение подготовленных и готовых запасов урана». (Приложение № 2).

В состоянии готовых запасов в графах 5, 12, 16 показывается переизвлечение урана, что позволяет отражать реальную картину их состояния по месторождению и избавляться от учёта запасов с отрицательным знаком.

В графах 6–8 прирост запасов показывается с учётом переизвлечения за отчётный период.

По тем технологическим блокам, где идёт переизвлечение, в графах 2–4 и 13–15 состояние запасов показывается нулевым, а в погашении – только добыча без учёта проектных потерь.

Таблицы движения запасов составляются с точностью до эксплуатационного блока, сопровождаются при необходимости пояснительной запиской и подписываются директором добычного предприятия, главным геологом и маркшейдером.

6.3. Инвентаризация подготовленных запасов и затрат на ГПР

Инвентаризация запасов и затрат на горно-подготовительные работы, погашаемых в соответствии с извлекаемыми балансовыми запасами промышленных категорий, производится ежегодно по результатам Геолого-производственного отчёта, где приводятся все изменения в балансовых запасах в результате проведения геологоразведочных и эксплуатационно-разведочных работ за отчётный период на месторождении.

Норма погашения горно-подготовительных затрат рассчитывается один раз в год при разработке финансового плана и действует в течение года без изменений.

Инвентаризация готовых к добыче запасов и затрат на ГПР производится на конец каждого квартала и на 31 декабря отчётного года. Она заключается в определении фактической себестоимости 1 кг готовых к добыче запасов за отчётный период, а также в определении суммы погашаемых затрат на ГПР.

Квартальные и годовой акты фактически проведённых ГПР составляются за подписями комиссии из представителей Компании и добычных предприятий, под председательством директора ГХД Компании, при участии директора, главного геолога, главного экономиста и главного бухгалтера добычного предприятия. После утверждения директором ГХД акты направляются в Компанию.

Первые два месяца каждого квартала на себестоимость добытого металла списываются затраты на ГПР по их плановой себестоимости.

Если при инвентаризации установлено, что фактические затраты превышают плановую цифру, то переходящий остаток непогашенных сумм ГПР на конец отчётного периода определяется по плановой себе-

стоимости единицы подготовленных запасов, а все отклонения от неё относятся на себестоимость текущей добычи за последний месяц отчётного периода.

Если фактические затраты ниже плановой цифры, то переходящие остатки определяются по фактической стоимости выполненных работ.

Результаты инвентаризации готовых к добыче запасов отражаются в «Акте фактически проведённых ГПР».

Плановая себестоимость 1 кг готовых к добыче запасов утверждается и контролируется Компанией по каждому отрабатываемому месторождению.

Прирост готовых к добыче запасов отражается в таблице «Движения подготовленных и готовых запасов урана», направляемой в качестве отчётного документа в Компанию. После утверждения цифры прироста готовых запасов в Компании, они служат основанием для последующих технико-экономических расчётов.

7. ОТЧЁТНОСТЬ

Ежеквартально готовятся и предоставляются таблицы движения балансовых и подготовленных запасов (приложения 1 и 2) с кратким анализом причин отклонения от плановых цифр прироста запасов. Срок предоставления – 15-е число месяца, следующего за отчётным кварталом.

Основным отчётным документом является годовой Геолого-производственный отчёт, который предоставляется, как правило, не позднее 15 февраля, следующего за отчётным годом. Таблицы движения балансовых и подготовленных запасов, входящие в Геолого-производственный отчёт, предоставляются, как правило, не позднее 15 января в сопровождении краткой записки, поясняющей основные положения движения запасов по месторождениям и предприятию в целом.

Геологическая часть геолого-производственного отчёта должна содержать следующие разделы:

Введение.

Основные направления геологической деятельности предприятия за отчётный период, их соответствие утверждённым проектам, отклонения от утверждённых направлений и документы, санкционирующие эти отклонения.

Основные технико-экономические показатели, достигнутые предприятием в отчётный период в сравнении с плановыми. Краткий анализ отклонений от плановых цифр.

I. Эксплуатационно-разведочные работы

Основные результаты эксплуатационно-разведочных работ: разведываемые рудные залежи и геологические блоки, новые данные об особенностях их залегания, морфологии, параметрах, запасах металла, гидрогеологических и радиологических особенностях, оценка результатов проведённых работ.

II. Горно-подготовительные работы и добыча металла

1. Горно-подготовительные работы

Площади проведения горно-подготовительных работ. Влияние результатов проведённых эксплуатационно-разведочных работ на направление горно-подготовительных работ.

1.1. Вскрытие запасов

Местоположение разбуриваемых блоков и схемы расположения технологических скважин. Характеристика полученных геологических результатов (особенности строения геологического разреза и продуктивного горизонта, морфологические особенности и параметры рудных тел и их соответствие разведочным данным).

1.2. Подсчёт и учёт вскрытых, подготовленных и готовых запасов

- кондиции к подсчёту запасов;
- методика подсчёта вскрытых запасов;
- методика расчёта подготовленных и готовых запасов, их прирост, сравнение прироста с плановыми цифрами;
- оценка изменения состояния вскрытых, подготовленных и готовых запасов за отчётный период; анализ обеспеченности предприятия запасами по степени подготовленности.

1.3. Тематические и лабораторные исследования геолого-гидрогеологических условий ПСВ

2. Добыча металла

Действующие эксплуатационные участки и системы отработки, их роль в формировании общего объёма добываемых растворов и среднего содержания металла.

III. Изменения в запасах

По предприятию в целом и по месторождениям: состояние запасов промышленных категорий на начало отчётного периода, прирост разведанных запасов, списание и его причины, погашение, состояние запасов на конец отчётного периода.

Текстовые приложения:

1. Таблицы вывода средних подсчётных параметров по эксплуатационным блокам, формуляр подсчёта запасов (приложения 3,4).
2. Таблицы движения балансовых и вскрытых запасов, подготовленных и готовых запасов за отчётный период.

Графические приложения:

1. Обзорный план расположения рудных залежей по месторождению.
2. Планы подсчёта вскрытых запасов по технологическим блокам.
3. Геологические разрезы по рядам технологических скважин.
4. Условные обозначения к планам и разрезам.

Приложение 1

Таблица движения балансовых и вскрытых запасов урана в недрах

Месторождение, залежь, блок	Категория запасов		Прирост (+), неподтверждение (-), за период отработки до начала отчетного периода			Погашено с начала отработки до начала отчетного периода			Состоит на начало отчетного периода		Прирост (+), неподтверждение (-), за отчетный период			Погашено за отчетный период				Погашено с начала отработки на конец отчетного периода			Состоит на конец отчетного периода	
			Всего	За счет уточнения контуров залежи	За счет перевода из других категорий	Всего	Добыча	Потери	С учетом плановых потерь	Переизвлечение	Всего	За счет уточнения контуров залежи	За счет перевода из других категорий	Всего	Добыча	Потери	Переизвлечение	Всего	Добыча	Потери	С учетом плановых потерь	Переизвлечение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

Приложение 2

Таблица движения подготовленных и готовых запасов урана в недрах

Месторождение, залежь, блок	Состояние на начало отчетного периода				Прирост за отчетный период			Погашено за отчетный период				Состояние на конец отчетного периода			
	Вскрытые	Подготовленные	Готовые к добыче		Вскрытие	Подготовленные	Готовые к добыче	Всего	Добыча	Потери	В т.ч. переизвлечение	Вскрытые	Подготовленные	Готовые к добыче	
			С учетом плановых потерь	Переизвлечение										С учетом плановых потерь	Переизвлечение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Приложение 3

Таблица вывода средних мощностей и содержаний
по эксплуатационному блоку №

№ п/п	№ пересечения	№ скважины	Интервал		По данным интерпретации			Принято в подсчет по эксплуатационному блоку			М эф.
			от	до	Проницаемые руды			m, м	mc	C, %	Мэф, м
					m, м	mc	C, %				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Приложение 4

Формуляр подсчета вскрытых запасов урана...
на месторождении..... на 1.01.... года

№№ п/п	№ подсчетного блока, категория запасов	Подсчетные параметры						Запасы урана Р, тонн	Дополнительные характеристики					
		Площадь блока S, тыс.м ²	Коэффициент рудоносности, Кр	Рудная площадь Sp, тыс.м ²	Метропроцент, mc	Объемная масса, тонн/м ³	Удельная продуктивность, кг/м ²		Средняя мощность руды m, м	Объем руды V, тыс.м ³	Рудная масса Qp, тыс.т	Содержание, %	Мощность проницаемых отл. Mпр, м	Объем проницаемых отл. Vпрб тыс.м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Классификация запасов и прогнозных ресурсов твёрдых полезных ископаемых // Утверждена Приказом МПР России от 11.12.2006 № 278.
2. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Радиоактивные металлы // Утверждены распоряжением МПР России от 05.06.2007 г. № 37-р.
3. Инструкция (методические рекомендации) по подземному скважинному выщелачиванию урана. // Утверждена 01.08.2006 – Алматы, 2006. – 310 с.
4. Бровин К.Г., Грабовников В.А., Шумилин М.В., Язиков В.Г. Прогноз, поиски, разведка и промышленная оценка месторождений урана для отработки подземным выщелачиванием. – Алматы. – Гылым. – 1997. – 384 с.
5. Добыча урана методом подземного выщелачивания / под редакцией Маилова В.А., М., Атомиздат, 1980. – 248 с.
6. Красников В.И. Основы рациональной методики поисков рудных месторождений: автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. – Госгеотехиздат. – М., 1958. – 39 с.
7. Подземное выщелачивание полиэлементных руд / под редакцией Н.П.Лаверова. – М.: Изд. Академии горных наук, 1998. – 446 с.
8. Справочник по геотехнологии урана. – Москва, Энергоатомиздат. 1997. – с.672.
9. Шумилин М.В., Викентьев В.А. Подсчёт запасов урановых месторождений. – М.: Недра, 1982. – 206 с.

Учебное издание

ЯЗИКОВ Виктор Григорьевич

**ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ
ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ (ГИДРОГЕННЫХ)
МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА
ПРИ ИХ ДОРАЗВЕДКЕ И ОСВОЕНИИ**

Учебное пособие

Издано в авторской редакции

Научный редактор *доктор геолого-минералогических наук,
профессор Л.П. Рихванов*

Дизайн обложки **И.О. Фамилия**

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 00.12.2012. Формат 60х84/16. Бумага «Снегурочка».

Печать XEROX. Усл. печ. л. 3,66. Уч.-изд. л. 3,31.

Заказ 1219-12. Тираж 100 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru

