

ВРЕМЕННЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ
И ДЕТАЛЬНОЙ РАЗВЕДКЕ ГИДРОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
УРАНА, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СПОСОБОМ
ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ СКВАЖИННЫМИ СИСТЕМАМИ

Директор ВИМСа

А.Н.Еремеев

Зав.Первым
геологическим отделением

Е.М.Шмариович

Москва -1985

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	5
1. ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ УСЛОВИЯ РАЗРАБОТКИ ГИДРОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА СПОСОБОМ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ СКВАЖИННЫМИ СИСТЕМАМИ	9
1.1. Геологические факторы	II
1.2. Гидрогеологические факторы	I3
1.3. Геотехнологические показатели	I5
2. ГРУППИРОВКА (ТИПИЗАЦИЯ) ГИДРОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СПОСОБОМ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ СКВАЖИННЫМИ СИСТЕМАМИ ПО РАЗМЕРАМ И СЛОЖНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РАЗВЕДКИ	I7
3. ОСОБЕННОСТИ РАЗВЕДКИ И ИЗУЧЕНИЯ ГИДРОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА, ПРИГОДНЫХ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СПОСОБОМ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ СКВАЖИННЫМИ СИСТЕМАМИ.....	22
3.1. Изучение формы, размеров и условий залегания рудных залежей	24
3.2. Изучение литолого-фациальных особенностей и вещественного состава руд и пород	27
3.3. Геолого-геофизические исследования в буровых скважинах	27
3.4. Гидрогеологические и инженерно-геологические исследования	3I
3.5. Геотехнологические исследования	35
4. ПРЕДПРОЕКТНЫЕ СТАДИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ГИДРОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УРАНА, ПРИГОДНЫХ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СПОСОБОМ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ СКВАЖИННЫМИ СИСТЕМАМИ	40
4.1. Предварительная разведка	42
4.1.1. Цели и задачи предварительной разведки, последовательность их решения	42
4.1.2. Плотность сети разведочных скважин.....	44
4.1.3. Опробование керна буровых скважин и геолого-геофизические исследования в скважинах	45

	Стр.
4.1.4. Гидрогеологические и инженерно-геологические исследования.....	48
4.1.5. Геотехнологические исследования	49
4.1.6. Охрана внешней среды.....	51
4.1.7. Основные результаты предварительной разведки.....	52
4.2. Детальная разведка	53
4.2.1. Цели, исходные данные и задачи детальной разведки	53
4.2.2. Плотность сети разведочных скважин	55
4.2.3. Опробование керна буровых скважин и геолого-геофизические исследования в скважинах	55
4.2.4. Гидрогеологические и инженерно-геологические исследования	56
4.2.5. Геотехнологические исследования..	57
4.2.6. Подсчет запасов	58
ЛИТЕРАТУРА	60
ПРИЛОЖЕНИЯ	
1. Перечень показателей кондиций, необходимых для правильного и полного учета всех запасов	71
2. Перечень исходных данных для геолого-промышленной оценки месторождения и проектирования его разработки способом подземного выщелачивания	73

ВВЕДЕНИЕ

Непрерывно растущие потребности в уране обуславливают необходимость значительного расширения минерально-сырьевой базы отрасли и повышения технико-экономических показателей добычи металла.

Успешному решению этих задач способствует широкое внедрение в промышленную практику нового геотехнологического способа добычи - подземного выщелачивания (ПВ), эффективно применяемого в СССР и ряде зарубежных стран в последние 20 лет.

Наибольшее распространение способ ПВ урана получил при разработке месторождений, приуроченных к рыхлым неметаморфизованным породам осадочного чехла, сформированных подземными водными растворами пластового, грунтового либо трещинного типа. В последние годы по отношению к этим месторождениям часто применяется термин "гидрогенные". На таких месторождениях при определенных благоприятных условиях, без предварительной дезинтеграции рудоносных и рудовмещающих пород, уран легко и в значительной степени переходит в раствор выщелачивающего реагента. Количество таких месторождений, вовлекаемых в разработку способом ПВ скважинными системами, непрерывно возрастает.

Накопленный уранодобывающими предприятиями опыт промышленного применения способа ПВ позволил выявить ряд технических, экономических и социальных преимуществ его по сравнению с традиционными горными способами применительно к гидрогенным месторождениям, залегающим в осадочных водопроницаемых породах.

Основными преимуществами ПВ скважинными системами являются:

1) вовлечение в эксплуатацию по вполне приемлемой стоимости единицы конечной продукции бедных и убогих руд, а также месторождений, характеризующихся сложными горно-техническими и гидрогеологическими условиями, что значительно расширяет сырьевую базу,

2) снижение в 2-4 раза капитальных вложений на стро-

ительство предприятий и сокращение сроков строительства,

3) повышение в 2-4 раза производительности труда по конечной продукции и соответствующее сокращение численности работающих,

4) значительное улучшение условий труда на предприятиях, добывающих уран,

5) уменьшение отрицательного воздействия на окружающую среду, особенно на поверхность земли и воздушный бассейн.

Опыт промышленного применения способа ПВ скважинными системами для добычи урана выдвинул ряд новых требований к разведке и изучению гидрогенных месторождений. Основные положения этих требований нашли отражение в проекте новой "Инструкции по применению классификации запасов к месторождениям урановых руд".

Настоящие "Временные методические указания", обобщающие накопленный опыт разведки гидрогенных месторождений урана и разработки их способом ПВ скважинными системами, имеют своей целью повышение эффективности геологоразведочных работ, сокращение затрат на разведку и обеспечение соблюдения единых методических принципов при проведении геологоразведочных работ организациями ВГО на гидрогенных месторождениях.

В основу "Временных методических указаний" положены результаты работ, проведенных на основе обобщения и анализа опыта разведки и отработки месторождений Северный Букинай, Южный Букинай, Бешкак, Лявлякан, Северный Карамурун, Канжуган, Кызылколь, Учкудук, Девладово, Санарское и др., и научных исследований, выполненных ВИМСом.

При составлении "Временных методических указаний" использован также ряд фондовых и опубликованных работ по проблемам ПВ, в которых, в частности, нашли отражение результаты научных исследований, выполненных в разное время предприятиями п/я А-1997 и п/я М-5703. Перечень этих работ приведен в списке использованной литературы.

В настоящих "Временных методических указаниях" рассмотрены основные методические положения по проведению

предварительной и детальной разведки гидрогенных месторождений урана, залегающих в осадочных водопроницаемых породах, для разработки способом ПВ скважинными системами. В них также приведен перечень показателей кондиций, необходимых для правильного и полного учета всех запасов, и действующий в настоящее время перечень исходных данных для геолого-промышленной оценки месторождения и проектирования его разработки способом подземного выщелачивания.

Методические указания предусматривают решение поставленных задач с учетом требований и инструктивных документов, регламентирующих порядок проведения геологоразведочных работ, оценки запасов и обоснования показателей кондиций и обязательных для всех организаций и предприятий, осуществляющих геологоразведочные работы в СССР, независимо от ведомственной подчиненности. Такими документами являются:

- "Методические указания о проведении геологоразведочных работ по стадиям (твердые полезные ископаемые)", утвержденные Министерством геологии СССР с учетом предложений и рекомендаций заинтересованных министерств и согласованные с ГКЗ СССР,

- "Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых", утвержденная Постановлением Совета Министров СССР 30 ноября 1981 г.,

- "Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям урановых руд" (1984, проект),

- Приказ МСМ СССР и Мингео СССР № 061/13с от 27 марта 1985г. "О проведении опытных и опытно-промышленных работ по ПВ",

- "Инструкция о содержании, оформлении и порядке представления ТЭО кондиций на минеральное сырье", утвержденная председателем ГКЗ СССР 17 августа 1983 г.,

- "Требования к комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов", утвержденные председателем ГКЗ СССР 26 марта 1982 г.,

- "Положение о порядке составления и рассмотрения технико-экономических докладов о целесообразности промыш-

ленного освоения вновь открытых месторождений полезных ископаемых и принятия по ним решений о переходе от предварительной к детальной разведке", утвержденное заместителем председателя Госплана СССР от 17 мая 1960 г.,

- "Инструкция о содержании, оформлении и порядке представления в Государственную комиссию по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР (ГКЗ СССР) и территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых (ТКЗ) Министерства геологии СССР материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых", утвержденная председателем ГКЗ СССР в сентябре 1983г.

При составлении "Временных методических указаний" были учтены замечания и предложения по их уточнению, полученные от ГКЗ СССР, организации п/я Р-6214, ВГО "Совзгеологоразведка", ПГО "Краснохолмскгеология" и "Волковгеология", предприятий п/я А-1997, М-5703, Р-6449, Г-4312 и В-8948.

"Временные методические указания" составлены в плане темы № 34-81/8 ВИМСа В.А.Грабовниковым, старшим научным сотрудником, кандидатом г.-м. наук, С.А.Дейнегой, старшим научным сотрудником, кандидатом г.-м. наук, В.А.Петровым, зав. сектором методики разведки месторождений, старшим научным сотрудником, кандидатом г.-м. наук при участии сотрудников предприятия п/я А-1997 Ф.К.Портнова, зам.директора по научной работе, кандидата г.-м. наук, В.И.Кочеткова, нач. лаборатории, кандидата г.-м. наук, В.Д.Носова, нач. лаборатории, кандидата технических наук, сотрудников предприятия п/я М-5703 В.А.Фельдгуна, главного специалиста, В.К.Забельского, начальника группы, Г.А.Панченко, зам.начальника отдела, сотрудников организации п/я Р-6214 Э.Л.Саруханяна, главного специалиста и Е.С.Иванова, ведущего инженера, сотрудников ВГО "Совзгеологоразведка" Е.А.Пятова, главного геолога геологического отдела и А.И.Миронова, главного геофизика геофизического отдела.

1. ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ УСЛОВИЯ РАЗРАБОТКИ ГИДРОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА СПОСОБОМ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ СКВАЖИННЫМИ СИСТЕМАМИ

Гидрогенные месторождения урана, залегающие в осадочных водопроницаемых породах при определенных условиях, могут эксплуатироваться способом ПВ с помощью бесшахтных (скважинных) систем. При этом месторождение вскрывается системой расположенных в определенном порядке закачных (нагнетательных) и откачных (дренажных) скважин, в первые из которых подается растворитель, а из вторых производится подъем на поверхность земли продуктивных урансодержащих растворов, сформировавшихся в пласте при движении растворителя от закачных скважин к откачным через урансодержащие проницаемые руды и породы.

В качестве растворителя отечественная промышленность в настоящее время применяет преимущественно слабые (5-30 г/т) растворы серной кислоты. За рубежом основное применение нашли карбонатные рабочие растворы (преимущественно бикарбонат аммония с добавлением перекиси водорода или газообразного кислорода в качестве окислителя).

Месторождения урана, пригодные для разработки способом ПВ скважинными системами, залегают в водоносных горизонтах неметаморфизованных или слабометаморфизованных водопроницаемых осадочных пород. По масштабам они встречаются от весьма мелких до весьма крупных. Рудные залежи имеют пластовую, пластообразную, роллообразную и линзообразную формы и залегают субсогласно с рудовмещающими породами.

Высокая водопроницаемость и обводненность рудовмещающих и рудоносных пород, очень осложняющая, а часто и полностью исключающая техническую возможность разработки месторождений традиционными горными способами, при ПВ является фактором, благоприятствующим разработке.

В связи с тем, что при разработке урановых месторождений способом ПВ руда из недр не добывается, не обогащается и не измельчается, а первая стадия гидрометаллургическо-

го передела – выщелачивание из руд полезного компонента – перенесена в недра, ход процесса ПВ, его результаты и, следовательно, экономические показатели эксплуатации месторождения зависят от совокупного влияния большого числа природных геологических и гидрогеологических факторов. Изучение этих факторов и оценка их влияния составляет одну из важнейших задач разведки месторождения, предназначенного для разработки способом ПВ.

Природные факторы, которые можно укрупненно разделить на две основные группы – геологические и гидрогеологические, различаются по степени их влияния на процесс ПВ. По этому признаку выделяются факторы решающие и главные.

Решающие факторы определяют саму принципиальную возможность применения данного способа добычи урана. К ним относятся: минеральная форма нахождения урана в рудах, проницаемость руд и обводненность месторождения. Эти факторы подлежат оценке на самых ранних стадиях изучения месторождения. В случае положительного решения вопроса о принципиальной возможности применения способа ПВ они наряду с прочими природными факторами служат предметом более детального изучения при разведке месторождения.

От главных факторов зависят экономические показатели эксплуатации месторождения. К ним относятся: минеральный состав пород рудовмещающего пласта, структуры и текстуры руд, мощность рудной залежи, содержание урана в рудах и его запасы, глубина залегания рудной залежи, морфология рудной залежи, условия внешней среды, глубина залегания уровня подземных вод, водопроницаемость рудовмещающего пласта, фильтрационная неоднородность рудовмещающего разреза, степень гидравлической связи рудовмещающего водоносного горизонта с другими водоносными горизонтами в вертикальном разрезе.

Установление роли отдельных факторов в конкретных условиях изучаемого месторождения – одна из важных задач, требующих максимального внимания при производстве геолого-разведочных работ.

Ниже приводится краткая характеристика природных факторов и возможная степень их влияния на процесс ПВ.

1.1. Геологические факторы

1.1.1. Минеральная форма нахождения урана в рудах – один из факторов, влияющих на экономику процесса ПВ. Он определяет возможность извлечения урана слабыми растворами кислот или карбонатных солей при низких и умеренных температурах в условиях естественного залегания. Минеральная форма может являться решающим фактором, определяющим принципиальную возможность применения этого процесса.

Среди урановых минералов в месторождениях, разрабатываемых способом ПВ, развиты окислы урана – настуран и уранинит, силикаты урана – коффинит и ненадкевит, реже фосфат уранила – отенит, ванадат уранила – тьямунит, сульфаты уранила – уранопилит и циппеит и гидроокислы, где уран находится в четырех- и шестивалентной форме. Эти минералы достаточно легко растворяются в разбавленных кислотах, а при добавках окислителя – и в карбонатных растворах. К числу факторов, предопределяющих успех ПВ, следует относить присутствие таких легкорастворимых минералов как урановая чернь и урановые слюдки.

Присутствие в рудах браннерита и других титанатов урана, а также урансодержащих циркона, аршиновита, монацита и апатита осложняет процесс выщелачивания урана из руд, так как эти минералы при невысоких давлениях и температурах практически не разлагаются слабыми растворами кислоты. Случаев, когда весь уран гидрогенных месторождений связан с этими минералами, не известно. Однако часть урановой минерализации может быть представлена труднорастворимыми формами, что влияет на степень извлечения урана из руд при ПВ. Кроме того, не исключено, что объектами оценки и разведки могут оказаться месторождения, схожие по геологическим особенностям с гидрогенными, но содержащие преимущественно труднорастворимые урановые минералы. В этих случаях возможность применения ПВ исключается.

1.1.2. Минеральный состав пород рудовмещающего пласта – главный фактор, влияющий на экономику процесса ПВ, так как расход используемого реагента в значительной мере

зависит от растворимости в нем породообразующих минералов. Может оказаться, что повышенная карбонатность рудовмещающего пласта станет главным отрицательным фактором для кислотного выщелачивания в связи с тем, что при этом резко увеличиваются расходы кислоты.

1.1.3. Структуры и текстуры руд – главный фактор. Характер движения жидкости в горнорудной массе и контакта растворителя с рудными минералами зависит от состава и расположения отдельных зерен, слагающих горнорудную массу, т.е. от ее структуры и текстуры.

Структуры урановых руд, обрабатываемых способом ПВ, вкрапленные, прожилково-вкрапленные и прожилковые. Текстуры руд разнообразны. Распределение урановых минералов подчинено плоскостям напластования пород, направлениям их расчлененности, зонам тектонических нарушений и направлениям микротрещиноватости. Наиболее благоприятны для извлечения урана способом ПВ руды, в которых урановые минералы приурочены к стенкам пор, открытых полостей и трещин, омываемых при ПВ растворами.

1.1.4. Мощность рудной залежи – главный фактор, влияющий на экономику процесса ПВ. Эффективность ПВ в значительной мере зависит от мощности рудной залежи и отношения ее к эффективной мощности продуктивного водоносного горизонта. Чем больше отношение мощности рудной залежи M к эффективной (рабочей) мощности продуктивного водоносного горизонта M , тем в меньшей степени происходит разбавление формирующихся в рудном интервале продуктивных растворов "пустыми" растворами с безрудных интервалов, т.е. тем более благоприятны условия для ПВ.

1.1.5. Содержание урана в рудах и его запасы – главные факторы, влияющие на экономику процесса ПВ. Нижний предел величины извлекаемых запасов при ПВ определяется в основном приемлемым уровнем эксплуатационных затрат, поскольку капитальные вложения, в том числе первоначальные, обычно небольшие.

1.1.6. Глубина залегания рудных залежей – главный фактор, имеет значение для выбора схем вскрытия и техниче-

ских средств ведения процесса ПВ, в связи с чем влияет на экономику этого способа добычи урана.

1.1.7. Морфология рудных залежей определяет условия их вскрытия, границы эксплуатационных участков и очередность их отработки. Форма рудной залежи в плане и ее ширина имеют значение для выбора схем расположения скважин. Все это влияет на экономику процесса ПВ.

1.1.8. Условия внешней среды (физико-географические и климатические условия) – главный фактор, влияющий на экономику процесса ПВ. Суровые климатические условия и сложное строение поверхности месторождения могут выступать в роли отрицательного фактора.

1.2. Гидрогеологические факторы

1.2.1. Водопроницаемость руд и пород рудовмещающего пласта – решающий фактор. Она обуславливается размером, формой и характером взаимоотношения отдельных пор и других пустот друг с другом и зависит от литолого-фациальных особенностей продуктивного пласта и гранулометрического состава руд и пород. Количественно проницаемость горных пород и руд может быть выражена коэффициентом фильтрации (K_f), м/сутки. По величине этого коэффициента руды и породы разделяются на несколько групп, границы между которыми устанавливаются с учетом конкретных условий изучаемого месторождения.

Наилучшие результаты ПВ до сих пор были получены при коэффициенте фильтрации 1,0–20,0 м/сутки. Малые значения водопроницаемости руд и пород могут исключить техническую возможность осуществления фильтрации рабочего раствора в недрах, т.е. проведения процесса ПВ.

1.2.2. Обводненность месторождения – один из решающих факторов ведения процесса ПВ в пластовых условиях. Режим подземных вод месторождений, разрабатываемых способом ПВ, обычно напорный, обусловленный чередованием проницаемых и водоупорных пластов и гипсометрически высоким положением области питания. В этом случае создаются наиболее благоприятные условия, так как проще осуществляется управляемый гидродинамический процесс.

В присутствии безнапорных или слабонапорных подземных вод в процессе ПВ может происходить частичное осушение рудных интервалов продуктивного горизонта. В связи с этим такие условия могут выступать в роли отрицательного фактора, влияющего на экономику процесса ПВ.

Малые (метры в год) естественные скорости подземных вод практически не воздействуют на гидродинамику процесса ПВ.

На необводненных месторождениях или участках с положением рудовмещающего горизонта выше уровня подземных вод возможность применения ПВ исключается.

1.2.3. Глубина залегания уровня подземных вод - главный фактор, определяющий высоту раствороподъема из откачных скважин и способ подачи рабочих растворов в закачные скважины (свободный налив или принудительное нагнетание), т.е. влияющий на экономику процесса ПВ.

1.2.4. Водопроницаемость рудовмещающего пласта - главный фактор, определяющий дебиты технологических скважин, т.е. влияющий на экономику процесса ПВ. Количественно водопроницаемость горных пород выражается коэффициентом водопроницаемости (K_m), $m^2/сутки$. Минимально приемлемое его значение должно определяться исходя из условий обеспечения необходимого дебита откачных скважин.

1.2.5. Фильтрационная неоднородность рудовмещающего разреза, т.е. соотношение водопроницаемости руд и вмещающих их безрудных пород - главный фактор, определяющий степень разбавления продуктивных растворов при ПВ. По этому признаку выделяется три основных типа рудовмещающего разреза:

- 1) проницаемость руд больше проницаемости безрудных пород,
- 2) проницаемость руд равна проницаемости безрудных пород,
- 3) проницаемость руд меньше проницаемости безрудных пород.

Приведенные типы разреза в природных условиях встречаются в самых различных сочетаниях.

1.2.6. Степень гидравлической связи рудовмещающего водоносного горизонта с другими водоносными горизонтами в вертикальном разрезе зависит от характера водоупоров, ограничивающих продуктивный пласт (их литологической однородности, мощности, выдержанности по площади), и, так же, как и предыдущий фактор, определяет степень разбавления продуктивных растворов и их потери, т.е. влияет на экономику процесса ПВ.

1.2.7. Минерализация подземных вод играет определенную роль при ПВ. Высокая начальная минерализация подземных вод особенно затрудняет применение карбонатных выщелачивающих растворов, а высокое содержание гидрокарбонат-иона, наоборот, благоприятствует выщелачиванию по карбонатной схеме. Повышенные содержания иона хлора в подземных водах (более 5-7 г/л) неблагоприятны в связи с депрессирующим влиянием его при сорбционном переделе продуктивных растворов и коррозионном воздействии на гильзы роторов погружных насосов.

Для принципиальной возможности эксплуатации месторождения способом ПВ скважинными системами необходимо соответствие его природных условий как минимум следующим трем требованиям:

1. Обводненность месторождения.
2. Проницаемость руд и пород рудовмещающего пласта для химического растворителя.
3. Растворимая в слабых растворах кислот или карбонатных солей минеральная форма нахождения урана в рудах.

1.3 . Геотехнологические показатели

К геотехнологическим относятся показатели, характеризующие конечные результаты процесса выщелачивания. Основными геотехнологическими показателями, непосредственно влияющими на экономику предприятия подземного выщелачивания, являются:

1. Концентрация урана в продуктивных растворах .
2. Съем продуктивных растворов с единицы веса горнорудной массы в действующем объеме выщелачивания.

3. Кислотоемкость (реагентоемкость) руд и вмещающих пород.

4. Удельный расход реагента на добычу 1 кг урана в товарной продукции.

5. Время отработки эксплуатационных блоков до заданного уровня извлечения урана из недр.

6. Коэффициент извлечения урана из недр.

Значения геотехнологических показателей определяются совокупным влиянием геологических и гидрогеологических факторов и условий ведения процесса ПВ на данном месторождении. Эти факторы находятся в сложной взаимосвязи, поэтому количественный прогноз геотехнологических показателей без экспериментальных данных о процессе практически невозможен. Данные эти определяются при проведении специальных геотехнологических лабораторных исследований на керновом материале, в процессе полевого опробования руд на месте залегания, при опытных и опытно-промышленных работах по ПВ. Надежность оценки геотехнологических показателей на разных стадиях исследований различна.

При лабораторных экспериментах не может быть обеспечен весь набор природных условий ведения процесса ПВ. Поэтому лабораторные исследования используются только для качественной оценки геотехнологических показателей на ранних этапах изучения месторождения (в стадию поисково-оценочных работ) как вспомогательный вид исследований при проведении натурных опытов по ПВ при разведке месторождения. Наиболее надежную количественную характеристику геотехнологических показателей, используемую при проектировании предприятий ПВ, получают в результате проведения опытных и опытно-промышленных работ на представительных участках месторождения. На их основе с использованием данных изучения природных геологических и гидрогеологических факторов прогнозируются показатели отработки способом ПВ отдельных блоков, участков, залежей месторождения, отличающихся геолого-гидрогеологическими параметрами и условиями эксплуатации.

Перечень исходных данных, необходимых для геолого-промышленной оценки месторождения и проектирования его разработки способом ПВ, приведен в прил. 2.

2. ГРУППИРОВКА (типизация) ГИДРОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СПОСОБОМ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ СКВАЖИННЫМИ СИСТЕМАМИ ПО РАЗМЕРАМ И СЛОЖНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РАЗВЕДКИ

Гидрогенные месторождения урана, пригодные для разработки способом ПВ скважинными системами, связаны с зонами пластового окисления в проницаемых отложениях платформенного чехла (пески, песчаники, каоустобиолиты) областей тектонической активизации молодых платформ (месторождения Учкудук, Сугралы, Букинай, Южный Букинай, Кетменчи, Лявлякан, Бешкак, Северный парамурун, Мынкудук, Канжуган, Уванас и др.), а также с зонами грунтового окисления отложений палеодолин (пески, глины, каоустобиолиты) платформенного этапа развития стабилизированных областей (месторождения Девладово, Братское, Санарское и др.).

В месторождениях первого типа урановое оруденение приурочено к границам выклинивания зон пластового окисления с сероцветными породами водоносных горизонтов артезианских бассейнов, причем эти породы могут иметь различный возраст (в основном мел и палеоген) и условия формирования (аллювиальные, пролювиальные, надводно- и подводно-дельтовые, прибрежно-морские, мелководные осадки). Значительная часть оруденения залегает непосредственно в обводненных хорошо проницаемых осадочных породах - рыхлых песках и гравии. Рудные скопления встречаются и в малопроницаемых алевроито-глинистых литологических разностях, а также в углях, но только в тех случаях, когда эти разности непосредственно примыкают к песчаным или гравийно-галечным породам.

Рудные залежи имеют в разрезе пластообразную и роллообразную форму, а в плане, как правило, - форму лент, окаймляющих поля распространения пластово-окисленных пород. Руды неконтрастные, преимущественно рядовые и убогие. Элементы-спутники, как правило, отсутствуют. В ряде случаев встре-

чается селен (содержание до 0,1%), в отдельных случаях - молибден и рений.

В месторождениях грунтового окисления (грунтовой окислительной зональности) концентрации урана приурочены к границам зон грунтового окисления с сероцветными породами, богатыми органическим веществом - торфяниками, углями, торфянистыми или углистыми глинами и алевролитами. При этом водоносные песчаные или гравийно-галечные отложения зачастую оказываются полностью окисленными и практически безрудными, а скопления урана тяготеют к указанным малопроницаемым литологическим разностям.

Форма рудных залежей, в основном, пластообразная и линзообразная. Руды обычно рядовые и убогие. Уран представлен преимущественно сорбированной формой, встречаются также урановые черны, смолка и тонкодисперсный коффеинит.

Для месторождений обоих типов характерен достаточно четкий литолого-стратиграфический и геохимический контроль оруденения. Все они относятся к одному классу - стратиформные месторождения в слабодислоцированных осадочных породах при литолого-стратиграфическом контроле оруденения.

При разведке таких месторождений для разработки способом ПВ изучению подвергаются как объекты оценки (месторождение, рудная залежь, эксплуатационный блок), так и продуктивный рудовмещающий водоносный горизонт, надрудный и подрудный разрез, включая водоупорные горизонты в кровле и подошве.

Основными параметрами, определяющими расположение и плотность сети разведочных скважин для отнесения запасов к различным категориям, при разведке гидрогенных месторождений для разработки способом ПВ являются: форма и размеры рудных залежей или их совокупностей, степень изменчивости и распределение оруденения в разрезе продуктивного горизонта, изменчивость фильтрационных свойств руд и пород.

По этим признакам все известные в нашей стране гидрогенные месторождения урана согласно "Инструкции по применению классификации запасов к месторождениям урановых руд" (1984, проект), соответствуют 2-й и 3-й группам "Классифи-

кации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых" (1981г.).

Месторождения 2-й группы представлены крупными и средними по размерам пластообразными и роллообразными залежами с изменчивой мощностью, неравномерным распределением урана, но с относительно простой морфологией и выдержанными элементами залегания. Размеры рудных залежей достигают сотен тысяч квадратных метров - первых квадратных километров. Пластообразные залежи обладают сравнительно четкими геологическими границами и характеризуются небольшими мощностями - от долей метра до первых метров, редко до первых десятков метров. Границы оруденения устанавливаются по опробованию, но положение залежей в разрезе в целом контролируется литологическими границами и выклиниванием зоны пластового окисления (Учкудук, Сугралы, Мынкудук, Канжуган, Северный Карамурун, Лявлякан, Бешкак и др.).

Месторождения 3-й группы представлены средними и мелкими по размерам пластообразными и линзообразными залежами с невыдержанной мощностью и неравномерным распределением урана, с невыдержанными морфологическими свойствами и неустойчивыми элементами залегания. Размеры рудных залежей достигают десятков тысяч - первых сотен тысяч квадратных метров при различной мощности - от долей метра до нескольких метров (Девладово, Братское, Санарское и др.).

Группировка (типизация) гидрогенных месторождений урана по размерам и сложности геологического строения для целей разведки приведена в табл. I. В ней учтены как классификационные признаки, влияющие на требуемое соотношение запасов различных категорий разведанности для составления проектов и выделения капитальных вложений на строительство новых и реконструкцию действующих горнодобывающих предприятий, плотность и геометрию разведочной сети, так и природные факторы, определяющие степень благоприятности геолого-гидрогеологических условий разработки месторождений способом ПВ, ход и результаты ПВ.

Изменчивость метропроцента, выраженная коэффициентом вариации, как одного из главных параметров, определяю-

3. ОСОБЕННОСТИ РАЗВЕДКИ И ИЗУЧЕНИЯ ГИДРОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА, ПРИГОДНЫХ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СПОСОБОМ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ СКВАЖИНЫМИ СИСТЕМАМИ

Разведка гидрогенных месторождений урана для разработки способом ПВ скважинными системами осуществляется буровыми скважинами без заверки данных бурения подземными горными выработками, что обусловлено особенностью применяемой технологии добычи. В связи с этим существенно повышаются требования к полноте выхода керна, особенно по продуктивному горизонту, включая надрудный и подрудный водоупоры. При бурении по этой части разреза должен быть обеспечен выход керна не менее 70% от длины рейса.

При документации керна и интерпретации данных его изучения следует руководствоваться "Инструкцией по отбору, документации, обработке, хранению, сокращению и ликвидации керна скважин колонкового разведочного бурения", утвержденной министром геологии СССР 9 февраля 1973г. и "Методическим руководством по документации керна скважин при поисках и разведке урановых месторождений, предназначенных для отработки способом ПВ", утвержденным заместителем начальника ВГО "Союзгеологоразведка" (Шмариович, 1983).

Система расположения скважин и густота разведочной сети определяются в основном шириной и длиной рудных залежей, степенью прерывистости и неравномерности распределения в них урана с учетом геологических особенностей месторождения в каждом конкретном случае.

Для изучения полного разреза месторождения бурятся скважины по опорным профилям или отдельные скважины с полным отбором керна на всю глубину, включая и подрудную его часть. Число и расположение таких скважин должны обеспечить получение представительных данных о литолого-стратиграфическом разрезе и фильтрационных характеристиках основных литологических разностей пород месторождения и отдельных его частей.

При достаточно хорошо изученных литолого-страти-

графическом разрезе и фильтрационных характеристиках основных литологических разностей пород месторождения по опорным профилям скважин, а также по продуктивным горизонтам, включая верхние и нижние водоупоры, на стадии детальной разведки допускается бурение без отбора керна. Порядок проведения бескернового бурения определяется для каждого месторождения индивидуально в зависимости от сложности его строения и степени изученности.

Принципиально не отличаясь от методов разведки подобных месторождений, обрабатываемых традиционными горными способами, методы разведки и подсчета запасов месторождений, предназначенных для разработки способом ПВ скважинными системами, имеют ряд существенных особенностей, обусловленных спецификой этого способа добычи урана:

1. Буровые скважины являются единственным источником получения необходимых геологоразведочных данных, поэтому важнейшая задача разведки – всестороннее исследование скважин для получения максимально возможного количества информации.

2. При оконтуривании рудных залежей применяются более низкие кондиции по содержанию урана в рудах, благодаря чему, как правило, упрощается их морфология. Одновременно предъявляются более жесткие требования к геометризации отдельных литологических разностей руд и пород рудовмещающего горизонта, отличающихся по фильтрационным свойствам, минеральному составу и содержанию вредных примесей.

3. Отпадает необходимость в проведении подземных горных работ для изучения горно-технических условий, отбора валовых технологических проб для полупромышленных испытаний руды, а также для уточнения морфологии рудных залежей.

4. При разведке таких месторождений более детально изучаются гидрогеологические условия месторождения.

5. Специфический вид исследований – проведение лабораторных и полевых геотехнологических исследований на различных стадиях разведочных работ с целью либо своевременной отбраковки месторождений, непригодных для ПВ, либо получения необходимых исходных данных для проведения сле-

дующей стадии разведки или для проектирования предприятия ПВ.

3.1. Изучение формы, размеров и условий залегания рудных залежей

Рудные залежи гидrogenных месторождений урана, залегающих в водопроницаемых осадочных породах, обычно не имеют четких геологических границ как в разрезе, так и в плане. Контуры их проводят по данным опробования с учетом бортового содержания урана (по мощности) и минимального линейного запаса (метропроцента) по пересечению рудной залежи (по площади).

Форма и размеры рудных залежей в плане определяют систему расположения разведочных скважин, а изменчивость параметров оруденения - густоту разведочной сети. В практике геологоразведочных работ обычно применяется оправданная себя система разведки рядами (профилями) скважин, ориентированными по ширине (вкрест простирания) рудных залежей. В ряде случаев, в связи с прихотливостью формы зон пластового окисления в плане, а также в случае их многоярусного расположения для изучения их пространственного положения эффективно развитие квадратной разведочной сети.

Ориентировкой для выбора расстояний между разведочными профилями и между скважинами в рядах могут служить приведенные ниже систематизированные данные о плотности сети разведочных скважин, успешно применявшейся при разведке подобных месторождений (табл. 2).

Приведенные размеры разведочных сетей в каждом конкретном случае в зависимости от размеров и особенностей морфологии рудных залежей, а также от степени изменчивости параметров оруденения (мощности, содержания, метропроцента) и фильтрационных свойств руд и вмещающих пород должны корректироваться.

На участках пережима рудных залежей, а также для изучения наиболее интересных - мешковых - частей рудных роллов, и на участках, предназначенных для проведения натуральных опытов, расстояния между скважинами по профилю сгуща-

Таблица 2

Параметры разведочных сетей, рекомендуемые при разведке рудных залежей различных типов для разработки способом ПВ скважинными системами

Группа месторождений по классификации ГИЗ СССР	Характеристика рудных залежей	Расстояние между скважинами (в м) для категориий запасов	
		C_1	C_2
		по простиранию (длине)	по падению по простиранию (длине) (ширине) (длине) (ширине)
2-я	1. Крупные и средние по размерам пластообразные залежи и роллы изменчивой мощности с неравномерным распределением урана с относительно выдержанными морфологическими свойствами, относительно устойчивыми элементами залегания.	400-100	100-50 800-200 100-50
3-я	2. Средние и мелкие по размерам пластообразные залежи и линзы с невыдержанной мощностью и неравномерным распределением урана, с невыдержанными морфологическими свойствами и неустойчивыми элементами залегания.	100-50	100-25 200-100 100-25

ются до 25 м, а на рудных залежах 2-го морфологического типа в условиях малых глубин и сложного распределения оруденения иногда может оказаться полезной выборочная детализация до 10 м.

Большое значение имеет изучение формы, размеров и размещения рудных залежей в вертикальном разрезе.

При одноярусном размещении рудных залежей положение их контролируется единым продуктивным горизонтом проницаемых (водоносных) пород, занимающих определенное место в стратиграфическом разрезе месторождения. Оконтуривание рудных залежей в этом случае не представляет особых затруднений. Характер распределения оруденения по мощности водоносного горизонта определяет возможность селективной или валовой отработки рудных залежей. При закономерном характере распределения рудных залежей, их приуроченности к определенной части горизонта мощностью более 10 м возможно применение систем разработки с установкой фильтров непосредственно в рудонасыщенный слой. В этом случае рудные залежи оконтуриваются по величине минимального линейного запаса по сечению. При незаконном характере распределения рудных интервалов селективную их отработку произвести практически невозможно. Рудные залежи в этом случае оконтуриваются по величине приведенного к мощности проницаемых пород продуктивного горизонта содержания.

При многоярусном размещении рудных залежей положение их контролируется несколькими продуктивными горизонтами проницаемых пород, занимающими определенное положение в стратиграфическом разрезе месторождения. В связи с этим на таких месторождениях разведку и подсчет запасов следует производить раздельно по ярусам, чтобы иметь возможность на стадии проектирования решать вопрос о целесообразности отработки каждого конкретного яруса.

При разведке месторождений необходимо выяснить распределение запасов по глубинам их залегания, по условиям обводненности (с напорными и безнапорными водами), по положению уровня вод от поверхности земли, по принадлежности к различным морфологическим элементам рудных залежей. Эти

данные необходимы на стадии проектирования для решения вопросов технической возможности и экономической целесообразности отработки способом ПВ рудных залежей, залегающих в различных условиях.

3.2. Изучение литолого-фациальных особенностей и вещественного состава руд и пород

В процессе разведки проводится гранулометрический, минералогический, химический анализы керн.

Керн буровых скважин - единственный материал, по которому получают данные о литологии руд и пород, их структуре, текстуре, минеральном и химическом составе. В сочетании с геофизическими и гидрогеологическими исследованиями в скважинах данные документации и лабораторных анализов керна служат основой изучения литолого-стратиграфического разреза месторождения, его тектонического строения и составления карт, отражающих условия ведения процесса ПВ: литологические и фациальные особенности руд и пород продуктивного горизонта, покрывающих и подстилающих водоупоров, фильтрационные свойства руд и пород и соотношение их водопроводимости в разрезе, эпитетические изменения пород и в первую очередь тех из них, которые могут иметь рудоконтролирующее и рудопоисковое значение и т.п.

Составленные в результате разведки карты и разрезы должны содержать данные о распространении руд и пород, отличающихся по проницаемости, по содержанию вредных примесей (карбонатов, органического вещества), окисленности (окисленные, неокисленные). Должны быть откартированы минералогические и технологические типы руд, руды с примесью попутных компонентов, а также руды других полезных ископаемых (в комплексных месторождениях).

3.3. Геолого-геофизические исследования в буровых скважинах

Геофизические методы используются на всех стадиях разведки гидрогенных месторождений для решения следующих

задач: определение исходных параметров к подсчету запасов урана, расчленение руд и рудовмещающих пород продуктивного горизонта по проницаемости, определение мощности в разрезе и выдержанности в плане главных и локальных водоупоров, контроль за динамикой извлечения урана на опытных полигонах ПВ и определение остаточного его количества в недрах, а также контроль за растеканием кислоты в плане и разрезе при натуральных опытах по ПВ, определение пространственного положения кровли и подошвы рудных залежей, литологическое расчленение геологического разреза, контроль за техническим состоянием разведочных, гидрогеологических и технологических скважин.

Определение исходных параметров к подсчету запасов урана осуществляется по данным гамма-каротажа скважин в соответствии с "Инструкцией по гамма-каротажу при поисках и разведке урановых месторождений" (1974), утвержденной заместителем министра геологии СССР и "Дополнениями к инструкции по гамма-каротажу при поисках и разведке урановых месторождений" (выпуска 1974г.), утвержденными заместителем министра геологии СССР (1983г.).

При интерпретации данных гамма-каротажа следует учитывать характерные особенности гидрогенных месторождений, заключающиеся в нарушении радиоактивного равновесия между радием и ураном и его колебаниях как по разрезу, так и в плане месторождения. В различных морфологических элементах рудной залежи коэффициент радиоактивного равновесия может быть разным. В процессе бурения в хорошо проницаемых породах, к которым обычно приурочены рудные залежи гидрогенных месторождений, может образоваться обедненная радоном зона проникновения фильтрата промывочной жидкости, т.е. произойти нарушение естественного радиоактивного равновесия между радием и ураном (отжатие радона). Это приводит к занижению параметров рудных интервалов, подсчитанных по данным гамма-каротажа.

Поправки на нарушение радиоактивного равновесия определяются по результатам опробования керна согласно "Инструкции по гамма-каротажу при поисках и разведке ура-

новых месторождений" (1974) и "Дополнению к инструкции по гамма-каротажу при поисках и разведке урановых месторождений" (выпуска 1974г.). При этом особое внимание обращается на выявление закономерностей изменения коэффициента радиоактивного равновесия в плане и разрезе месторождения и установление его зависимости от мощности рудных интервалов и концентрации в них радия, а также на изучение зависимости концентрации радия на границе рудного (по урану) интервала от средней концентрации радия в этом интервале.

Наличие отжатия радона устанавливается по расхождению данных интерпретации гамма-каротажных кривых по радие (К_{рр}=I) с данными опробования керна на радий. Поправки на отжатие радона определяются на основании режимных наблюдений в специально оборудованных скважинах в соответствии с "Дополнением к инструкции по гамма-каротажу при поисках и разведке урановых месторождений" (выпуска 1974г.).

Для определения суммарной поправки в данные гамма-каротажа на нарушение радиоактивного равновесия между радием и ураном, а также радоном и радием можно использовать данные каротажа нейтронов деления (КНД).

На месторождениях или отдельных рудных залежах, где из-за сложных радиологических условий или отсутствия возможности получения необходимого выхода керна не удается определить средние величины поправок в данные гамма-каротажа на нарушение радиоактивного равновесия, метод КНД является основным экспрессным методом для определения исходных параметров к подсчету запасов урана.

При проведении каротажа нейтронов деления и интерпретации его результатов следует руководствоваться методикой и приемами, изложенными в "Методических рекомендациях для проведения каротажа по мгновенным нейтронам деления с аппаратурой ТСКУ 9I ("Импульс")", утвержденных начальником Геологического управления I ГУ МСМ СССР и заместителем начальника ВГО "Союзгеологоразведка" (Ганичев и др., 1980).

Расчленение руд и горных пород продуктивного водоносного горизонта на проницаемые и непроницаемые осуществляется по данным электрокаротажа методами кажущегося сопро-

тивления (КС) и потенциалов самопроизвольной поляризации (ПС) с учетом результатов гидрогеологических работ, геологического и технологического опробования керна. При проведении этих работ следует руководствоваться методическими приемами, изложенными в "Методических рекомендациях по измерению методами каротажа технологических свойств горных пород и руд", утвержденных начальником Геологического управления ИГУ МСМ СССР и заместителем начальника ВГО "Союзгеологоразведка" (Кириллов и др., 1980). При этом используются определенные для каждого продуктивного водоносного горизонта зависимости электрических свойств руд и горных пород от их проницаемости через параметры глинистости (концентрация глинисто-алевритистой фракции) или медианный диаметр зерен.

Расчленение руд на проницаемые и непроницаемые проводится по установленным для данного месторождения (или рудной залежи) граничным значениям концентраций глинисто-алевритистой фракции или медианному диаметру зерен.

Расчленение руд и горных пород на проницаемые и непроницаемые с помощью электрокаротажа возможно при мощности пластов более 1 м. Для метода КС благоприятны условия, когда концентрация карбонатного цемента не более 2-3 весовых процентов CO_2 и минерализация пластовых вод не более 3-5 г/л, а для метода ПС - когда концентрация карбонатного цемента не более 1-2 весовых процентов CO_2 , различие в минерализации пластовых вод и фильтрата бурового раствора не менее чем в 1,5 раза и наличие в разрезе репера с постоянной концентрацией глинисто-алевритистой фракции. При минерализации пластовых вод более 5-6 г/л вместо электрокаротажа КС можно использовать импульсный нейтрон - нейтронный каротаж.

Контроль за динамикой извлечения урана в условиях естественного залегания на полигонах ПВ и определение остаточного его количества в недрах осуществляется с помощью КНД. КНД проводится периодически на протяжении всего опыта в специально оборудованных для этого наблюдательных скважинах (внутренний диаметр не менее 100 мм) в контуре и за контуром полигона.

Одновременно в этих же скважинах осуществляется контроль с помощью термометрического или индукционного каротажа за растеканием кислоты в плане и разрезе.

Для контроля за техническим состоянием откачных и нагнетательных скважин (целостность труб, высота подъема цементного кольца, пропускная способность фильтров) применяется термометрия, токовый каротаж и расходомерия.

В гидрогеологических скважинах геофизические методы используются для изучения проницаемости горных пород на уровне фильтров, фактических дебитов скважин и температурного режима месторождения. Для этого используются расходомерия, резистивиметрия с предварительным засолением скважины и термометрия.

Определение пространственного положения кровли и подошвы рудных залежей, пересеченных скважиной, и контроль за техническим состоянием разведочных скважин осуществляется методами инклинометрии и кавернометрии.

Подготовку скважин к каротажу и проведение в них геофизических исследований следует выполнять с соблюдением требований "Технической инструкции по проведению геофизических исследований в скважинах", утвержденной министром геологии СССР (Комаров и др., 1963).

Выявление возможных попутных компонентов и определение их содержания проводятся по данным геологического опробования керна скважин с учетом геохимической зональности. Скважины должны быть равномерно расположены по всему месторождению или по отдельным крупным рудным залежам. Количество определений по каждому изучаемому попутному компоненту должно быть не менее 30.

Для выявления и определения параметров селеновых рудных залежей (мощность, содержание) можно использовать рентгенорадиометрическое опробование керна.

3.4. Гидрогеологические и инженерно-геологические исследования

Главнейшей задачей гидрогеологических исследований,

начиная со стадии поисково-оценочных работ, является установление возможности реализовать фильтрацию растворителя по рудным или хотя бы по непосредственно контактирующим с ними интервалам рудовмещающего пласта.

Опережающее изучение гидрогеологических условий месторождений – обязательное требование при разведке их для разработки способом ПВ скважинными системами (по сравнению с ориентировкой на горный способ разработки).

Основным и первоочередным при этом является изучение литолого-фильтрационного строения рудовмещающего пласта, т.е. литологии, проницаемости и мощности рудных и безрудных интервалов продуктивного горизонта, их гидравлической связи, а также фактических дебитов скважин, оборудованных с расчетом на исключение из прорабатываемого объема безрудных интервалов. При этом основой для выделения литолого-фильтрационных типов руд и вмещающих пород по всем разведочным скважинам служат результаты макроскопического изучения керн в комплексе с данными электрокаротажа, гамма-каротажа и КНД. Для рыхлых (несвязных) литолого-фильтрационных типов эти данные дополняются результатами лабораторных определений проницаемости, а также гранулометрического анализа образцов, отбираемых из гидрогеологических скважин, которые бурят с полным отбором керн.

Прямые гидрогеологические характеристики получают путем гидрогеологического опробования скважин по методике, изложенной в работе "Методы исследований при подземном выщелачивании руд" (Белецкий и др., 1981). При этом, кроме традиционных методов одиночных и кустовых откачек, используются:

1. Резистивиметрия и расходомерия в гидрогеологических скважинах, оборудованных фильтрами на полную мощность рудовмещающего пласта. В случае большой (более 15–20 м) мощности фильтрами оборудуется только предполагаемый интервал циркуляции растворов.

2. Кустовые откачки из скважин, оборудованных фильтрами на разные интервалы продуктивного пласта (рудный, под-

рудный, надрудный и т.п.). При этом каждую из скважин поочередно опробуют откачкой, остальные используют как наблюдательные.

3. Лабораторные определения коэффициентов фильтрации руд и пород на образцах с ненарушенной структурой вдоль напластования и перпендикулярно к нему.

4. Опытные налив и нагнетания в скважины для определения приемистости закачных скважин.

На подстадии поисково-оценочных работ первоначальная оценка гидрогеологических условий месторождения дается на основании результатов бурения и опробования кратковременными (1–3 суток) откачками одиночных гидрогеологических скважин, количество которых составляет от двух–трех (для месторождений 2-го морфологического типа) до четырех–пяти (для месторождений 1-го морфологического типа).

Скважины оборудуются фильтрами преимущественно в рудных интервалах. В гидрогеологических скважинах наряду с лабораторным изучением керна проводится полный комплекс геофизических исследований. Полученные данные являются эталонными для интерпретации литолого-фильтрационных условий разреза по результатам каротажа разведочных скважин.

Основная задача инженерно-геологических исследований – получение характеристики условий сооружения и эксплуатации технологических скважин. По изучаемому разрезу должны быть охарактеризованы: гранулометрический состав, фильтрационные и водно-физические свойства пород, категории пород по буримости, степень их устойчивости при бурении и оборудовании скважин, наличие в разрезе месторождения интервалов, осложняющих сооружение скважин (поглощение промывочной жидкости, пучащих или плавунных пород и т.п.), температурный режим в интервале залегания руд, строение поверхности месторождения.

В сжатом виде цели, задачи и методы гидрогеологических исследований при разведке гидрогенных месторождений урана для разработки способом ПВ скважинными системами приведены в табл. 3.

Цели, задачи и методы гидрогеологических исследований на различных стадиях разведки гидрогенных месторождений урана для разработки их способом ПВ связанными системами

Номера стадий	Наименование стадий	Цели гидрогеологических исследований	Задачи гидрогеологических исследований	Методы гидрогеологических исследований
4	Поисково-оценочные работы.	Выяснение принципиальной возможности осуществления фильтрации растворов урана по рудным и непосредственно контактирующим с ними интервалам.	Изучение литологического строения рудовмещающего пласта.	Бурение, каротаж и опробование откатками однократных гидрогеологических скважин. При мощности рудовмещающего пласта более 15 м - разностигметрия, расходо-метрия. Гранулометрический анализ образцов руд и вмещающих пород, лабораторные определения Кф руд и пород на образцах с ненарушенной структурой.
5	Предварительная разведка.	Уточнение литологического строения рудовмещающего пласта, гидрогеологическое районирование месторождения. Обоснование выбора участков опытного геотехнологического опробования.	Определение гидрогеологических параметров пласта. В пластах мощностью более 15 м - изучение гидравлической связи между различными интервалами (рудный, надрудный, подрудный, и др.).	Бурение одиночных или кустов гидрогеологических скважин. При мощности пласта более 15 м скважины в кустах обустраиваются фильтрами на разные интервалы. Проведение откаток. Гранулометрический анализ образцов руд и вмещающих пород, лабораторные определения Кф руд и пород на образцах с ненарушенной структурой.
6	Детальная разведка.	Детальное изучение гидрогеологических условий на участках опытно-промышленных геотехнологических исследований.	Определение гидрогеологических параметров пласта, связи между рудными интервалами, границ циркуляции рабочих растворов в разрезе при опытно-промышленных геотехнологических исследованиях.	Опытные откачки и нагнетания перед началом геотехнологических работ на опытно-промышленных полигонах. Наблюдения в процессе геотехнологических работ, расходометрия. Лабораторные определения Кф руд и пород на образцах с ненарушенной структурой.

3.5. Геотехнологические исследования

Геотехнологические исследования проводятся для определения геотехнологических показателей процесса ПВ, на основе которых делается оценка целесообразности выполнения последующих стадий разведочных работ и в конечном итоге - проектирование промышленной разработки месторождения.

Для обеспечения выполнения основных задач изучения месторождения на разных стадиях геологоразведочного процесса, определяемых "Методическими указаниями о проведении геологоразведочных работ по стадиям" (М., ВИЭМС, 1984), в соответствии со спецификой способа ПВ, изучение геотехнологических условий месторождений должно быть смещено в сторону более ранних стадий разведки по сравнению с изучением технологических свойств руд для разработки месторождений горными способами. Требуемая стадийность геотехнологических исследований приведена в табл. 4. При этом в графе 5 таблицы указан только основной, решающий для каждой стадии вид геотехнологических исследований. Лабораторные испытания помимо стадии поисково-оценочных работ, где они являются основным видом, проводятся и на стадиях предварительной и детальной разведки.

Геотехнологические исследования в лабораторных условиях проводятся на рудных образцах с нарушенной и ненарушенной структурой исходного материала. В первом случае исследования проводятся на групповых пробах, составляемых с учетом литологии вещественного состава и содержания урана в рудах из частных керновых проб, которые для обеспечения равномерности распределения полезного компонента перемешиваются, а в необходимых случаях дробятся. Материалом для исследования на образцах с ненарушенной структурой служат специально отбираемые монолиты. Выщелачивание проводится в специальных емкостях, трубных моделях, колонках, лотках, фильтрационных кольцах, приборах МПВ. При выщелачивании используются растворы серной кислоты, карбоната и бикарбоната аммония (натрия) с концентрацией 0,5-5,0% и окислители - перманганат калия, перекись водорода, атомарный кислород и др. с концентрацией 0,01-0,1%.

Цели, задачи и виды геотехнологических исследований на различных стадиях разведки гидрогенных месторождений урана для разработки их способом ПВ скважинными системами

Номера стадий	Наименование стадий	Цели геотехнологических исследований	Задачи геотехнологических исследований	Основные виды геотехнологических исследований
4	Поисково-оценочные работы.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установление целесообразности предварительной разведки месторождения. 2. Выбор параметров натуральных опытов по подземному выщелачиванию и участков их проведения на стадии предварительной разведки. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определение геотехнологических параметров основных типов руд. 2. Сопоставление полученных геотехнологических параметров с литолого-фильтрационными характеристиками рудовмещающего пласта. 	Лабораторные геотехнологические испытания образцов руд.
5	Предварительная разведка.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установление целесообразности детальной разведки месторождения. 2. Обоснование временных условий. 3. Обоснование параметров натуральных опытов по подземному выщелачиванию и участков их проведения на стадии детальной разведки. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определение геотехнологических параметров рудовмещающего пласта на основных характеристических участках месторождения. 	Опытное геотехнологическое опробование в условиях естественного залегания руд (без технологического передела продуктивных растворов).
6	Детальная разведка.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Получение исходных данных для проектирования промышленной отработки месторождения. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определение уточненных геотехнологических параметров рудовмещающего пласта, а также показателей технологического передела продуктивных растворов. 	Опытно-промышленные геотехнологические испытания с полным циклом технологического передела продуктивных растворов.

Лабораторные эксперименты по выщелачиванию позволяют исследовать закономерности процесса в широком диапазоне изменения гидродинамических и технологических режимов и оценить показатели выщелачивания руд различного состава и проницаемости. Однако обеспечить учет влияния всей совокупности природных условий протекания процесса ПВ в недрах при лабораторных экспериментах не удастся. По этой причине лабораторные исследования на поисково-оценочной подстадии используются для предварительной качественной оценки геотехнологических показателей отработки месторождения, а на стадиях предварительной и детальной разведки они играют вспомогательную роль - для уточнения геотехнологических характеристик руд на участках натуральных опытов и обоснования параметров натуральных опытов (в первую очередь режима концентрации растворителя, подаваемого в пласт).

По указанному в табл. 4 разделению геологоразведочного процесса возможность получения отрицательной оценки месторождения по геотехнологическим показателям после стадии предварительной разведки исключается, что соответствует требованиям, предъявляемым к другим показателям. В отдельных случаях при разведке месторождений, имеющих месторождения - аналоги, которые уже эксплуатируются или подвергнуты опытно-промышленным испытаниям, на стадии детальной разведки геотехнологические исследования могут быть ограничены опытным опробованием без технологического передела продуктивных растворов, которые проводятся на двух-трех характерных участках месторождения.

На подстадии поисково-оценочных работ на основании полученных при лабораторных экспериментах значений геотехнологических параметров, с учетом данных о литолого-фильтрационном строении рудовмещающего пласта, минерально-химическом и гранулометрическом составе руд и вмещающих пород, выделяются литолого-фильтрационные типы руд, устанавливается их соотношение в разрезе и по площади, определяется основной (преобладающий) тип.

В итоге геотехнологических и гидрогеологических ис-

следований на подстадии поисково-оценочных работ должны получить оценку два решающих фактора геотехнологических условий - проницаемость руд и возможность извлечения из них урана применяемыми при ПВ растворителями. Только при положительной оценке обоих этих факторов целесообразно продолжение изучения месторождения на следующей стадии - предварительной разведки.

Опытное геотехнологическое опробование выполняется на характерных участках месторождения. При его проведении используются схемы из двух (откачная, закачная) и трех (откачная, две закачных) технологических скважин и необходимого для обеспечения исследований количества наблюдательных скважин. Извлечение урана из продуктивных растворов не предусматривается.

В процессе опытного опробования должны быть изучены общие закономерности движения фронта выщелачивающих и продуктивных растворов, а также количественно охарактеризованы следующие геотехнологические показатели:

1. Концентрация урана в продуктивных растворах.
2. Съем продуктивных растворов с единицы веса горнорудной массы в действующем объеме выщелачивания.
3. Кислотоемкость (реагентоемкость) руд и вмещающих пород.
4. Удельный расход реагента на добычу 1 кг урана в товарной продукции.
5. Коэффициент извлечения урана из недр.

На основании результатов геотехнологического опробования в сочетании с данными лабораторных исследований подготавливаются исходные данные для разработки ТЭДа о целесообразности проведения детальной разведки и постановки опытных работ по подземному выщелачиванию.

В случае недопустимо низких значений концентрации урана в продуктивных растворах и (или) степени извлечения его из недр, установленных в результате опытного геотехнологического опробования и выявления неустраняемых при применяемой технологии ПВ причин таких результатов (приуроченность оруденения к интервалам слабопроницаемых пород рудо-

вмещающего пласта и т.п.), соответствующие площади месторождения могут оцениваться отрицательно и без проведения технико-экономических расчетов.

Опытно-промышленные работы по ПВ проводятся на стадии детальной разведки месторождений с обязательной переработкой продуктивных растворов. На опытных участках оборуваются ячейки, фрагментарно воспроизводящие элементы технологических сетей скважин, применяемых в практике промышленной отработки месторождений: прямоугольные, шести- и восьмигранные. Межскважинные и междурядные расстояния, интервалы установки и длина фильтра определяются проектом опытно-промышленного участка на основании конкретных геолого-гидрогеологических параметров участка и условий проведения эксперимента.

Обязательной составной частью опытно-промышленных работ следует считать бурение контрольных скважин с целью уточнения извлечения урана из различных типов руд и определения фактических границ зоны активного выщелачивания. Бурение контрольных скважин должно производиться с отбором керна.

По результатам опытно-промышленных испытаний определяются значения всех основных геотехнологических параметров месторождения (или отдельных его частей), которые включаются в отчет с подсчетом запасов. Они являются важнейшим элементом комплекса исходных данных, обосновывающих проектирование промышленной разработки месторождения.

При проектировании конструкций опытных технологических скважин в случае наличия под рудным интервалом значительных по мощности (более 5-7 м) интервалов безрудных водопроницаемых пород необходимо предельно уменьшить заглубление забоев скважин в эти породы для максимально возможного сокращения вовлечения их в зону циркуляции растворов. С этой же целью в отстойниках обсадных колонн технологических скважин не должно быть открытых отверстий.

4. ПРЕДПРОЕКТНЫЕ СТАДИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ГИДРОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УРАНА, ПРИГОДНЫХ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СПОСОБОМ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ СКВАЖИНЫМИ СИСТЕМАМИ

Изучение и разведка гидрогенных месторождений урана, пригодных для разработки способом ПВ скважинными системами, осуществляется в последовательности согласно общему подразделению геологоразведочного процесса на стадии, изложенному в "Методических указаниях о проведении геологоразведочных работ по стадиям" (твердые полезные ископаемые) (М., ВИЭМС, 1984). Переход к каждой последующей, более детальной стадии изучения месторождения, осуществляется только после получения положительных результатов на предыдущей стадии и после соответствующих геолого-экономических обоснований.

Предпроектными стадиями геологоразведочных работ являются предварительная и детальная разведка месторождений.

Специфика добычи урана способом ПВ скважинными системами - растворение полезного компонента, содержащегося в руде в рудоносном пласте на месте его залегания, и откачка урансодержащего раствора через разгрузочные скважины на поверхность - предопределяет не только его преимущество перед традиционными горными способами добычи, но и особенности изучения и разведки месторождения на разных стадиях.

Уже на стадии поисково-оценочных работ на площади месторождения должны быть проведены исследования, в результате которых выявляется принципиальная возможность применения способа ПВ в естественных условиях залегания, а при положительном решении этого вопроса - должна быть дана оценка общих масштабов месторождения и получены исходные данные для составления ТЭС о целесообразности перехода к предварительной разведке.

Основное внимание при поисково-оценочных работах должно быть уделено изучению природных факторов, определяющих принципиальную возможность применения способа ПВ: проницаемости, вещественного состава руд и рудовмещающих пород и их обводненности. В связи с этим в дополнение к обычному комп-

лексу геологических исследований, проводимых на поисково-оценочной стадии, должны быть выполнены гидрогеологические и геотехнологические исследования.

Гидрогеологическими работами должны быть выяснены: обводненность продуктивного горизонта, характер проницаемости руд и рудовмещающих пород, преобладающие литолого-фильтрационные типы руд и пород и дана оценка их гидрогеологических параметров.

Геотехнологические исследования на стадии поисково-оценочных работ проводятся преимущественно в лабораторных условиях. В результате должны быть установлены основные закономерности выщелачивания урана из рудного зерна: извлеченные урана, изменения его концентрации в растворах, съема растворов, расхода реагентов, времени извлечения при применении реагентов различной концентрации.

В отдельных случаях при оценке рудопроявлений нового промышленного типа, не имеющего аналогов среди отработываемых (или разведанных) месторождений, на стадии поисково-оценочных работ может быть проведено опытное геотехнологическое опробование в полевых условиях.

Все скважины на поисково-оценочной стадии бурятся с подъемом зерна по всему разрезу. Бескерновое бурение допускается только после выяснения общих особенностей строения разреза, положения и условий залегания продуктивных горизонтов и только по интервалам разреза, перекрывающим или разделяющим рудовмещающие горизонты. По породам продуктивного горизонта во всех случаях бурение проводится только с подъемом зерна согласно общим требованиям к керновому материалу и его документации, изложенным в "Методическом руководстве по документации зерна скважин при поисках и разведке урановых месторождений, предназначенных для отработки способом ПВ" (Шмариович, 1983).

Итогом поисково-оценочной стадии работ является оценка прогнозных ресурсов категории P_1 всего месторождения, а по отдельным, наиболее изученным участкам - запасов категории C_2 .

В геологическом отчете о результатах поисково-оценоч-

ных работ должны быть приведены рекомендации по плотности разведочной сети и ее обоснование для последующей стадии разведки, а также рекомендации по выбору места для участка опытного геотехнологического опробования, которые используются наряду с геологическими материалами и геотехнологическими исходными данными для составления проекта работ на стадии предварительной разведки.

Выводы по результатам поисково-оценочных работ о целесообразности перехода к предварительной разведке месторождения или о его бесперспективности для разработки способом ПВ должны базироваться на соответствующих уровнях геотехнологических показателей, достигнутых при эксплуатации и опытно-промышленных работах на месторождениях аналогичного типа.

Целесообразность перехода к предварительной разведке должна обосновываться путем составления технико-экономических соображений (ТЭС) в соответствии с "Временной Инструкцией о порядке составления и рассмотрения технико-экономических соображений (ТЭС) о возможном промышленном значении месторождений твердых полезных ископаемых по результатам поисково-оценочных работ и целесообразности проведения предварительной разведки", утвержденной приказом Мингео СССР от 7.04.1982г., № 131.

ТЭС о целесообразности проведения предварительной разведки составляется проектной организацией промышленности на основе материалов геологического отчета с оценкой запасов и результатов геотехнологического изучения руд и вмещающих пород объекта. Решение о переходе к предварительной разведке на каждом конкретном объекте принимается Всесоюзным геологоразведочным объединением.

4.1. Предварительная разведка

4.1.1. Цели и задачи предварительной разведки, последовательность их решения

Предварительная разведка проводится на всех вновь выявленных месторождениях, получивших положительную оценку по результатам предшествующих поисково-оценочных работ на

основе сравнения геотехнологических показателей с аналогичными эксплуатируемыми месторождениями или на основе ТЭС, составленных по результатам поисково-оценочных работ.

Предварительная разведка проводится в объемах, необходимых для обоснованной оценки промышленного значения месторождения. При этом объектами оценки служат месторождения в целом или отдельные его участки.

Целью предварительной разведки является:

1) однозначное решение вопроса о наличии промышленного месторождения, пригодного для разработки его способом ПВ скважинными системами (при положительном результате предварительной разведки) или его отсутствии (при отрицательном результате),

2) оценка масштабов месторождения с подсчетом запасов по категориям C_2 и P_1 , среднего качества руд и основных геотехнологических показателей их выщелачивания в условиях естественного залегания.

Вопрос о целесообразности и очередности промышленного освоения месторождения способом ПВ решается путем составления по результатам предварительной разведки технико-экономического доклада (ТЭД).

В задачи предварительной разведки входит: -

- изучение особенностей строения, литолого-фациальных особенностей и эпигенетических изменений всей пачки рудовмещающих пород для выявления продуктивных толщ (горизонтов) и главных водсупоров;

- оконтуривание продуктивных толщ и важнейших продуктивных горизонтов и изучение их фильтрационных свойств с оценкой характеристик изменчивости геологоразведочных параметров;

- выборочная оценка условий залегания, морфологии и строения нескольких типичных урановорудных залежей на представительных участках в пределах продуктивных горизонтов;

- изучение химического, минерального и гранулометрического состава урановых руд с количественной оценкой содержания растворимых и нерастворимых минералов, карбонатов и органического вещества;

- определение основных геотехнологических показателей в условиях естественного залегания руд и сопоставление их с основными характеристиками рудоносности и гидрогеологических условий;

- обоснование и сбор исходных данных для расчета временных кондиций к подсчету запасов;

- подсчет запасов урановых руд и урана, попутных полезных ископаемых и компонентов, имеющих промышленное значение, в основном по категории C_2 , а в пределах участков детализационных и опытных работ - по категории C_1 . За контуром разведанной части месторождения в пределах развития благоприятных рудоконтролирующих обстановок в водопроницаемых горизонтах уточняется количественная оценка прогнозных ресурсов категории P_1 .

Предварительная разведка осуществляется, как правило, в две очереди. Работами первой очереди решается основной вопрос - подтверждение или опровержение выводов о наличии на принятой к разведке площади промышленного месторождения урана и оконтуривание всего месторождения в плане и на глубину для определения его общих масштабов. Решение этой задачи достигается разведкой по наиболее редкой сети буровых скважин ранее установленных прогнозных запасов или их части до категории C_2 .

Работами второй очереди осуществляются на выбранной по результатам первого периода предварительной разведки наиболее представительной части месторождения детальные исследования для установления основных показателей отработки изучаемых участков месторождения способом ПВ, перспективности дальнейшего его изучения. Это достигается в результате проведения геотехнологического опробования в натуральных условиях. На участках, разведанных более детально, оцененные на стадии поисково-оценочных работ запасы категории C_2 переводятся в категорию C_1 .

4.1.2. Плотность сети разведочных скважин

В стадию предварительной разведки профили буровых скважин задаются с расстоянием между ними 800-200 м на руд-

ных залежах месторождений I-го морфологического типа и 200-100 м на рудных залежах месторождений 2-го морфологического типа, а между скважинами в профилях - 100-50 м на рудных залежах месторождений I-го морфологического типа и 100-25 м на рудных залежах 2-го типа (см.табл. 2).

Детализация разведочных буровых работ проводится сгущением сети до 400-100x100-50 м на рудных залежах I-го морфологического типа и до 100-50x100-25 м - на залежах 2-го типа (см.табл. 2).

В случае затруднений в подборе разведываемому месторождению аналога среди рассмотренных в табл. I месторождений число разведочных пересечений, необходимых и достаточных для решения задач предварительной разведки, можно рассчитывать статистически, используя для этого значение наблюдаемого коэффициента вариации наиболее изменчивого параметра - метропроцента.

Для получения информации о деталях строения и морфологии рудных залежей, литологических особенностях продуктивного пласта, а также о распределении промышленных руд в разрезе, вдоль и поперек удлинения рудной залежи в пределах выбранных для детализации и опытного геотехнологического опробования участков рекомендуется бурение продольного и поперечного разрезов с расстоянием между соседними скважинами, соизмеримым с расстоянием между эксплуатационными скважинами.

4.1.3. Опробование керна буровых скважин и геолого-геофизические исследования в скважинах

Во всех разведочных, гидрогеологических и технологических скважинах проводится комплекс геофизических исследований. Перечень этих работ, задачи, решаемые с их помощью, и методические указания по их проведению изложены выше, в разделе 3.3.

Опробование керна рудных интервалов - основной метод контроля параметров уранового оруденения, определяемых гамма-каротажем и КНД, и пока единственный метод оценки радиологических особенностей урановых руд и опре-

деления параметров попутных полезных компонентов и вредных примесей.

Во избежание потери рудной минерализации в процессе бурения уже в начальный период разведки должна быть разработана такая технология бурения, которая гарантировала бы удовлетворительный выход керна и сохранность рудной минерализации.

Радиометрическому опробованию на уран подвергается керн, составляющий, как правило, не меньше 70% от мощности рудного интервала, определенной по гамма-каротажу.

Частыми спутниками урана на гидрогенных месторождениях, предназначенных для отработки способом ПВ, являются селен, рений и молибден. Поэтому вслед за радиометрическим опробованием осуществляется селенометрия и молибденометрия керна посредством полуколичественных экспресс-методов.

На основе геологической документации керна и с учетом результатов радиометрии, селенометрии и молибденометрии намечают интервалы секционных проб. При этом руководствуются следующими правилами:

а) в секцию включается однородная по составу и геохимической обстановке порода с близкими значениями радиоактивности,

б) при мощности рудного интервала меньше 1 м рекомендуемая длина секционной пробы 20–30 см, для рудных интервалов мощностью от 1 до 2 м – 30–50 см, а для рудных интервалов мощностью, превышающей 2 м, длина секционной пробы может быть увеличена до 1 м;

в) во всех случаях длина секций, характеризующих породу и руду у границ рудных интервалов, должна быть не более 20 см;

г) для определения содержаний урана и радия намечаются пробы в интервалах аномальной радиоактивности, установленных по гамма-каротажу, а также по две пробы в кровле и подошве каждого интервала,

д) для определения содержаний селена, рения и молибдена, опираясь на данные экспресс-анализов, намечаются пробы в интервалах с аномальными концентрациями этих элементов независимо от линейного выхода керна и по две

пробы в кровле и подошве этих интервалов;

е) во всех пробах рекомендуется проводить анализы на CO_2 .

Результаты опробования, обработки проб и анализов концентрируются в журнале опробования по установленной форме, который является сводным документом по опробованию керна на основные компоненты (U, Ra, Se, Re, Mo, CO_2).

Данные по радиометрии, селенометрии и молибденометрии керна, а также рассчитанные параметры рудных интервалов выносятся на колонку (паспорт) рудных интервалов, являющуюся обязательным приложением к геологической документации по скважине.

Объемная масса – необходимый параметр для подсчета запасов руд, а влажность – для введения поправки в данные гамма-каротажа. Исходным материалом для определения этих параметров служит керн разведочных скважин.

Гранулометрический состав, а также минеральный состав и тип цемента рудовмещающих пород определяют вариации значений объемной массы и влажности. Для достоверной оценки средних величин этих параметров каждого типа руд месторождения необходимо отобрать не менее 30–40 проб каждой литологической разновидности. В пробы отбирается керн с ненарушенной структурой, только что извлеченный из колонковой трубы.

Керн после очистки от шлама и бурового раствора обматывается марлей и парафинируется и в виде монолитов отправляется в специальную инженерно-геологическую лабораторию, где определяются водно-физические свойства руд и пород. Объемная масса определяется методами "режущего кольца" и парафинирования, а естественная влажность – по ГОСТ 5179–64. Результаты анализов группируются отдельно по водопроницаемым и водоупорным породам, для которых рассчитываются среднеарифметические значения объемной массы и влажности.

В общем при отборе и документации керна буровых скважин, а также интерпретации данных его изучения следует руководствоваться "Инструкцией по отбору, документации, обработке, хранению, сокращению и ликвидации керна скважин колонко-

вого разведочного бурения", утвержденной министром геологии СССР (1973) и "Методическим руководством по документации керн скважин при поисках и разведке урановых месторождений, предназначенных для отработки способом ПВ" (Шмариович, 1983), утвержденным заместителем начальника ВГО "Совгэологоразведка".

4.1.4. Гидрогеологические и инженерно-геологические исследования

Цели, задачи и методы гидрогеологических исследований на стадии предварительной разведки приведены выше, в табл. 3. Гидрогеологические скважины располагаются в зависимости от особенностей литолого-фильтрационного строения рудовмещающего пласта в разрезе либо в виде одиночных скважин, либо в виде опытных кустов.

При отношении мощности рудных интервалов (m) к эффективной мощности продуктивного водоносного горизонта (M), превышающем величину $\frac{1}{5}$, сравнительно небольшой величине эффективной мощности продуктивного водоносного горизонта ($M < 15$ м) и одном или двух близко расположенных (менее 10 м) интервалах оруденения применяются одиночные скважины, располагаемые по одной-две скважины на разведочных профилях, отстоящих друг от друга на 800-2400 м, в зависимости от общей длины и формы залежей.

При многоярусном оруденении с расстояниями по вертикали между рудными интервалами более 10 м, а также при отношении $\frac{m}{M} \leq \frac{1}{5}$ и мощности $M \geq 15$ м скважины оборудуются фильтрами на отдельные интервалы проницаемых пород (надрудный, рудный, подрудный и т.п.) и располагаются в виде кустов (в вершинах правильных многоугольников) с расстояниями между скважинами 10-20 м. Кусты скважин располагаются на разведочных профилях, отстоящих друг от друга на 1600-4800 м, в зависимости от длины и формы рудных залежей.

Продолжительность опытных откачек из одиночных скважин 3-5 суток, на кустах - по 5-10 суток из каждой скважины.

Гидрогеологические скважины бурятся с полным отбором керна по рудовмещающему горизонту, а также по верхнему

и нижнему водоупорам (до 5-10 м выше и ниже соответственной кровли и подошвы рудовмещающего горизонта). По отдельным скважинам (20-30% от общего количества) керн отбирается с ненарушенной структурой (в виде монолитов) - для инженерно-геологической характеристики разреза, фильтрационных и геотехнологических лабораторных испытаний.

Инженерно-геологическая характеристика разреза составляется по результатам наблюдений, проводимых при бурении гидрогеологических скважин, а также по данным изучения керна.

Районирование площади месторождения на участки, однородные по гидрогеологическим условиям, осуществляется по совокупности признаков, основными из которых являются:

1. Водопроницаемость продуктивного горизонта и рудных залежей.
2. Гидравлический режим рудовмещающего пласта (напорный, безнапорный).
3. Наличие и характер верхнего и нижнего водоупора.
4. Эффективная мощность, литологическое строение и общая водопроницаемость продуктивного пласта.
5. Величины дебитов скважин, оборудованных на рудные интервалы.
6. Глубина залегания естественного уровня подземных вод (в том числе наличие и контуры площадей с самоизливом).
7. Химический состав и направление движения подземных вод.

При этом почти все перечисленные признаки в достаточно высокой степени определенности могут устанавливаться во всех разведочных пересечениях по результатам электрокаротажа и КИД, интерпретация которого проводится с учетом данных опробования гидрогеологических скважин, принимаемых как эталонные.

4.1.5. Геотехнологические исследования

Геотехнологические исследования проводятся на участке опытного геотехнологического опробования согласно

проекту участка, который является дополнением (или составной частью) проекта предварительной разведки месторождения.

Задача геотехнологических исследований на стадии предварительной разведки месторождений - определение геотехнологических параметров рудовмещающего пласта в условиях естественного залегания на характерных участках месторождения (см. табл. 4).

Параметры определяются в результате проведения опытного геотехнологического опробования без технологического передела продуктивных растворов. Такое опробование проводится по схеме с минимальным количеством рабочих скважин (откачных и закачных), позволяющей определить объем руд и пород, подвергнутых воздействию выщелачивающего реагента, и произвести соответствующие расчеты получаемых показателей.

Наиболее простая схема такого опробования - двухскважинная схема (схема ВИМС) с гидродинамической изоляцией опробуемой площади в плане за счет дебаланса откачки и закачки ($Q_0 = \lambda \cdot Q_n$, где Q_0 - дебит откачной скважины, Q_n - дебит закачной (нагнетательной) скважины, λ - коэффициент дебаланса, величиной которого задаются в пределах 4-7). Расстояние между рабочими скважинами должно быть не меньше длины их фильтров, т.е. в пределах 5-15 м.

Перед проведением опытного геотехнологического опробования осуществляется предварительное геотехнологическое районирование месторождения. В основу его принимается гидрогеологическое районирование, сочетание в разрезе выделенных литолого-фильтрационных типов руд, а также изменение величины комплексного показателя $\frac{m \cdot c}{M}$ (где M - эффективная мощность продуктивного водоносного горизонта, причем при $M > 15$ м в расчет принимается величина $M = 15$ м, $m \cdot c$ - линейный запас металла в прорабатываемом растворами (действующем) интервале).

Выбор участков для проведения опытного геотехнологического опробования осуществляется в зависимости от типа рудных залежей разведываемого месторождения и предварительной качественной оценки его геотехнологических условий. При этом крайними являются следующие два сочетания:

1) рудные залежи месторождений I-го морфологического типа с весьма благоприятной оценкой геотехнологических условий,

2) рудные залежи месторождений 2-го морфологического типа с сомнительным положительным исходом опытного геотехнологического опробования.

В первом случае опытное геотехнологическое опробование проводится в средних (по комплексу показателей) или даже в "околообортовых" (по комплексному показателю $\frac{m \cdot c}{M}$) условиях. На крупных месторождениях рекомендуется провести оба указанных опыта.

Во втором случае опыт проводится в наиболее благоприятных условиях с тем, чтобы при получении отрицательных результатов как можно раньше с убедительным обоснованием прекратить разведочные работы на неперспективном объекте.

При промежуточных между двумя указанными выше крайними сочетаниями условий, вопрос о выборе участка должен решаться индивидуально на основе учета всего комплекса природных факторов, определяющих на данном объекте показатели обработки его способом ПВ.

По результатам опытного геотехнологического опробования определяются геотехнологические параметры участка, а сопоставление характеристик основных природных факторов участка с их изменением по площади месторождения позволяет экстраполировать изменения по площади и геотехнологических параметров. Особое значение имеет при этом обоснование кондиционных лимитов комплексного показателя $\frac{m \cdot c}{M}$ по зависящим от него величинам концентрации металла в растворах и удельных затрат растворителя. Принципы первоначальной качественной оценки месторождения по результатам опытного геотехнологического опробования приведены выше, в разделе 3.

4.1.6. Охрана внешней среды

Поскольку опытное геотехнологическое опробование проводится без технологического передела растворов, для

беспечения охраны внешней среды предусматривается организованный и безопасный сброс откачиваемых растворов в процессе опыта. Наиболее радикальным решением этого вопроса является сброс растворов в поглощающие скважины, оборудованные непосредственно на опробуемый рудовмещающий горизонт на расстоянии не менее 200 м от опытного участка вниз по направлению естественного подземного потока, но в пределах рудной залежи.

Допустим также сброс растворов через поглощающие фильтры или скважины в сухие в естественном состоянии проницаемые породы, изолированные от залегающих ниже водоносных горизонтов надежными (мощностью более 5 м) выдержанными водупорами. Наиболее часто таковыми являются залегающие в пустынных районах с поверхности золотые пески.

В случае работы с карбонатными растворителями, когда растворы из опасных компонентов содержат не только уран, но и радий, а также другие естественные радионуклиды, сброс растворов производится в более глубокие водоносные горизонты, которые не используются в хозяйственно-питьевом водоснабжении.

4.1.7. Основные результаты предварительной разведки

По совокупности данных, полученных в результате предварительной разведки, обосновываются временные кондиции к подсчету запасов. Состав временных кондиций и значения их показателей обосновываются в ТЭДе о целесообразности проведения детальной разведки месторождения в соответствии с "Положением о порядке составления и рассмотрения технико-экономических докладов о целесообразности промышленного освоения вновь открытых месторождений полезных ископаемых и принятия по ним решений о переходе от предварительной к детальной разведке", утвержденным заместителем председателя Госплана СССР 17 мая 1960г.

Для составления ТЭДа проектной организации выдаются необходимые исходные геологические, гидрогеологические и геотехнологические данные согласно действующему перечню и названному выше положению.

По результатам предварительной разведки балансовые запасы подсчитываются только в проницаемых рудах.

Подсчет забалансовых запасов производится статистически в непроницаемых рудах (коэффициент фильтрации меньше 0,1 м/сутки) независимо от содержания в них урана. К забалансовым следует относить также руды в проницаемых породах, запасы которых подсчитаны по специально обоснованным в Таде кондициям для забалансовых руд, а также запасы руд, содержащие вредные примеси в количествах, превышающих установленные кондициями для балансовых руд.

Подсчет балансовых запасов производится способом вертикальных разрезов или геологических блоков. Запасы подсчитываются в контурах выделенных рудных залежей. По степени разведанности запасы квалифицируются по категории C_2 , а в пределах участков детализации - по категории C_1 .

На основании материалов предварительной разведки месторождения составляется отчет и технико-экономический доклад (ТЭД), который должен содержать расчеты, обосновывающие промышленную оценку, целесообразность и очередность промышленного освоения месторождения способом ПВ скважинными системами. При этом для смежных площадей, не подвергшихся еще предварительной разведке, уточняется количество прогнозных запасов урана, которое может быть учтено при промышленной оценке месторождения в целом.

4.2. Детальная разведка

4.2.1. Цели, исходные данные и задачи детальной разведки

Детальная разведка проводится только на месторождениях, получивших положительную оценку по результатам предварительной разведки и рекомендованных по данным ТЭД для первоочередного промышленного освоения.

Основной целью детальной разведки является получение достоверных исходных данных для проектирования предприятия по разработке месторождения способом ПВ скважинными системами.

В задачи детальной разведки входит:

- изучение особенностей строения, литолого-фациальных особенностей и эпигенетических изменений продуктивных пластов, включающих урановорудные залежи;
 - выявление условий залегания и фильтрационных свойств продуктивных пластов и пропластков, с оконтуриванием ограничивающих их локальных водоупоров и зон циркуляции растворов, а выборочно - изучение деталей строения этих зон;
 - детальное изучение вещественного и гранулометрического состава руд для разделения их по геотехнологическим типам и сортам, районирования площади месторождения на геологически и технологически однородные блоки (с учетом взаимоотношения выделенных литолого-фильтрационных типов руд);
 - детальное изучение гидрогеологических и инженерно-геологических условий эксплуатации месторождения способом ПВ скважинными системами;
 - уточнение главных и выявление второстепенных факторов, определяющих выбор систем и технических средств для ПВ урана из руд в условиях естественного залегания;
 - определение основных геотехнологических параметров извлечения урана из недр и показателей технологического передела продуктивных растворов;
 - выявление и разведка источников питьевого и технического водоснабжения, местных строительных материалов, строительных площадок и др.;
 - получение исходных данных для обоснования и расчета кондиций к подсчету запасов, оценка коэффициентов извлечения урана и соответствующих им расходов растворителя;
 - подсчет запасов по категории C_1 и C_2 по отдельным залежам и участкам детализационных работ;
 - выявление местоположения площадей с отсутствием рудных залежей, где могут быть размещены объекты производственного и жилищно-гражданского назначения.
- Размеры участка для детальной разведки определяются в зависимости от производительности предполагаемого добыч-

ного предприятия, имея в виду обеспечение его запасами урана на нормативный срок деятельности. Перевод остальных запасов категории C_2 в категорию C_1 должен осуществляться в ходе эксплуатации месторождения на стадии разведки эксплуатируемого месторождения в пределах горного отвода.

4.2.2. Плотность сети разведочных скважин

Для решения задач детальной разведки на участках детализации сеть буровых скважин спускается в соответствии с приведенными в табл. 2 параметрами разведочных сетей, рекомендуемых для разведки запасов категории C_1 .

Приведенные параметры разведочных сетей в каждом конкретном случае должны корректироваться в зависимости от размеров и особенностей формы рудных залежей, а также от степени изменчивости их параметров (мощности, содержания, метропроцента). На участках, намечаемых для проведения опытных и опытно-промышленных геотехнологических исследований, разведочные сети по своим параметрам должны приближаться к будущим эксплуатационным сетям.

4.2.3. Опробование керна буровых скважин и геолого-геофизические исследования в скважинах

Опробование керна буровых скважин проводится с целью контроля параметров уранового оруденения, определяемых гамма-каротажем и КНД, оценки радиологических особенностей урановых руд и определения параметров попутных полезных компонентов и вредных примесей, изучения фильтрационных и водно-физических свойств пород и руд и проведения лабораторных геотехнологических исследований. Методика опробования керна изложена выше, в разделе 4.1.3.

Во всех разведочных, гидрогеологических и технологических скважинах проводится комплекс геолого-геофизических исследований. Перечень этих работ, задачи, решаемые с их помощью, и методические указания по их проведению изложены выше, в разделе 3.3.

4.2.4. Гидрогеологические и инженерно-геологические исследования

Детальное изучение гидрогеологических условий на участках опытно-промышленных геотехнологических исследований (см. табл. 3) включает в себя:

- определение основных гидрогеологических параметров продуктивного и смежного с ним водоносных горизонтов,
- изучение литолого-фильтрационного строения рудовмещающего пласта как в плане, так и в разрезе;
- подготовка и освоение всех скважин участка к опытно-промышленным геотехнологическим исследованиям;
- определение приемистости и производительности скважин после их освоения;
- изучение гидравлической связи рудовмещающего водоносного горизонта с выше- и нижележащими горизонтами;
- определение границ распространения рабочих растворов в пласте в разрезе и по площади в процессе опытно-промышленных исследований;
- оценка возможных техногенных изменений фильтрационных свойств пород продуктивного пласта в процессе подземного выщелачивания;
- изучение химического состава подземных вод продуктивного и смежных с ним водоносных горизонтов.

Решение указанных задач достигается в результате:

- включения в схему опытно-промышленного участка, помимо необходимого числа рабочих (технологических) скважин, - определенного количества наблюдательных скважин на продуктивный и соседние с ним по разрезу водоносные горизонты;
- проведения пробных откачек из рабочих откачных скважин и нагнетаний в закачные скважины перед геотехнологическим опытом;

- наблюдения за положением уровней и химическим составом вод во всех наблюдательных скважинах продуктивного и смежного с ним водоносных горизонтах при геотехнологическом опыте;

- проведения отдельных пробных откачек в процессе геотехнологического опыта (при остановках) или после его окончания.

4.2.5. Геотехнологические исследования

Выполнение задач геотехнологических исследований на стадии детальной разведки (см. табл. 4) осуществляется в основном в результате опытно-промышленных испытаний, проводимых на полигонах, являющихся фрагментами будущей сети эксплуатационных скважин и близких к ней по параметрам (схеме расположения и расстояния между скважинами), на наиболее представительных по комплексу природных факторов участках.

Выбор участков для опытных полигонов осуществляется в зависимости от особенностей строения месторождения, технико-экономической конъюнктуры и других факторов. Наиболее целесообразно (с точки зрения надежности получаемых исходных геотехнологических параметров) помещать такие участки в "средние" условия по комплексу определяющих для данного месторождения природных факторов.

Опытно-промышленные испытания проводятся согласно проекту опытно-промышленного участка, который составляется проектной организацией на основе результатов предварительной разведки и является дополнением к проекту детальной разведки.

В процессе проведения опытно-промышленных исследований фиксируют: количество поданного в недра и извлеченного в составе продуктивных растворов растворителя, количество извлеченного из недр, а затем из продуктивных растворов металла, состав и объем подаваемых в пласт рабочих и извлекаемых продуктивных растворов, уровни в рабочих и наблюдательных скважинах.

Особое значение для надежности определения геотехнологических параметров, в расчет которых входит объем подвергнутой обработке горнорудной массы, имеет установление границ циркуляции растворов в плане и в разрезе.

Для надежного установления контуров циркуляции в плане требуется достаточное количество наблюдательных скважин, располагаемых за контуром закачных скважин. Они должны располагаться в двух-трех профилях по характерным направлениям фильтрационного потока, который в таких случаях практически всегда имеет симметричный характер. В зависимости от расстояния между технологическими скважинами величина шага в наблюдательных профилях может варьировать от 5 до 20 м. Количество наблюдательных скважин на каждом профиле 3-4 скважины.

Фактический интервал циркуляции растворов в разрезе определяется в процессе опыта - на основе данных индукционного каротажа наблюдательных скважин, находящихся в пределах контура опробования, а после окончания выщелачивания металла - по данным индукционного каротажа и геологического опробования контрольных скважин, которые специально проходятся в контуре выщелачивания. Одновременно эти скважины позволяют фиксировать извлечение металла по разрезу в отдельных точках полигона.

Контроль за динамикой выщелачивания и величиной конечного значения извлечения металла из недр в отдельных точках полигона осуществляется также путем периодического проведения каротажа КНД в наблюдательных скважинах в процессе опыта и после его завершения.

По результатам опытно-промышленных геотехнологических исследований определяются геотехнологические показатели месторождения, основной перечень которых приведен выше, в разделе I.

4.2.6. Подсчет запасов

По результатам детальной разведки устанавливаются условия для подсчета запасов в соответствии с "Инструкцией о содержании, оформлении и порядке представления ТЭО конди-

ций на минеральное сырье", утвержденной Председателем ГКЗ СССР (1983), с учетом специфики разработки месторождения способом ПВ. Перечень показателей кондиций, необходимых для правильного и полного учета всех запасов месторождения, установленный на основе опыта применения его при ТЭО и расчетах постоянных кондиций для месторождений, намечаемых к разработке способом ПВ, приведен в приложении I.

Подсчет запасов выполняется способом вертикальных разрезов или геологических блоков, раздельно по каждому геотехнологическому типу руд. Подсчитанные запасы категории C_1 служат базой для проектирования и строительства предприятий по добыче урана способом ПВ.

Независимо от группы месторождения по размерам и сложности строения выявление запасов категорий А и В не производится.

К категории C_2 относятся запасы, разведанные редкой сетью буровых скважин или экстраполированные по геологическим изображениям за пределы участков, разведанных по категории C_1 .

Выделение балансовых и забалансовых запасов осуществляется на основе кондиций, устанавливаемых технико-экономическими расчетами в каждом конкретном случае.

Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в соответствии с "Требованиями к комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов" (1982г.).

Подсчет запасов оформляется в соответствии с "Инструкцией о содержании, оформлении и порядке представления в ГКЗ СССР и ТКЗ Министерства геологии СССР материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых" (ГКЗ СССР).

По результатам детальной разведки проектным институтом проводится геолого-промышленная оценка месторождения и проектирование его разработки способом подземного выщелачивания.

Действующий в настоящее время перечень исходных данных для геолого-промышленной оценки месторождения и проек-

тирования его разработки способом подземного выщелачивания приведен в приложении 2. Однако этот перечень, по мнению ряда специалистов отрасли, нуждается в корректировке с учетом фактических материалов, полученных на объектах ПВ за период, истекший со времени его утверждения.

Литература

1. Альтгаузен М.Н. Геология экзогенных рудных месторождений урана СССР. М., ВИМС, 1965, т. I-IV, 576 с., 690 с., 44 л., 149л.
2. Анализ и систематизация данных по гидрогенным месторождениям СССР с целью оценки условий применения и эффективности подземного выщелачивания урана (скважинным способом). Отчет по теме 619-Сз "Сравнительный анализ и геолого-промышленная систематизация гидрогенных месторождений с целью оценки пригодности их для отработки способом подземного выщелачивания". М., предприятие п/я А-1997, 1980, 104с. Авт.: Евсеева Л.С., Портнова Ф.К., Иванова В.М. и др.
3. Антропов П.Я. Перспективы поисков промышленных месторождений урана в депрессионных зонах земной коры. - Изв. АН Арм. ССР. Науки о Земле, т.22, № 6, 1969, с.37-43.
4. Антропов П.Я. Гидрогенные месторождения урана в депрессионных зонах земной коры. - В сб. КНТС Материалы по геологии урановых месторождений. М., ВИМС, вып.47, 1977, с.4-25.
5. Аренс В.Ж. Геотехнологические методы добычи полезных ископаемых. М., Недра, 1975, 260с.
6. Аренс В.Ж., Гайдин А.М. Геолого-гидрогеологические основы геотехнологических методов добычи полезных ископаемых. М., Недра, 1978, 216с.
7. Барышев Н.В. Некоторые замечания к вопросу об определении густоты опробования. М., Разведка недр, 1937, № 4, с.49-53.
8. Бахуров В.Г., Вечеркин С.Г., Луценко И.К. Подземное выщелачивание урановых руд. М., Атомиздат, 1969, 142с.
9. Бирюков В.И., Королев Б.Н., Петров В.А. Определение оптимальной сети предварительной разведки пластообразных месторождений. М., Недра, 1972, 96с.
10. Большов М.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. М., Наука, 1965, 464с.
11. Бондаренко В.Н. Статистические решения некоторых задач геологии. М., Недра, 1970, 241с.
12. Вентцель Е.С., Теория вероятностей. М., Наука, 1969, 366с.
13. Волохова Е.П., Бровин К.Г., Дьяконов В.Г. Отчет по разведочным работам 1970 г. на месторождении Лявлякан. Ташкент, 1972, кн.2, 105с.
14. Вопросы методики изучения и оценки геотехнологических условий месторождений при разведке их для подземного выщелачивания. Отчет о НИР по теме № 9-76 "Усовершенствование методики разведки и подсчета запасов урановых месторождений" разделу 2 "Разработка методики разведки, подсчета запасов и геотехнологического опробования гидрогенных урановых месторождений, предназначенных для отработки методом подземного выщелачивания". М., ВИМС, 1979, т.2, 97с. Авт.: Грабовников В.А., Рогожина М.А., Белова Л.Л. и др.
15. Временные требования к изученности месторождений урана для подземного выщелачивания. М., п.п. п/я М-5703, 1970, 35с. Авт.: Новик-Качан В.П., Губкин Н.В., Николаев П.В., Культин Д.В.
16. Выбор сетей для разведки пластообразных залежей урановых руд и точность оценки подсчетных параметров на примере Ольховской рудной залежи. М., ВИМС, 1976, II7 с. Авт.: Тарасов Н.Ш.

- Рябев В.Л., Петров В.А. и др.
17. Гайдин А.М. Особенности разведки месторождений при обработке их геотехнологическими методами. - Разведка и охрана недр, 1974, № 7, с.32-36.
 18. Геологическое строение, гидрогеология и металлоносность мезо-кайнозойских отложений Центральной части Чу-Сарысуйской депрессии. Л., 1977, т.1, 402с. Авт.: Грушевой Г.В., Rogozin И.Д., Оношко И.С. и др.
 19. Гидрогенные месторождения урана. М., Атомиздат, 1980, 256 с. Авт.: Батулин С.Г., Грушевой Г.В., Зеленова О.И. и др.
 20. ГОСТ 2874-73. Вода питьевая.
 21. Грабовников В.А. Геотехнологические исследования при разведке металлов. М., Недра, 1983, 120с.
 22. Грабовников В.А. Способ исследования геотехнологических свойств водоносных рудовмещающих пластов. Авторское свидетельство №735752. Бюллетень изобретений, 1980, № 19.
 23. Грабовников В.А., Рослякова И.Ю., Ялунский Ю.В. Характерные различия геотехнологических свойств урановых руд гидрогенных месторождений Кызылкумской и Сырдарьинской провинций и их связь с особенностями минерального состава руд. - В сб. КНТС Материалы по геологии урановых месторождений. М., ВИМС, вып.83, 1984, с.128-136.
 24. Грабовников В.А., Рослякова И.Ю. Геотехнологические условия месторождения урана Кызылколь и результаты натуральных испытаний двухскважинного способа опытного геотехнологического опробования. М., ВИМС, 1978, 92с.
 25. Грабовников В.А., Дейнега С.А., Петров В.А. Разведочная группировка урановых месторождений, предназначенных для отработки способом подземного выщелачивания. - В сб.КНТС Материалы по геологии урановых месторождений,

- М., ВИМС, вып.69, 1981, с.162-169.
26. Грабовников В.А., Дейнега С.А. Отчет о НИР по теме № 46-79 (разделу I) "Составление методических указаний по предварительной и детальной разведке и методам геотехнологических работ на гидрогенных месторождениях урана, предназначенных для отработки способом подземного выщелачивания". М., ВИМС, 1981, 104с.
 27. Группировка месторождений по условиям применимости подземного выщелачивания и результаты геологических исследований на действующих участках месторождения Букиной. Отчет по теме 27-II-6. М., п.п. п/я А-1997, 1972, 202с. Авт.:Петров Р.П., Миронов Б.А., Евсева Л.С. и др.
 28. Дахнов В.Н. Геофизические методы исследования горных пород в скважинах. - В кн.: Справочное руководство по петрографии осадочных пород. Т.1, М., Недра, 1958, 486с.
 29. Дахнов В.Н. Промысловая геофизика. М., Гостоптехиздат, 1959, 692с.
 30. Дахнов В.Н. Электрические и магнитные методы исследования скважин. М., Недра, 1967, 390с.
 31. Дахнов В.Н. Интерпретация результатов геофизических исследований разрезов скважин. М., Недра, 1972, 366с.
 32. Добыча урана методом подземного выщелачивания. М., Атомиздат, 1980 248с. Авт.: Мамилев В.А., Петров Р.П., Шушания Г.Р., Баташов Б.Г. и др.
 33. Дополнение к Инструкции по грамма-каротажу при поисках и разведке урановых месторождений (выпуска 1974г.). Л., НПО Рудгеофизика, 1981, 68с. Авт.: Семенов В.Н., Серых А.С., Татарников А.А. и др.
 34. Инструкция по гамма-каротажу при поисках и разведке урановых месторождений. М., Мингео СССР,

- 1974, 108с., Авт.: Овчинников А.К., Иващенко Т.Ф., Хайкович И.М. и др.
35. Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям урановых руд (проект). М., ВИМС, 1984, 81с.
 36. Инструкция по отбору, документации, обработке, хранению, сокращению и ликвидации керна скважин колонкового разведочного бурения. М., Мингео СССР, 1973, 24с.
 37. Инструкция о содержании, оформлении и порядке представления в Государственную комиссию по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР (ГКЗ СССР) и территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых (ТКЗ) Министерства геологии СССР материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых. М., 1983, 46 с.
 38. Инструкция о содержании, оформлении и порядке представления ТЭО кондиций на минеральное сырье. М., 1983, 37с.
 39. Использование экспертно-статистических методов для прогнозной оценки эффективности применения способа ПВ на гидрогенных месторождениях урана. - В сб. КНТС Материалы по геологии урановых месторождений. М., ВИМС, вып.80, 1983, с.163-170. Авт.: Портнов Ф.К., Евсева Л.С., Максурова О.Н. и др.
 40. Каждан А.В. Основы разведки месторождений редких и радиоактивных металлов. М., Высшая школа, 1966, 279с.
 41. Каждан А.В. Методологические основы разведки полезных ископаемых. М., Недра, 1974, 272с.
 42. Каждан А.В. Прогнозирование, поиски и разведка месторождений урана. М., Энергоатомиздат, 1983, 232с.
 43. Калабин А.И. Добыча полезных ископаемых подземным вы-
 - щелачиванием и другими геотехнологическими методами. М., Атомиздат, 1981, 304с.
 44. Каллистов П.Л. Изменчивость оруденения и плотность наблюдений при разведке и опробовании. - Советская геология, 1956, сб.53, с.118-151.
 45. Карлье Э. Методика количественной оценки месторождений урана. М., Атомиздат, 1966, 352с.
 46. Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. М., ВИЭМС, ОПЛОП, 1982, 14с.
 47. Крейтер В.М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М., Госгеолтехиздат, 1961, ч.2, 390с.
 48. Культин Д.В. Временные требования к составу основных геотехнологических исходных данных и обоснованию их объема и качества для различных стадий проектирования на месторождениях пластового типа. М., 1978, 20с.
 49. Ласковенков А., Есаулов В., Смирнов Л. Сводный отчет по детальным геологоразведочным работам, выполненным Мальшевским рудоуправлением в 1970-1972гг. на Пионерской залежи Санарского месторождения урана. Асбест, 1973, т.1, 216с.
 50. Лунев Л.И., Рудаков И.Е. Бесшахтные системы выщелачивания металлов. М., Цветметинформация, 1974, 57с.
 51. Лунев Л.И., Грабовников В.А., Толкунов Б.Л., Инженерные расчеты подземного выщелачивания металлов. М., МГРИ, 1977, 98с.
 52. Методические рекомендации по измерению методами каротажа технологических свойств горных пород и руд. Л., НПО Рудгеофизика, 1980, 60с., Авт.: Кириллов П.И., Кулак А.Е., Маслов В.Н. и др.
 53. Методические рекомендации для проведения каротажа по мгновенным нейтронам деления с аппаратурой

ТСКУ 91 ("Импульс"). М., Мингео СССР, 1980, 90с. Авт.: Ганичев Г.И., Макаров Н.А., Подпояскин В.А. и др.

54. Методические указания о проведении геологоразведочных работ по стадиям (твердые полезные ископаемые). М., ВИЭМС, 1984, 22с.
55. Методическое руководство по документации керна скважин при поисках и разведке урановых месторождений, предназначенных для отработки способом, ПВ. М., ВИМС, 1983, 44л. Авт.: Шмариович Е.М., при участии: Бровина К.Г., Грабовникова В.А., Иванова Д.Н., Казаринова В.В. и др.
56. Методы исследований при подземном выщелачивании руд. М., МГРИ, 1981, 110с. Авт.: Белецкий В.И., Давыдова Л.Г., Кочетков В.И., Луценко И.К., Носов В.Д., Петров Г.И.
57. Обоснование временных требований к изученности месторождений урана для подземного выщелачивания (отчет по теме № 140). М., п.п. п/я М-5703, 1970, с.142. Авт.: Новик-Качан В.П., Губкин Н.В., Николаев П.В., Культин Ю.В.
58. Об утверждении "Подразделения геологоразведочного процесса на стадии (твердые полезные ископаемые)" и "Методических указаний о проведении геологоразведочных работ по стадиям (твердые полезные ископаемые)". Приказ Министерства геологии СССР от 15 декабря 1975г., № 690, 1с.
59. Опыт изучения геотехнологических условий глубоко залегающих месторождений урана гидрогенного типа (на примере месторождения Карамурун). В сб. КНТС Материалы по геологии урановых месторождений. М., ВИМС, вып.63, 1980, с.109-123. Авт.: Бровин К.Г., Венатовский И.В. Муромцев Н.Н. и др.

60. Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующей излучений. ОСП-72. М., Атомиздат, 1963, 55с.
61. Отчет о поисково-разведочных работах на Девладовском месторождении за 1955-1956 гг. Киев, 1957. Авт.: Гречишников Н.П., Гречишникова З.М., Грекулова Л.А. и др.
62. Отчет по поисково-разведочным работам Букинайской партии на месторождении Бешкак в 1971-1972гг. Ташкент, 1972. кн.1,2. 101с, 82с., Авт.: Загоскин В.А., Кириллов П.И., Титов Н.Г., Венатовский И.В.
63. Отчет о поисково-разведочных работах на месторождении Южный Букинай за 1961-63 гг. и 1971-73гг. с подсчетом запасов урана по состоянию на 1 апреля 1973г. Ташкент, 1973, кн.1, 168с. Авт.: Казаринов В.В., Пояркова М.Э., Тараборин Г.В. и др.
64. Отчет по поисково-разведочным работам на месторождении Южный Букинай за 1961-1963гг. и 1971-1973гг. с подсчетом запасов урана по состоянию на 1 апреля 1973г. Ташкент, 1973, кн.2, 182с. Авт.: Бровин К.Г., Волохова Е.П., Дьяконов В.Г. и др.
65. Отчет по детальной разведке Канжуганского уранового месторождения за период 1975-1977гг. Алма-Ата, 1978, т.1, П. Авт.: Аубакиров Х.Б., Кулак А.Е., Григорьев В.Н. и др.
66. Отчет о геологоразведочных работах на Карамурунском рудном поле за период 1973-1981гг. с подсчетом запасов урана и селена месторождения Северный Карамурун по состоянию на 1 апреля 1981 года. Ташкент, 1982, кн.1, 223 с. Авт.: Шитов В.Л., Лугинин П.А., Орбов Г.В. и др.; кн.3, 178с. Авт.: Торопов И.В., Маслов В.Н., Уварова А.И.; кн.4,

- 356с. Авт.: Венатовский И.В., Бровин К.Г., Кестен Е.А., Воробьева В.Е.
67. Отчет экспедиции № 5 о результатах II этапа детальной разведки Канжуганского уранового месторождения, расположенного в Чимкентской области Казахской ССР, за период 1977-1982гг. с подсчетом запасов урана по состоянию на 01.07.1982г. Алма-Ата, 1982, т.1, 145с., кн.1 к т.1, текстовые приложения, 193с. Авт.: Аубакиров Х.Б., Пятилетов В.В., Нестеров Г.П. и др.
68. Перельман А.И. Геохимия эпигенетических процессов. М., Недра, 1968, 332с.
69. Петров В.А. Метод разрежения разведочной сети - основной метод исследования при решении наиболее важных вопросов методики разведки и подсчета запасов полезных ископаемых. - Советская геология, 1972, № 5, с.122-125.
70. Петров В.А. О путях сокращения затрат на разведку урановых месторождений для подземного выщелачивания. - В сб. КНТС Материалы по геологии урановых месторождений. М., ВИМС, вып.69, 1981, с.170-172.
71. Положение о порядке составления и рассмотрения технико-экономических докладов о целесообразности промышленного освоения вновь открытых месторождений полезных ископаемых и принятия по ним решений о переходе от предварительной к детальной разведке. - В бр. Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям урановых руд. М., Госгеолтехиздат, 1963, с.30-32.
72. Портнов Ф.К., Евсеева Л.С. Группировка месторождений в осадочных породах по геолого-гидрогеологическим признакам, определяющим условия и эффективность добычи урана способом подземного выщелачивания. - В сб. КНТС Материалы по геологии урановых месторождений. М., ВИМС, вып.80, 1983, с.128-133.
73. Пухальский Л.Ч., Шумилин М.В. Разведка и опробование урановых месторождений. М., Недра, 1977, 248с.
74. Результаты опытно-промышленных работ и основные направления способа подземного выщелачивания урана на месторождениях Северный и Южный Букинай (сводный отчет по работам за 1968 - 1.07.1975гг.). Чкаловск, 1976, кн.1,2, 327с., 292с. Авт.: Новосельцев В.В., Ломовский В.С., Иванов В.К. и др.
75. Результаты исследований практической возможности отработки разведкуемых гидрогенных месторождений урана подземным выщелачиванием карбонатными рабочими растворами. М., ВИМС, 1981, III с. Авт.: Грабовников В.А., Медведев Ю.Л., Рослякова И.Б. и др.
76. Сводный отчет о подземном выщелачивании металла из айтымских залежей месторождения Учкудук за 1968-1972гг. Учкудук-Навои, 1973, 188с. Авт. Редькин Е.М., Асылгулов Ш.А., Брехт И.А. и др.
77. Свойства погрешностей определения подсчетных параметров и выбор сетей для разведки месторождений, обрабатываемых способом подземного выщелачивания. Отчет о НИР по теме № 9-76 "Усовершенствование методики разведки и подсчета запасов урановых месторождений" раздел 2 "Разработка методики разведки, подсчета запасов и геотехнологического опробования гидрогенных урановых месторождений, предназначенных для отработки методом подземного выщелачивания". М., ВИМС, 1979, т.1, 206с. Авт.: Дейнега С.А., Белова Л.Л., Грабовников В.А., Петров В.А. и др.
78. Смирнов В.И. О выборе плотности сети. - В сб. Материалы

- лы по методике разведки полезных ископаемых. М., Госгеолтехиздат, 1962, с.178-187.
79. Суражский Д.Я., Новик-Качан В.П. Требования к материалам разведки и подсчета запасов пластовых месторождений урана в водоносных горизонтах осадочных пород, эксплуатируемых способом подземного выщелачивания. М. Фонды ШГУ, 1972, 40с.
80. Техническая инструкция по проведению геофизических исследований в скважинах. М., Недра, 1963, 297с. Авт.: Комаров С.Г., Петросян Л.Г., Перьков Н.А. и др.
81. Требования к комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов. М., 1982, 20с.
82. Шмариович Е.М., Каширцева М.Ф., Головин Е.А. Учкудукское месторождение. М., ВИМС, 1961, 77с.
83. Шмариович Е.М., Лисицын А.К. Проблемы эпигенетического уранового рудообразования в породах осадочного чехла. В кн. - Условия образования месторождений редких и цветных металлов. М., Наука, 1982, с.7-18.

Приложение I

Перечень показателей кондиций, необходимых для правильного и полного учета всех запасов

Для правильного и полного учета всех запасов месторождения используются три группы показателей кондиций: к оконтуриванию рудных залежей, к геотехнологическим свойствам руд, к горно-геологическим условиям отработки.

Кондиции к оконтуриванию рудных залежей:

- бортовое содержание урана в пробе для оконтуривания рудных интервалов по мощности (независимо от характера распределения оруденения в продуктивном горизонте).

При закономерном характере распределения оруденения в продуктивных горизонтах значительной мощности (более 10 м) применяются следующие показатели кондиций:

- максимальная мощность проницаемого прослоя пустых пород, включаемых в рудное пересечение и участвующих в расчете среднего содержания и мощности по пересечению;

- минимальный линейный запас (метрпроцент) по рудному пересечению;

- максимальная мощность проницаемого прослоя пустых пород между соседними рудными интервалами по скважине, включаемых в подсчетный блок;

- минимальный линейный запас по пересечению рудной залежи скважиной для оконтуривания по площади;

- минимальный промышленный линейный запас по блоку.

При незакономерном характере распределения оруденения:

- минимальное приведенное содержание по пересечению рудной залежи скважиной для оконтуривания по площади;

- минимальное приведенное содержание урана по блоку;

- минимально допустимый коэффициент рудоносности по блоку (для сложных месторождений с прерывистым распределением оруденения в плане).

Кондиции к геотехнологическим свойствам руд:

- максимальное содержание глинисто-алевритовой фрак-

ции в рудовмещающей литологической разности, относимой к проницаемым рудам и включаемой в рудный интервал;

- минимальный коэффициент фильтрации по пересечению рудной залежи и блоку для разделения запасов на балансовые и забалансовые по проницаемости;

- максимально допустимое содержание карбонатов (CO_2) по пересечению рудной залежи и блоку для разделения запасов на балансовые и забалансовые по карбонатности (для кислотного выщелачивания).

Кондиции к горно-геологическим условиям отработки:

- минимальное превышение уровня подземных вод над кровлей рудных залежей;

- минимальные запасы (размеры) изолированных блоков.

При возможности добычи способом ПВ попутных полезных компонентов кондициями предусматриваются требования к подсчету их запасов.

Подсчет запасов производится в пределах единых водоносных горизонтов с учетом локальных водоупоров, разделенно для геотехнологических типов руд.

Перечень исходных данных для геолого-промышленной оценки месторождения и проектирования его разработки способом подземного выщелачивания

В настоящее время действует обсужденный и принятый на заседании геолого-технологической секции Координационного Совета по подземному выщелачиванию 23.03.1976г. "Предварительный перечень исходных данных для проектирования предприятий подземного выщелачивания на базе месторождений в рыхлых осадочных толщах с рудными телами, содержащими минералы полезного компонента в песках или в других проницаемых горных породах".

1. Запасы.

1 - запасы урана по промышленным категориям, подсчитанные в соответствии с кондициями, заданными с учетом отработки месторождений способом подземного выщелачивания;

2 - содержание урана в рудах;

3 - доля запасов урана в проницаемых выщелачиваемых рудах;

4 - количество и качество забалансовых запасов урана.

2. Руды.

1 - технологические типы руд - разновидности пород, содержащих минералы урана, по литологическим особенностям и по фильтрационным свойствам;

2 - вещественный состав руд различных технологических типов;

3 - сведения о попутных полезных компонентах;

4 - содержание в рудах различных типов карбонатов, органических веществ, сульфидов и других примесей, влияющих на процесс выщелачивания.

3. Вмещающие породы.

1 - типы вмещающих пород по литологическим особенностям и по фильтрационным свойствам;

2 - вещественный состав пород различных типов;

3 - сведения о попутных полезных компонентах в породах,

4 - содержание в породах карбонатов, органических веществ, сульфидов и других примесей, влияющих на процесс выщелачивания.

4. Рудные залежи.

I - морфология, пространственное положение и размеры рудных залежей;

2 - распределение руд различных типов;

3 - распределение урановых минералов по рудной залежи;

4 - распределение урана по рудной залежи.

5. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия:

I - средняя, максимальная и минимальная мощности продуктивного водоносного горизонта;

2 - физические свойства пород и руд (результаты гранулометрического анализа, общая и эффективная пористость, объемный вес);

3 - средний коэффициент фильтрации продуктивного водоносного горизонта;

4 - коэффициенты фильтрации по разным типам руд и вмещающих пород;

5 - характеристика фильтрационной неоднородности продуктивного водоносного пласта, величины коэффициентов фильтрации вдоль и поперек слоистости;

6 - водопроницаемость продуктивного водоносного горизонта и рудных залежей;

7 - величина напора подземных вод продуктивного водоносного горизонта;

8 - среднее значение коэффициента пьезопроводности и уровнепроводности;

9 - средние коэффициенты фильтрации водоносных горизонтов, смежных с продуктивным водоносным горизонтом;

10 - величина напора подземных вод надпродуктивного и подпродуктивного водоносных горизонтов;

II - направление и скорость естественного потока

подземных вод продуктивного и смежных с ним водоносных горизонтов;

12 - тектонические нарушения и их гидрогеологическая характеристика;

13 - характеристика по выдержанности, составу и мощности верхнего и нижнего водоупоров продуктивного водоносного горизонта;

14 - химический состав подземных вод продуктивного и смежных с ним водоносных горизонтов;

15 - удаление от границ месторождения областей питания и разгрузки подземных вод продуктивного горизонта;

16 - возможные источники питьевого и технического водоснабжения и их влияние на гидрогеологические условия;

17 - сведения о качестве тампонажа разведочных скважин;

18 - инженерно-геологическая характеристика разреза (категория буримости, зоны поглощения растворов, зоны пучения);

19 - гидрогеологические сведения по району и участку месторождения, включая данные о солевых потоках;

20 - сведения о температурном и ветровом режиме, испаряемости с поверхности, количестве и режиме выпадения атмосферных осадков по району месторождения по данным многолетних наблюдений;

21 - сведения о типе поверхности (резкие, сглаженные формы, уклоны, перепады отметок) площади месторождения.

6. Социально-экологические сведения.

I - сведения об использовании подземных вод продуктивного и смежных с ним водоносных горизонтов;

2 - данные по содержанию радиоактивных элементов в подземных водах продуктивного и смежных с ним водоносных горизонтов;

3 - данные по естественному радиоактивному фону поверхности на площади месторождения;

4 - сведения о землепользовании на участках месторождения;

5 - сведения о почвенном и растительном покрове на площади и в районе месторождения.

7. Технологические растворы.

I - основные компоненты выщелачивающего раствора (растворитель, окислитель, комплекссообразователь, поверхностно-активные вещества) и их концентрации;

2 - режим выщелачивания для различных типов руд, съем в куб.м продуктивных растворов, показатели по извлечению металла и расходу реагентов;

3 - максимально допустимые концентрации отдельных компонентов и их сумма в оборотном растворе;

4 - динамика изменения концентрации металла и степени извлечения с учетом скорости и длины пути фильтрации для различных типов руд;

5 - химический состав продуктивных растворов;

6 - динамика изменения удельного расхода по компонентам выщелачивающего раствора для различных типов руд и пород с учетом скорости и длины пути фильтрации;

7 - контрольная величина pH и окислительно-восстановительного потенциала выщелачивающих растворов;

8 - поведение сопутствующих полезных компонентов и соображения по технологии их извлечения;

9 - содержание взвешенных частиц в оборотном растворе;

10 - технология восстановления производительности скважин, периодичность восстановительных работ;

II - параметры и расходные коэффициенты технологии переработки продуктивных растворов.

Заказ № 132с. Подписано к печати 23.12.85 г.
Объем 38 л. (4,4 уч.-изд.л.). Тираж 80
Ротапринт ОЭИ ВИМСа