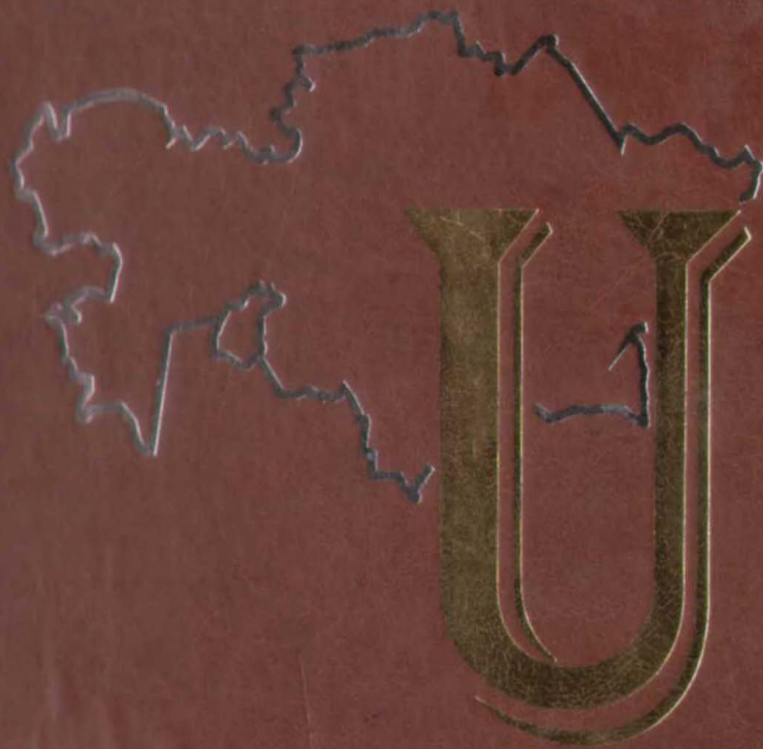


ИНСТРУКЦИЯ

по подземному скважинному выщелачиванию урана

ИНСТРУКЦИЯ

по подземному скважинному
выщелачиванию урана



СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Назначение

1.2. Цели и задачи

1.3. Принципы и требования

1.4. Термины и определения

1.5. Ссылки на нормативные документы

1.6. Основные термины и определения

1.7. Термины и определения

1.8. Термины и определения

1.9. Термины и определения

1.10. Термины и определения

1.11. Термины и определения

1.12. Термины и определения

1.13. Термины и определения

1.14. Термины и определения

1.15. Термины и определения

1.16. Термины и определения

1.17. Термины и определения

1.18. Термины и определения

1.19. Термины и определения

1.20. Термины и определения

1.21. Термины и определения

1.22. Термины и определения

1.23. Термины и определения

1.24. Термины и определения

1.25. Термины и определения

1.26. Термины и определения

1.27. Термины и определения

1.28. Термины и определения

1.29. Термины и определения

1.30. Термины и определения

1.31. Термины и определения

1.32. Термины и определения

1.33. Термины и определения

1.34. Термины и определения

1.35. Термины и определения

1.36. Термины и определения

1.37. Термины и определения

1.38. Термины и определения

1.39. Термины и определения

1.40. Термины и определения

1.41. Термины и определения

1.42. Термины и определения

1.43. Термины и определения

1.44. Термины и определения

1.45. Термины и определения

1.46. Термины и определения

1.47. Термины и определения

1.48. Термины и определения



«Утверждаю»:
Президент
М. Джакишев

«01» августа 2006 г.

ИНСТРУКЦИЯ

(Методические рекомендации)

по подземному скважинному выщелачиванию

урана

АЛМАТЫ, 2006 Г.

СОДЕРЖАНИЕ

		Стр.
	ВВЕДЕНИЕ	9
1	ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ПОНЯТИЯ, ТЕРМИНЫ	14
	1.1. Геологические понятия и термины.....	14
	1.2. Гидрогеологические понятия и термины.....	17
	1.3. Понятия и термины, относящиеся к геотехнологии.....	20
	1.4. Геофизические понятия и термины.....	23
	1.4.1. Термины и определения, применяемые при обработке и интерпретации ГИС.....	26
	1.4.2. Физические свойства и параметры объектов интерпретации....	27
	1.5. Технологические понятия и термины.....	27
	1.6. Термины и определения, относящиеся к РБ и ООС.....	31
2	ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ	34
	2.1. Геотехнологическая типизация пластово-инфильтрационных месторождений урана.....	34
	2.2. Основные геотехнологические свойства руд и месторождений урана пластово-инфильтрационного типа.....	37
	2.2.1. Наличие и состояние ограничивающих водоупорных горизонтов.....	37
	2.2.2. Положение рудных тел в водоносном горизонте.....	37
	2.2.3. Масштаб месторождений и достоверность разведанных запасов урана.....	38
3.	ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ	45
	3.1. Общие положения.....	45
	3.2. Краткая характеристика пластово-инфильтрационных месторождений урана.....	45
	3.3. Геологическая документация.....	50
	3.4. Опробование.....	53
	3.5. Подсчёт запасов.....	58
	3.5.1. Подсчёт балансовых геологических запасов.....	59
	3.5.2. Подсчёт вскрытых запасов и перевод их в подготовленные и готовые к добыче.....	62
	3.5.3. Подсчёт запасов попутных полезных компонентов.....	64
	3.6. Нормативы подготовленных запасов.....	65
	3.6.1. Вариант I (статистический).....	67
	3.6.2. Вариант II (расчётный).....	69
	3.6.3. Инструкция «расчет коэффициентов обеспеченности запасами по степени подготовленности при отработке гидрогенных месторождений способом ПСВ».....	72
	3.7. Учёт запасов.....	78
	3.7.1. Учёт балансовых геологических запасов.....	80
	3.7.2. Учёт вскрытых, подготовленных и готовых к добыче запасов...	81
	3.8. Инвентаризация подготовленных запасов и затрат на ГПР.....	82
	3.9. Отчётность.....	83
	А. Текстовые приложения к разделу 3.....	86
4	ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ	91
	4.1. Этап геологоразведочных работ.....	91
	4.1.1. Краткая характеристика месторождений.....	91
	4.1.2. Цели этапа геологоразведочных работ.....	92
	4.1.3. Благоприятные факторы проведения ПСВ.....	93
	4.1.4. Виды и состав работ.....	94
	4.1.5. Методика работ.....	95

4.1.5.1.	Особенности проведения гидрогеологических и инженерно-геологических работ на разных стадиях.....	95
4.1.5.2.	Гидрогеологическое районирование месторождений применительно к отработке способом ПСВ.....	100
4.1.5.3.	Проведение натуральных опытов по подземному выщелачиванию руд.....	102
4.2.	Этап эксплуатации.....	103
4.2.1.	Гидрогеологические работы, выполняемые на стадии подготовки эксплуатационных блоков.....	104
4.2.1.1.	Освоение скважин.....	104
4.2.1.2.	Замеры уровня подземных вод.....	107
4.2.1.3.	Опробование пластовых вод.....	107
4.2.1.4.	Опытнo-фильтрaционные работы.....	107
4.2.1.5.	Требования к подготовленным к эксплуатации технологическим скважинам.....	109
4.2.2.	Гидрогеологические работы, выполняемые на стадии эксплуатации блоков.....	110
4.2.2.1.	Наблюдения за работой технологических скважин и раствороподъемного оборудования.....	110
4.2.2.2.	Наблюдения за уровнем подземных вод и запескованностью скважин.....	112
4.2.2.3.	Опробование продуктивного (ПР) и выщелачивающего растворов (ВР) на содержание механических примесей.....	113
4.2.2.4.	Опробование ПР и ВР на определение химических элементов, рН, Eh, кислотности или бикарбонат-иона.....	113
4.2.2.5.	Основные условия отбора проб воды и растворов.....	115
4.2.2.6.	Опытнo-фильтрaционные работы.....	115
4.2.2.7.	Ремонтно-восстановительные работы в скважинах (РВР).....	116
4.3.	Гидрогеологические работы, выполняемые на стадии завершения отработки и ликвидации блоков.....	117
4.3.1.	Рекультивация ореолов остаточных технологических растворов.....	117
4.3.2.	Замеры уровней подземных вод, опробование пластовых вод, опытнo-фильтрaционные работы.....	118
4.4.	Формулы для расчета гидрогеологических показателей.....	119
4.4.1.	Расчет удельного дебита.....	119
4.4.2.	Определение расчетного дебита скважины.....	119
4.4.3.	Расчет коэффициентов фильтрации, водопроницаемости и пьезопроводности.....	120
4.4.4.	Расчет объемов технологических растворов.....	125
4.5.	Отчетность и документация.....	125
	А. Текстовые приложения к разделу 4.....	130
5.	ГЕОТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ УРАНА.....	155
5.1.	Эксплуатационные работы.....	155
5.1.1.	Схема циркуляции растворов в процессе подземного выщелачивания.....	155
5.1.2.	Отработка эксплуатационных блоков способом ПСВ.....	157
5.1.2.1.	Период подготовки блока к добыче.....	157
5.1.2.2.	Период отработки блоков.....	161
5.1.2.3.	Доработка эксплуатационного блока.....	163
5.1.2.4.	Период отключения (погашения) блоков с выводом их из цикла ПСВ.....	164
5.2.	Основные геотехнологические параметры.....	165
5.3.	Требования к геотехнологическому контролю процесса ПСВ.....	168

5.4.	Планирование добычи урана на руднике ПСВ.....	171
5.5.	Раствороподъем.....	173
5.6.	Энерго- и Воздухоснабжение.....	175
5.7.	Отчетность.....	176
	А. Текстовые приложения к разделу 5.....	177
6.	ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ.....	181
6.1.	Комплексирование и периодичность проведения ГИС.....	181
6.2.	Краткая характеристика методов.....	182
	6.2.1. Гамма-каротаж (интегральный).....	182
	6.2.2. Электрокаротаж (КС, ПС).....	183
	6.2.3. Индукционный каротаж (ИК).....	184
	6.2.4. Инклинометрия.....	185
	6.2.5. Нейтрон-нейтронный каротаж.....	185
	6.2.6. Каротаж по мгновенным нейтронам деления (КНД-м).....	186
	6.2.7. Гамма-гамма плотностной каротаж.....	187
	6.2.8. Кавернометрия (КМ).....	188
	6.2.9. Токовый каротаж (ТК).....	188
	6.2.10. Термометрия (ТМ).....	188
	6.2.11. Расходомерия (Рх).....	189
	6.2.12. Гидрогеохимический каротаж (ГХК).....	189
6.3.	Комплексы ГИС на различных этапах работ.....	189
	6.3.1. Эксплуатационная разведка.....	190
	6.3.2. Подготовка участка к эксплуатации.....	192
	6.3.3. Эксплуатация участка.....	194
	6.3.4. Ликвидация участка.....	196
6.4.	Метрологическое обеспечение ГИС.....	197
6.5.	Организация работ, отчетность и ведение документации.....	199
	6.5.1. Организация работ.....	199
	6.5.2. Основные требования к проведению каротажных работ в скважинах.....	200
	6.5.3. Отчетность.....	201
	6.5.4. Ведение документации.....	202
	6.5.5. Оценка качества полевых материалов.....	203
6.6.	Радиометрический промер керна.....	204
6.7.	Лабораторные анализы проб.....	206
	6.7.1. Химический состав руд.....	206
	6.7.2. Минеральный состав руд.....	208
	6.7.3. Лабораторные анализы определения основных элементов.....	209
	6.7.3.1. Лабораторные анализы определения урана.....	209
	6.7.3.2. Лабораторные анализы определения тория.....	209
	6.7.3.3. Лабораторные анализы определения радия.....	210
	А. Текстовые приложения к разделу 6.....	212
	АББРЕВИАТУРА.....	222
7	ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ.....	223
7.1.	Сорбция.....	223
	7.1.1. Классификация ионообменных смол.....	223
	7.1.2. Основные закономерности сорбционного процесса.....	224
	7.1.3. Сорбционное извлечение урана из растворов ПСВ.....	225
	7.1.4. Сорбционное извлечение урана из сернокислых сред.....	226
7.2.	Десорбция урана с насыщенного ионита.....	228
	7.2.1. Возможные способы десорбции урана с насыщенных ионообменных смол.....	229
	7.2.1.1. Элюэкс-процесс (сернокислотная десорбция).....	229

	7.2.1.2. Нитратная десорбция.....	230
7.3.	Осаждение «жёлтого кека» из товарных регенератов.....	231
7.4.	Технологические схемы процесса переработки продуктивных растворов ПСВ и выпуска готовой продукции.....	234
	7.4.1. Устройство и принцип работы сорбционной напорной колонны типа СНК.....	245
	7.4.2. Устройство и принцип работы десорбционной напорной колонны типа ДНК.....	247
	7.4.3. Устройство и принцип работы десорбционной колонны типа ПИК.....	248
	7.4.4. Устройство и принцип работы сорбционно-десорбционного контура СДК-1500.....	249
7.5.	Контроль производства.....	254
7.6.	Требования к производимой продукции.....	257
	7.6.1. Насыщенная ураном ионообменная смола.....	257
	7.6.2. Урансодержащий товарный десорбат.....	258
	7.6.3. Хим. концентрат природного урана – ХКПУ («жёлтый кек»)	259
	7.6.4. Закись-окись природного урана.....	260
	7.6.4.1. ТУ 70 00 РК-38229886-ЗАО-2001 «Урана закись-окись. Технические условия».....	261
	7.6.5. Стандартная спецификация на урановый концентрат ASTM C-967-02a	262
	7.6.5.1. Закись-окись природного урана для прямого фторирования... ..	263
8.	ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСА РАБОТ ПРИ ПСВ УРАНА	266
8.1.	Классификация работ по ПСВ.....	266
	8.1.1. Геологоразведочные работы.....	266
	8.1.2. Эксплуатационно-разведочные работы.....	266
	8.1.3. Горно-капитальные работы.....	268
	8.1.4. Горно-подготовительные работы.....	269
	8.1.5. Ремонтно-восстановительные работы на полигонах.....	270
8.2.	Проектирование геологоразведочных работ.....	270
8.3.	Проектирование горно-эксплуатационных работ.....	272
	8.3.1. Проектирование добычи урана.....	278
9.	ОХРАНА НЕДР.....	283
9.1.	Контроль состояния подземных и поверхностных вод на полигонах подземного выщелачивания.....	283
	9.1.1. Цели контроля.....	283
	9.1.2. Сеть наблюдательных скважин.....	284
	9.1.3. Состав стационарных наблюдений.....	285
	9.1.4. Периодичность стационарных наблюдений.....	286
10.	РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	289
10.1.	Общие положения.....	289
10.2.	Этап горно-подготовительных работ и создания сети технологических скважин ПСВ.....	290
10.3.	Этап эксплуатации предприятия ПСВ.....	292
	10.3.1. Охрана окружающей среды.....	292
10.4.	Этап рекультивации.....	298
10.5.	Отчетность.....	299
	А. Текстовые приложения к разделу 10.....	300
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	307

ВВЕДЕНИЕ

Одно из решений глобальной проблемы энергообеспечения общества связано с использованием атомных электростанций (АЭС). В последние десятилетия роль АЭС в производстве электроэнергии постоянно возрастает.

Важной особенностью ядерной энергетики является сравнительно малая величина себестоимости топливной составляющей в цене производимой энергии, что обуславливает её конкурентоспособность по сравнению с энергетикой, использующей другие полезные ископаемые, применяемые в качестве энергоносителей. Топливная составляющая в себестоимости 1 кВт часа электроэнергии, производимой, например, АЭС России (Наумов и др., 1999), в 8 раз меньше по сравнению с лучшими показателями ТЭЦ. При условии безаварийной работы атомные электростанции являются экологически более предпочтительными, так как не выделяют углекислоту в атмосферу.

Согласно данным МАГАТЭ (IAEA, 3 May 2001), к началу 2001 года в мире действовало 438 ядерных энергетических блоков, 33 страны эксплуатируют или создают коммерческие ядерные реакторы и, соответственно, имеют потребности в уране. Уран всегда относился к числу важнейшей специальной продукции, наличие которой влияло на принятие как политических, так и промышленно-экономических решений. Рассматриваемый как стратегический материал для военных целей и для обеспечения энергетической независимости, уран подвергался большому числу политических вмешательств при его производстве, торговле и использовании. Поскольку в настоящее время уран является единственным видом топлива для атомной энергетики, спрос на него относительно стабилен и предсказуем, так как определяется количеством действующих и планируемых к вводу ядерных реакторов. По прогнозу Всемирной Ядерной Ассоциации, мировое потребление урана для нужд энергетики будет расти до 2020 года и составит 70,6 тыс. т уже к 2010 году (The Global Nuclear Fuel Market..., 1998). За период 1992-1998 годов потребление урана увеличилось с 53,8 тыс.т до 62,8 тыс.т, т. е. средний ежегодный прирост составил около 3,0%.

Удовлетворение растущих потребностей в уране невозможно без наличия соответствующей минерально-сырьевой базы. По данным МАГАТЭ (2003 г.) ведущее место в мире по достоверно разведанным запасам урана в недрах с себестоимостью < 130 \$/kg занимают: Австралия (735 тыс. т), Казахстан (530 тыс. т.) и Канада (334 тыс. т.). Достаточно крупными запасами также располагают: США (345 тыс. т), Южная Африка (315 тыс. т), Россия (143 тыс. т), Намибия (170 тыс. т).

Анализ разведанных урановых запасов мира по их вкладу в общее производство урана показывает (Андерхилл (Underhill), 2000), что ведущими геолого-промышленными типами в настоящее время являются месторождения «типа несогласия» (49%), брекчиевого комплекса (26%) и месторождения «песчаникового» типа (пластово-инфильтрационные) - (19%). В то же время, если опираться на прогноз МАГАТЭ до 2025 г., то доля последних в общем уровне производства составит уже 33%, при 17% месторождений «типа несогласия» и 9% месторождений брекчиевого комплекса.

Таким образом, роль пластово-инфильтрационных месторождений с каждым годом приобретает всё большую значимость. Отсюда понятен повышенный интерес к данному типу месторождений и необходимость дополнительного изучения их разработки способом подземного скважинного выщелачивания (ПСВ).

Подземное выщелачивание, возникшее как идея в 50-х годах в США, сегодня превратилось в признанный способ получения урана, конкурентоспособный по отношению к традиционному горно-химическому. Этот способ интенсивно применялся в Америке в течение 15 - 20 лет.

На Евро-Азиатском континенте приоритет в освоении и промышленной эксплуатации урановых руд способом подземного скважинного выщелачивания до настоящего времени остается за некоторыми странами СНГ, среди которых ведущая роль по объёмам производства принадлежит Казахстану. В последние годы начата добыча

месторождений Хонимун и Беверли в Австралии. Ведется добыча урана в КНР. Интерес к подземному скважинному выщелачиванию проявляют Египет, Пакистан, Болгария и др. страны.

Развитие способа подземного выщелачивания на месторождениях «песчаникового» типа, как в странах СНГ, так и за рубежом, обусловило необходимость разработки ряда новых положений в области теории гидрогенного рудообразования (Грушевой Г.В., Дара М.Я., Винокуров С.Ф., Кисляков Я.М., Лисицын А.К., Муромцев Н.Н., Петров Н.Н., Шмариович Е.М., Шумилин М.В., Щеточкин В.Н. и другие).

Опубликовано много работ, посвященных применению этого способа для отработки пластово-инфильтрационных месторождений урана (Арене В. Ж., Абдульманов И.Г., Бровин К.Г., Боревский Б.В., Грабовников В.А., Забазнов В.Л., Луценко И.К., Лаверов Н.П., Мамилев В.А., Нестеров Ю.В., Новосельцев В.В., Солодов И.Н., Толстое Е.А., Фазлуллин М.И., Язиков В.Г. и многие другие).

Из достоверно разведанных запасов урана Казахстана 75% относятся к пластово-инфильтрационному типу, пригодному для отработки способом ПСВ. Начиная с 1998 года практически весь уран, произведенный в Республике, был добыт этим способом. Отсюда, перспективы Казахстана, как одного из основных депозитариев урана, в первую очередь, связаны именно с отработкой пластово-инфильтрационных месторождений.

Проводимые научно-исследовательские, опытно-промышленные и промышленные работы, касающиеся различных аспектов способа ПСВ, позволили выявить главнейшие его особенности, преимущества и недостатки перед традиционным горным способом.

Основные преимущества способа ПСВ заключаются в следующем:

- сокращение капиталовложений и сроков строительства в 2-3 раза вследствие отсутствия сложных капитальных сооружений, неизбежных при проходке всех видов горных выработок, добыче руды, ее транспортировке, переработке и создании хвостохранилищ;
- повышение в несколько раз производительности труда за счет исключения целого ряда трудоёмких процессов и переделов;
- снижение себестоимости продукции в 2,0 - 2,5 раза, несмотря на то, что руды месторождений, обрабатываемые способом ПСВ, гораздо беднее по содержанию урана;
- высокая (80-90 %) степень извлечения урана из недр;
- возможность отработки месторождений со сложными горногеологическими и гидрогеологическими условиями залегания;
- исключение из цикла добычи урана самых дорогостоящих и опасных по исполнению подземных горных работ, которые заменяются бурением скважин с поверхности;
- возможность полной автоматизации процессов добычи и переработки урансодержащих концентратов вплоть до получения конечной продукции;
- щадящее воздействие на недра и окружающую среду.

Наряду с указанными преимуществами способа, в процессе проведения работ по ПСВ выяснилось, что подземное выщелачивание через скважины не так просто в своем исполнении, как кажется на первый взгляд. Способ требует более пристального к себе внимания и творческого подхода во всех звеньях геотехнологической цепи, начиная от ранних этапов разведки месторождений и до получения химических концентратов природного урана.

Прежде всего, установлена значительная неоднородность минерально-петрографических, геотехнологических, фильтрационных свойств руд и рудовмещающих горизонтов, как в плане, так и в разрезе, что при отсутствии надежных методов контроля за движением рабочих растворов делает процесс ПСВ трудно управляемым, а также осложняет гидродинамические расчеты его параметров. Отсюда вытекает одно из важнейших положений, сводящееся к тому, что *для успешной работы предприятий по*

добыче урана способом ПСВ необходима более полная и детальная информация о недрах, чем это требуется при традиционном горном способе.

Отсутствие четких требований к изучению геотехнологических параметров и характеристик урановых руд и вмещающих пород на этапе геологоразведочных работ приводит к тому, что по ряду месторождений не хватает удовлетворительных данных по вещественному, минералогическому и литологическому составу руд, весьма слабы материалы о фильтрационных и геотехнологических свойствах руд и вмещающих горизонтов и т.д. Более того, до сего времени нет однозначного представления о способах оконтуривания и подсчета запасов по пластово-инфильтрационным (водородным) месторождениям, обладающим, как известно, целым рядом специфических свойств. Это создает определенные трудности при проектировании и эксплуатации разведанных месторождений в целом и отдельных их частей в частности.

Исследования с целью решения этих и других вопросов проводятся промышленными и научными организациями и будут, естественно, продолжаться. Сейчас уже становится очевидным, что полученные знания о способе ПСВ требуют систематизации и определенной регламентации. «Временные инструкции по эксплуатации водородных месторождений, обрабатываемых методом ПВ», составленные на комбинатах бывшего МинСредмаша (1972, 1975, 1979 гг.) и сыгравшие, безусловно, большую роль в разработке и внедрении способа ПСВ для отработки пластово-инфильтрационных месторождений урана, в настоящее время требуют дополнений и существенных изменений, учитывающих результаты научно-исследовательских работ и накопленный практический опыт. Это обстоятельство явилось основой для принятия руководством Компании решения о разработке и введении в отрасли новой Инструкции по ПСВ урана.

Настоящая Инструкция базируется преимущественно на современном состоянии изученности вопросов применения способа ПСВ при отработке пластово-инфильтрационных (водородных) месторождений урана и может быть рекомендована для использования на предприятиях, эксплуатирующих такие и подобные месторождения.

Оформление Инструкции в виде методических рекомендаций обусловлено объективным противоречием, существующим на протяжении всей истории способа ПСВ. С одной стороны - необходимость регламентации различных методических приемов с учетом единой методологии ПСВ, с другой - интенсивно выполняющиеся научно - практические разработки и новые технические возможности требуют модификации имеющихся инструкций, либо применения новых. Так, отсутствие в Инструкции важного раздела, посвященного бурению и сооружению технологических скважин, объясняется постоянно изменяющимся набором технических средств и, как следствие, соответствующих требований и правил. В настоящее время готовится самостоятельная инструкция по этому разделу ПСВ.

В разработке настоящей Инструкции принимали участие многие ведущие специалисты различных структур системы НАК «Казатомпром»: доктор технических наук Язиков В.Г., кандидат технических наук Забазнов В.Л. (типизация месторождений, геотехнология, геология, проектирование), доктор технических наук Дуйсебаев Б.О., кандидат технических наук Малимбаев М.С., Патрин А.П. (технология), Бармасов В.А. (геология), Нестеров Г.Л., Морозко В.Б. (гидрогеология), Хасанов Э.Г., Абрамов Е.К. (геофизика), Вдовиченко Г.Д. (радиационная безопасность), кандидат геолого-минералогических наук Кошевой О.Г., а также сотрудники ИВТ, АО «Волковгеология», РУМЦ «Геотехнология» (Киргизия) и др.

Для расчетов основных геотехнологических параметров использован оригинальный математический аппарат, разработанный и адаптированный к практике ПСВ урана творческим коллективом специалистов отрасли, возглавляемым академиком НАН РК Роговым Е.И.

Инструкция составлена при методическом руководстве и общей редакции директора ТОО «Геотехносервис» Забазнова В.Л.

Авторы надеются, что настоящая Инструкция будет полезна не только как руководящий документ для производства, но и окажет практическую помощь начинающим специалистам в понимании сложной проблематики ПСВ урана.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ПОНЯТИЯ, ТЕРМИНЫ

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

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

Учитывая указанное обстоятельство, ниже приводится перечень и раскрывается содержание ряда основных понятий и терминов, используемых при оценке отдельных стадий геотехнологического процесса - от разведки месторождений до передела продуктивных растворов и их дальнейшей переработки.

1.1. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ

Классификация геологических запасов урана по гидрогенным месторождениям, обрабатываемым способом ПСВ, производится в соответствии с «Инструкцией по применению классификации запасов к месторождениям радиоактивных руд», разработанной и утверждённой ГКЗ СССР в 1986 году.

В этой инструкции запасы гидрогенных месторождений, в зависимости от степени их изученности, подразделяются на **разведанные** - категории В и С, и **предварительно оцененные** - категория С₂, а по народнохозяйственному значению - на две группы, подлежащие отдельному подсчёту и учёту, - **балансовые** и **забалансовые**.

Балансовые - запасы, использование которых, согласно утверждённым кондициям, экономически целесообразно при существующей либо осваиваемой промышленностью прогрессивной технике и технологии добычи и переработки сырья, с соблюдением требований по рациональному использованию недр и охране окружающей среды.

Забалансовые - запасы, использование которых, согласно утверждённым кондициям, в настоящее время экономически нецелесообразно или технически и технологически невозможно, но которые могут быть в дальнейшем переведены в балансовые.

Кондиции для инфильтрационных месторождений, обрабатываемых способом ПСВ, включают:

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

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

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

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

Водоупор - относительно (по сравнению с водопроницаемыми слоями) водонепроницаемый пласт горной породы.

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

Линейный коэффициент рудоносности (m/Mэ) - отношение мощности рудной залежи к эффективной мощности рудовмещающего горизонта.

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

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

Приведённое содержание металла в рудовмещающем горизонте [mc/Mэ] - отношение метротента к эффективной мощности горизонта, [%].

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

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

Потери нормативные - рассчитанные потери полезного ископаемого для применяемой системы отработки.

Потери плановые - потери металла, установленные при планировании добычи на определённый срок.

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

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

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

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

По степени подготовленности к добыче запасы подразделяются на:

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

1.2. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ

При изучении гидрогеологических условий месторождений используется большое количество терминов и понятий, основные из которых приводятся ниже.

Гидрогеологические условия - совокупность признаков, характеризующих условия залегания подземных вод, литологический состав и водные свойства водоносных пластов, движение, качество и количество подземных вод, особенности их режима в природной обстановке и под влиянием искусственных факторов.

Фильтрация - движение жидкости в пористой среде под действием гравитации или градиента напора.

Коэффициент фильтрации (K_f) - скорость фильтрации при напорном градиенте, равном единице, [м/сутки].

Водопроницаемость пласта (K_m) - произведение коэффициента фильтрации на мощность водоносного горизонта, [м²/сутки].

Коэффициент пьезопроводности (a^*) - параметр, характеризующий скорость распространения давления в водоносном пласте в напорных условиях, [м²/сутки].

Коэффициент фильтрационной неоднородности K_{fn} - отношение коэффициента фильтрации рудного тела и коэффициента фильтрации безрудных пород, доли ед.

Дебит (производительность) скважины (Q) - объем воды, выдаваемый скважиной в единицу времени, [дм³/с], [м³/час], [м³/сутки].

Удельный дебит скважины (q) - отношение дебита скважины к понижению уровня воды в скважине, [дм³/с/м], [м³/час/м], [м³/сутки/м].

Статический уровень подземных вод в скважине - установившийся уровень в естественном режиме, [м].

Динамический уровень подземных вод - уровень в скважине при откачке воды из водоносного горизонта или нагнетании воды (растворов) в водоносный горизонт, [м].

Понижение уровня воды в скважине (S) - разница между статическим и динамическим уровнями подземных вод при их откачке из скважины, [м].

Воронка депрессии - понижение уровня грунтовых (безнапорных) или напора артезианских (напорных) вод при их откачке (или откачке растворов) из скважины. Наибольшее понижение уровня создается у откачной скважины, по мере удаления от нее понижение уменьшается и стремится к нулю.

Воронка поглощения (репрессия) - воронкообразное повышение поверхности безнапорных подземных вод или пьезометрической поверхности напорных вод вокруг скважины, обращенное вершиной вверх и обратное воронке депрессии. Образуется при поглощении воды (растворов) скважиной.

Опытная (пробная) откачка - откачка воды из скважины, шурфа, колодца или других выработок для определения коэффициентов фильтрации, пьезопроводности, уровнепроводности и других параметров.

Гидроизогипсы - линии на плане (карте), соединяющие точки одинаковых высот поверхности грунтовых вод над условной нулевой плоскостью, [м].

Гидроизопьезы (пьезоизогипсы) - линии на плане (карте), соединяющие точки одинаковых напоров напорных вод над условной нулевой поверхностью, [м].

Напор над кровлей - высота поднятия напорных вод в скважине, определяемая от верхней границы (водоупора) водоносного горизонта, [м].

Взаимодействие скважин - взаимовлияние откачки (закачки) воды (растворов) из скважин, выражающееся в том, что воронки депрессии (репрессии), создаваемые откачкой (закачкой), накладываются друг на друга, увеличивая эксплуатационное понижение (повышение) уровня воды (растворов) в скважинах.

Приемистость - объем жидкости, закачиваемый в скважину в единицу времени при определенном давлении, [дм³/с], [м³/час], [м³/сутки].

Структура фильтрационного потока растворов и пластовых вод определяется распределением напоров и скоростей в пространстве и зависит от системы отработки. В расчетах, связанных со структурой фильтрационных потоков, используются следующие схемы фильтрации:

- одномерная (линейная) фильтрация, при которой напоры, их градиенты и скорости зависят от одной координаты X ;

- двухмерная (плоская) фильтрация, при которой указанные параметры зависят от двух координат: в плане (плановая фильтрация) и в разрезе (профильная фильтрация). Фильтрация, при которой фильтрационные потоки остаются неизменными в любом радиальном сечении, называется плоско-радиальной;
- трехмерными (пространственными) являются потоки, параметры которых изменяются во всех направлениях.

Режим фильтрационного потока растворов и пластовых вод определяется изменчивостью напоров, их градиентов и скоростей во времени. В связи с чем, различают:

- установившийся режим фильтрации, при котором напоры и векторы скоростей в каждой точке пространства остаются постоянными во времени;
- неустановившийся режим фильтрации, при котором указанные параметры в каждой точке изменяются во времени;
- квазистационарный режим фильтрации, при котором кривые депрессии во времени перемещаются параллельно самим себе.

Средней скоростью фильтрации (V_{ϕ}) потока пластовой воды или технологического раствора называется отношение расхода потока (Q) к площади его поперечного сечения (W) в единицу времени, [м/сутки, м/год].

Средней действительной скоростью движения (V) пластовой воды или раствора называется отношение расхода потока (Q) к суммарной площади поперечного сечения активных пор (W_{pa}) в единицу времени, [м/сутки, м/год].

Критической скоростью фильтрации называется скорость, при которой нарушается связность между частицами фильтрующей среды и начинается перемещение их в направлении фильтрации, [м/сутки, м/год].

Расход фильтрационного потока (Q). Различают:

- общий расход фильтрационного потока между закачными и откачными скважинами, который измеряется объемом жидкости, фильтрующейся в любом полном поперечном сечении возбужденного скважинами горизонта в единицу времени;
- эффективный расход фильтрационного потока технологических растворов, который измеряется их объемом, фильтрующимся в единицу времени через поперечное сечение рудной залежи. Его изменения от сечения к сечению обуславливаются морфологией рудной залежи; единичный расход фильтрационного потока - расход, отнесенный к единице его ширины;
- коэффициент эффективности фильтрационного потока - отношение эффективного расхода к общему расходу потока.

Суффозия - вынос подземными водами из горной породы мельчайших частиц следующих видов:

- вымывание растворимых солей (химическая суффозия); вымывание частиц
- грунта с разрушением микроагрегатов коагулированных глинистых частиц (коллоидная суффозия);
- вымывание мелких частиц грунта из пор части скелета более крупных частиц грунта (механическая суффозия).

Пористость - общий объем всех пустот в горной породе. Различают:

общую пористость (n) - отношение объема всех пор к объему породы, [%];

активную (эффективную) пористость (n_a) - отношение объема пор, открытых для фильтрации, к общему объему породы, [%].

1.3. ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К ГЕОТЕХНОЛОГИИ

Геотехнология - наука о геотехнологических методах добычи полезных ископаемых и средствах их осуществления.

Геотехнологические методы - методы добычи и переработки полезных ископаемых, основанные на переводе полезных ископаемых на месте их залегания в недрах в подвижное состояние посредством осуществления тепловых, массообменных, химических, гидродинамических процессов, что, в результате, позволяет производить процесс добычи полезных ископаемых из недр (как правило, через скважины).

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

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

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

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

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

Показатели геотехнологического процесса - к основным геотехнологическим показателям относятся: степень извлечения полезного компонента, величина $\text{Ж} : \text{Т}$, удельный расход реагента, концентрация извлекаемого компонента в растворе и время выщелачивания.

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

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

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

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

Эксплуатационный блок ПСВ - геологически однородная часть залежи, обрабатываемая единой системой скважин, которые одновременно включаются в процесс добычи и одновременно выводятся из процесса.

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

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

Продуктивный раствор (ПР) - раствор, сформировавшийся в недрах в результате физико-химического взаимодействия выщелачивающего раствора с минералами руд и вмещающих пород продуктивного горизонта и содержащий полезное ископаемое (ископаемые) в концентрации выше минимально промышленной.

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

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

Фронт технологического раствора - пространственное положение порции технологического раствора в определенный момент времени.

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

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

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

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

Выделяются следующие формы кольматации:

- **химическая**, связанная с образованием в порах химических осадков;
- **газовая**, обусловленная образованием углекислого газа и сероводорода в рудовмещающем горизонте в результате взаимодействия кислоты с карбонатными составляющими пород;
- **ионообменная**, связанная с изменением размера пор в присутствии органического вещества и глинистых минералов в проницаемых породах при изменении рН и минерализации фильтрующих растворов;
- **механическая**, вызванная закупоркой поровых каналов пород механическими взвесями и частицами, содержащимися в фильтрующихся растворах.

Водородный показатель (рН) - величина, характеризующая концентрацию ионов водорода в растворах, численно равная отрицательному десятичному логарифму концентрации ионов H^+ , выраженной в грамм-ионах на литр: $pH = - \lg[H^+]$.

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

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

Степень извлечения (ϵ) - количество извлеченного из недр полезного компонента, выраженное в процентах относительно исходных запасов.

Относительную скорость извлечения металла (ϵ/t) - извлечение металла из недр в единицу времени [%/ месяц, квартал, год].

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

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

Скважина - цилиндрическая горная выработка, характеризующаяся малым поперечным сечением по отношению к её длине.

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

Скважины закачные - скважины, через которые в рудные тела подается выщелачивающий раствор.

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

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

Скважины контрольные - используются для вскрытия в заданном месте отрабатываемого рудного тела с целью определения вещественного состава рудного тела и степени извлечения из него полезного компонента.

1.4. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ

Геофизические исследования в скважинах (ГИС) - исследования различными методами каротажа с целью измерения геофизических параметров в скважинах, проводящиеся с целью изучения геологического разреза и массива горных пород в околоскважинном и межскважинном пространствах и выявления полезных ископаемых, контроля технического состояния скважин при разработке месторождений, опробования пластов и т.д., основанные на особенностях физических свойств горных пород, водоносных, нефте- и газоносных пластов, углей и руд.

Каротаж - геофизические исследования в скважинах с целью изучения вскрытого скважиной геологического разреза и выявления полезных ископаемых.

Околоскважинные исследования - геофизические исследования в скважинах с целью изучения массива горных пород в околоскважинном пространстве, поиска и разведки месторождений полезных ископаемых и решения инженерно-геологических задач.

Межскважинные исследования - геофизические исследования в скважинах с целью изучения массива горных пород в межскважинном пространстве, поиска и разведки месторождений полезных ископаемых и решения инженерно-геологических задач.

Электрический каротаж - каротаж, основанный на измерении характеристик электрического поля, возникающего самопроизвольно или создаваемого искусственно.

Каротаж сопротивления (КС) - электрический каротаж, основанный на измерении кажущегося удельного электрического сопротивления горных пород.

Боковое каротажное зондирование - каротаж сопротивления с использованием нескольких однотипных зондов разной длины. Зонды прижаты к стенке скважины.

Каротаж потенциалов самопроизвольной поляризации (ПС) - электрический каротаж, основанный на измерении потенциалов самопроизвольной поляризации.

Стандартный электрический каротаж - каротаж потенциалов самопроизвольной поляризации и каротаж сопротивления потенциал-зондом и (или) градиент-зондом, длину которых устанавливают в соответствии с геолого-геофизическими условиями района.

Токовый каротаж (ТК) - электрический каротаж, основанный на измерении электрического сопротивления между заземленными электродами зонда.

Индукционный каротаж (ИК) - электромагнитный каротаж, основанный на измерении кажущейся удельной электропроводности горных пород.

Радиоактивный каротаж - каротаж, основанный на измерении характеристик полей ионизирующих излучений.

Гамма-каротаж (ГК) - радиоактивный каротаж, основанный на измерении естественной гамма-активности горных пород.

Плотностной гамма-гамма-каротаж (ГГКП) - гамма-гамма-каротаж, основанный на измерении жесткой составляющей рассеянного гамма-излучения.

Нейтронный каротаж (НК) - радиоактивный каротаж, основанный на измерении характеристик нейтронного излучения, сопровождающего распад естественных радиоактивных элементов в горных породах.

Нейтрон-нейтронный каротаж (ННК) - радиоактивный каротаж, основанный на измерении характеристик нейтронного излучения в горных породах при облучении их внешним источником нейтронов. В зависимости от энергии регистрируемых нейтронов различают ННК с измерением характеристик тепловых, надтепловых или быстрых нейтронов.

Импульсный нейтрон-нейтронный каротаж (ИННК) - нейтрон-нейтронный каротаж, основанный на измерении нестационарных нейтронных полей, возникающих в рудах и горных породах при облучении их внешним импульсным источником нейтронов.

Инклинометрия скважины - определение угла и азимута падения пластов по данным геофизических измерений в одной скважине. При контроле технического состояния скважин - измерение зенитного угла и азимута скважины.

Кавернометрия скважины - измерение среднего диаметра скважины.

Расходомерия скважины - измерение скорости перемещения жидкости по скважине.

Резистивиметрия скважины - измерение удельного электрического сопротивления жидкости, заполняющей скважину.

Термометрия скважины - измерение температуры по стволу скважины.

Контроль обсадных колонн - измерение толщины и выявление дефектов обсадных колонн.

Контроль цементирования - определение высоты подъема цемента.

Каротажная станция - установка, состоящая из каротажной лаборатории и каротажного подъемника.

Каротажная лаборатория - установка, предназначенная для проведения геофизических исследований в скважинах, включающая измерительную и регистрирующую аппаратуру, а также источники питания.

Каротажный подъемник - оборудование для спуска и подъема на кабеле каротажных зондов, скважинных приборов, прострелочных и взрывных аппаратов.

Скважинная геофизическая аппаратура - аппаратура, включающая наземные приборы, скважинный прибор или каротажный зонд.

Скважинный прибор - прибор, предназначенный для проведения геофизических исследований в скважине.

1.4.1. Термины и определения, применяемые при обработке и интерпретации ГИС

Каротажный пласт - прослой или несколько смежных прослоев, объединенных по близким каротажным значениям в соответствии с заданными критериями.

Прослой - геологическое тело, однородное по изучаемому физическому свойству ограниченное двумя поверхностями раздела, которые в пределах рассматриваемой области можно считать параллельными.

Опорный пласт - каротажный пласт с известной физической характеристикой.

Пласт бесконечной мощности - каротажный пласт, при дальнейшем увеличении мощности которого значения на каротажной кривой не изменяются.

Мощный пласт - каротажный пласт, каротажные значения против которого близки к значениям против пласта бесконечной мощности.

Тонкий пласт - каротажный пласт, на каротажные значения которого влияют физические свойства соседних пластов.

Пласт высокого сопротивления - каротажный пласт, удельное электрическое сопротивление которого больше удельного электрического сопротивления вмещающей среды.

Пласт низкого сопротивления - каротажный пласт, удельное электрическое сопротивление которого меньше удельного электрического сопротивления вмещающей среды.

Рудное тело - естественное скопление руды произвольной формы в земной коре, по своим физическим характеристикам отличающееся от вмещающих пород.

Вмещающие породы - породы, контактирующие с каротажным пластом или рудным телом.

Зона проникновения фильтрата промывочной жидкости - часть пласта, в которую проник фильтрат промывочной жидкости.

Интерпретация данных каротажа - обработка результатов геофизических исследований в скважинах с целью изучения геологического разреза, выделения и оценки полезных ископаемых.

Расчленение разреза скважин - установление последовательности залегания пластов и определение их границ по данным каротажа.

Каротажная кривая - график изменения каротажных значений вдоль скважины.

1.4.2. Физические свойства и параметры объектов интерпретации

Удельное электрическое сопротивление горной породы - сопротивление горной породы проходящему через нее электрическому току, отнесенное к единице поперечного сечения и длины образца породы, [Омм].

Удельное электрическое сопротивление пласта - удельное электрическое сопротивление части пласта, не затронутой проникновением промывочной жидкости, [Омм].

Удельное электрическое сопротивление зоны проникновения - удельное электрическое сопротивление однородного концентрического слоя, эквивалентного по влиянию на величину кажущегося сопротивления зоны проникновения, [Омм].

Эффективная плотность каротажного пласта - разность плотностей каротажного пласта и вмещающих пород.

Самопроизвольная поляризация в скважине - самопроизвольное образование электрического поля в скважине и вблизи нее.

Потенциал самопроизвольной поляризации в скважине - потенциал электрического поля, возникающего при самопроизвольной поляризации. Включает в себя диффузионный, диффузионно-абсорбционный и фильтрационный потенциал.

1.5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ

Ионный обмен (в системе ионит-раствор) - обратимый эквивалентный обмен подвижных противоположно заряженных ионов между твердой и жидкой фазами, при котором не происходит заметного изменения в структуре твердой фазы (ионита).

Иониты (ионообменные смолы) - высокомолекулярные органические вещества трёхмерной структуры, практически нерастворимые в воде и органических средах и обратимо обменивающие ионы, входящие в их состав, на эквивалентное количество других ионов того же знака, находящиеся в растворе.

Аниониты - иониты, обменивающие отрицательные ионы.

Катиониты - иониты, обменивающие положительные ионы.

Слабоосновные аниониты - иониты, проявляющие свойства слабых оснований (ВП-1 п. Amberlit IRA-93, ЭДЭ-10П, АН-2-Ф и др.).

Сильноосновные аниониты - иониты, проявляющие свойства сильных оснований (АВ-17, АМ, ВП-1Ап, Amberlit IRA-910U, Amberjet-4400, Lewatit К-6367U, Lewatit МР-60021 и др.). **Сильнокислотные катиониты** - иониты, проявляющие свойства сильных кислот (КУ-2, Amberlit IRA-120, Dowex-50 и др.).

Слабокислотные катиониты - иониты, проявляющие свойства слабых кислот (СГ-1).

Амфотерные иониты - иониты, проявляющие смешанные (кислотоосновные) свойства; содержат катионо- и анионообменные группы. Представляют собой биполярные полиэлектролиты трехмерной структуры.

Гелевые иониты - иониты, имеющие микропористую (псевдопористую) структуру, для которой характерно отсутствие переходных пор.

Макропористые иониты - иониты, имеющие макропористую структуру, для которой характерно наличие переходных пор.

Насыщенный ионит- ионообменная смола, прошедшая процесс сорбции и имеющая максимальную обменную ёмкость, обеспечивающую получение допустимых (заданных) концентраций урана в маточниках сорбции.

Регенерированный ионит-ионит, прошедший процесс десорбции (регенерации), подготовленный для сорбции урана и имеющий минимальное содержание урана в пределах, допускаемых технологическим регламентом.

Сорбция - технологический процесс селективного извлечения металла (урана) из продуктивных растворов твёрдым ионитом, сопровождающийся концентрированием извлекаемого металла (урана) в ионите.

Десорбция - технологический процесс ионного обмена комплексных ионов из насыщенного ионита (при сернокислотном ПСВ - бисульфат-, трисульфат-уранил-ионы), на ионы, содержащиеся в десорбирующем растворе (обычно - нитрат-ионы), сопровождающийся концентрированием металла (урана) в растворе (товарном десорбате).

Денитрация - технологический процесс ионного обмена ионов из ионита (нитрат-ионов), на ионы, содержащиеся в денитрирующем растворе (сульфат-ионы), сопровождающийся концентрированием нитрат-ионов в растворе после денитрации.

Десорбирующий раствор - раствор, предназначенный для проведения процесса десорбции; в состав такого раствора входят ионы (обычно - нитрат-ионы), замещающие комплексные урансодержащие ионы в насыщенном ионите.

Денитрирующий раствор - раствор, предназначенный для проведения процесса денитрации; в состав раствора входят сульфат-ионы, замещающие нитрат-ионы в ионите.

Товарный десорбат - раствор с содержанием урана (уранового концентрата), полученный при десорбции урана из ионита.

Осаждение - процесс осаждения натриевых или аммонийных солей урана из товарного десорбата.

Осадитель - раствор хим. реагента (аммиачная вода - NH_3OH , каустическая сода - NaOH или углеаммонийная соль - NH_4HCO_3), предназначенный для осаждения урана в виде солей из товарного десорбата.

Пульпа - смесь, получаемая в результате осаждения урана из товарного десорбата, состоящая из твёрдой (урансодержащие соли) и жидкой фаз (раствор).

Фильтрация - процесс разделения пульпы на твёрдую и жидкую фазы (разделение осадка урансодержащих солей и раствора).

«Жёлтый кек» (хим. концентрат природного урана - ХКПУ) - твёрдая фаза (осадок), состоящая, в основном, из аммонийной $((\text{NH}_4)_2\text{UO}_2\text{O}_7$ - диуранат аммония), или натриевой $(\text{Na}_2\text{UO}_2\text{O}_7$ - диуранат натрия), или аммонийной $((\text{NH}_4)_4[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]$ - тетрааммоний уранил-трикарбонат) солей урана, осаждённых из товарных десорбатов. Является промежуточным продуктом при получении закиси-оксида урана.

Маточник фильтрации - жидкая фаза (раствор), состоящая, в основном, из нитрат- и сульфат-ионов, получаемая в результате фильтрации пульпы.

Аффинаж - процесс дополнительной очистки хим. концентратов природного урана с целью получения продукта, отвечающего определенным требованиям по содержанию примесей.

Экстракция - процесс переноса растворенных веществ из одной фазы в другую (из водной фазы в органическую).

Экстрагент - органическое соединение, способное извлекать из водной фазы необходимые химические вещества путём образования сложных химических комплексных соединений или ионного обмена и обеспечивать их межфазное распределение.

Разбавитель - органический растворитель, используемый для растворения твёрдых экстрагентов (например, солей замещенных аммониевых оснований) и, чаще всего, для приготовления рабочих растворов экстрагентов различного класса нужной концентрации.

Экстракт - экстрагент (раствор экстрагента в растворителе), насыщенный извлекаемым из водной фазы химическим веществом.

Модификатор - органическое соединение (высокомолекулярные спирты, нейтральные фосфорорганические соединения), которое добавляется в экстрагент для исключения образования в процессе экстракции третьей фазы.

Органическая фаза - экстрагент или раствор экстрагента в разбавителе любой степени насыщенности по извлекаемому элементу, т.е. это одна из фаз, участвующих в распределении извлекаемого компонента в процессе экстракции.

Водная фаза (рафинат) - исходная среда, в которой растворен искомый извлекаемый ценный компонент и из которой происходит извлечение его органической фазой. Состав водной фазы имеет большое значение для процесса экстракции, т.к. практически он определяет выбор того или иного экстрагента для экстракционного выделения или разделения ценных компонентов.

Коэффициент распределения - коэффициент, который количественно характеризует экстракционное выделение ценного вещества из водной фазы.

Коэффициент разделения - коэффициент, характеризующий эффективность разделения двух металлов в процессе экстракции.

Резэкстракция - сложный физико-химический процесс, обратный процессу экстракции, заключающийся в извлечении экстрагируемого вещества из органической фазы в водную фазу путём контакта насыщенной органической фазы с реэкстрагирующим раствором.

Резэкстрагирующий раствор - раствор, предназначенный для проведения процесса реэкстракции.

Стадия экстракции, реэкстракции - это единичный контакт органической и водной фаз с последующим их разделением.

Вспышка - быстрое сгорание горючей смеси, не сопровождающееся образованием сжатых газов.

Температура вспышки - самая низкая температура горючего вещества, при которой, в условиях специальных испытаний, над его поверхностью образуются пары или газы, способные вспыхивать от источника зажигания, но скорость их образования еще не достаточна для устойчивого горения.

Температура воспламенения - наименьшая температура вещества, при которой, в условиях специальных испытаний, вещество выделяет горючие пары или газы с такой скоростью, что после их зажигания возникает устойчивое пламенное горение.

Температура самовоспламенения - самая низкая температура вещества, при которой, в условиях специальных испытаний, происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающихся пламенным горением.

Прокалка - процесс термической обработки осадка, состоящего, в основном, из аммонийной $((\text{NH}_4)_2\text{UO}_2\text{O}_7$ - диуранат аммония), или натриевой $(\text{Na}_2\text{UO}_2\text{O}_7$ - диуранат натрия), или аммонийной $((\text{NH}_4)_4[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]$ - тетра-аммоний уранил-трикарбонат) солей урана до получения закиси-окиси природного урана - U_3O_8 или смеси окислов урана сложного состава - $n\text{xUO}_3 + m\text{xUO}_2$, удовлетворяющих требованиям ТУ или спецификации.

1.6. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К РБ И ООС

Активность минимально значимая (МЗА) - активность открытого радиоактивного источника в помещении или на рабочем месте, при превышении которой требуется разрешение регулирующих органов на право работ с этими источниками излучения, если при этом также превышено значение минимально значимой удельной активности.

Активность минимально значимая удельная (МЗУА) - удельная активность открытого радиоактивного источника в помещении или на рабочем месте, при превышении которой требуется разрешение регулирующих органов на право работ с этим источником, если при этом превышено значение МЗА.

Активность суммарная альфа - удельная (объемная) активность суммы всех альфа излучающих радионуклидов в каком-либо материале.

Активность эквивалентная равновесная объемная (ЭРОА) дочерних изотопов радона - взвешенная сумма объемных активностей короткоживущих дочерних изотопов радона.

Вещество радиоактивное - вещество в любом агрегатном состоянии, содержащее радионуклиды в открытом виде, активность которых превышает значения МЗУА и МЗА, приведенные в приложении П-4 НРБ - 99 (текстовые приложения к разделу 10).

Дезактивация - удаление или снижение радиоактивного загрязнения с какой-либо поверхности или из какой-либо среды.

Доза эквивалентная - поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на взвешивающий коэффициент определенного вида излучения, Зиверт [Зв].

Доза эффективная - величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиационной чувствительности. Она представляет собой сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на взвешивающие коэффициенты этих органов и тканей, Зиверт [Зв].

Загрязнение радиоактивное - присутствие радиоактивных веществ на какой-либо поверхности, внутри материала, в воздухе, в/на теле человека или в другом месте, в количестве, превышающем уровни, установленные НРБ-99 или санитарными правилами.

Загрязнение поверхности не снимаемое (фиксированное) - присутствие радиоактивного вещества на загрязненной поверхности, которое не передается при контакте на другие предметы и не удаляется при дезактивации.

Загрязнение поверхности снимаемое (не фиксированное) - радиоактивные вещества на загрязненной поверхности, которые переносятся при контакте на другие предметы и удаляются при дезактивации.

Захоронение радиоактивных отходов - безопасное размещение радиоактивных отходов без намерения последующего их извлечения.

Источник ионизирующего излучения - радиоактивное вещество или устройство, испускающее или способное испускать ионизирующее излучение, на которое распространяется действие НРБ-99.

Источник излучения природный - источник излучения природного происхождения, на который распространяется действие НРБ-99 и санитарных правил работы с радиоактивными веществами.

Источник радионуклидный закрытый - радиоактивный источник излучения, устройство которого исключает поступление содержащегося в нем радионуклида в окружающую среду.

Источник радионуклидный открытый - источник излучения, при использовании которого возможно поступление содержащегося в нем радионуклида в окружающую среду.

Категория радиационного объекта - радиационная характеристика по степени потенциальной опасности объекта для населения в условиях его нормальной эксплуатации и радиационной аварии.

Класс работ - характеристика работ с радиоактивными веществами в открытом виде по степени радиационной опасности для персонала, определяющая требования радиационной безопасности в зависимости от радиотоксичности и активности радионуклидов.

Контроль радиационный - измерения и исследования, проводимые с целью получения информации о радиационной обстановке и уровнях облучения людей (персонала и населения).

Мощность дозы - это доза, полученная за определенный промежуток времени (мЗв/час, мкР/сек и т.д.).

Облучение производственное - облучение персонала от всех природных и техногенных источников ионизирующего излучения в процессе производственной деятельности.

Отходы радиоактивные - не предназначенные для дальнейшего использования вещества в любом агрегатном состоянии, в которых содержание радионуклидов превышает уровни, установленные НРБ-99 и санитарными правилами.

Персонал - лица, работающие с техногенными источниками ионизирующих излучений (группа А) или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б).

Предел дозы - величина годовой эффективной или эквивалентной дозы техногенного облучения, которая не должна превышать в условиях нормальной эксплуатации источника ионизирующего излучения. Соблюдение предела дозы предотвращает возникновение детерминированных (клинически выявляемых) эффектов, а вероятность появления стохастических (вероятностных) отдаленных эффектов сохраняется при этом на приемлемом уровне.

Предельно допустимый выброс - выброс загрязняющих веществ за единицу времени от одного или совокупности всех имеющихся источников, который в совокупности с выбросами других предприятий населенного пункта, с учетом их рассеивания и превращений в атмосфере, не создадут приземных концентраций вредных веществ, превышающих предельно-допустимые концентрации.

Предельно допустимый сброс - объем сбрасываемых в систему сбора и очистки, на рельеф местности или в водоем сточных вод, обуславливающий в совокупности со сбросами других предприятий населенного пункта нагрузку на почву или водоем в пределах допустимого уровня содержания вредных веществ в почве или воде водоема, с учетом цели его использования. ПДС по рельефу местности должен исключать возможность загрязнения подземных вод вредными химическими веществами, радионуклидами и биоматериалами выше допустимых уровней.

Радиационная авария - потеря управления источником ионизирующего излучения, вызванная неисправностью оборудования, неправильными действиями персонала, стихийными бедствиями или иными причинами, которые могут привести или привели к облучению людей выше установленных норм или радиоактивному загрязнению окружающей среды.

Работа с радиоактивными веществами - все виды обращения с радиоактивными веществами, включая радиоактивные отходы, на рабочем месте, в т.ч. радиационный контроль.

Уровень контрольный - значение контролируемой величины дозы, мощности дозы, радиоактивного загрязнения и т. д., устанавливаемое для оперативного радиационного контроля, с целью закрепления достигнутого уровня радиационной безопасности, обеспечения дальнейшего снижения облучения персонала и населения, радиоактивного загрязнения окружающей среды.

2. ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1. ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ПЛАСТОВО-ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА

По степени пригодности для отработки методом ПСВ месторождения урана пластово-инфильтрационного типа с определенной долей условности [1] подразделяются на четыре геотехнологических подтипа (табл.2.1):

- весьма благоприятные для отработки методом подземного скважинного выщелачивания (ПСВ);
- благоприятные;
- менее благоприятные;
- неблагоприятные.

Таблица 2.1

Геотехнологическая типизация пластово-инфильтрационных месторождений урана (по Языкову В.Г.[1])

Геолого-промышленный тип		Пластово-инфильтрационные (региональных зон пластового окисления)				
		Весьма благоприятные для отработки методом ПСВ	Благоприятные для отработки методом ПСВ	Менее благоприятные для отработки методом ПСВ	Неблагоприятные для отработки методом ПСВ	
Геотехнологические свойства	Характеристики	Наличие и состояние водоупоров	Наличие надежных верхнего и нижнего	Наличие прерывистого верхнего и сплошного надежного нижнего	Наличие прерывистого верхнего (или его отсутствие) и нижнего	Отсутствие верхнего и нижнего
		Положение рудного тела в водоносном горизонте	В базальной части	В нижней части	В средней части	В верхней части
		Расположение рудных тел в вертикальном разрезе	Одноярусные	Двухъярусные	Многоярусные	Многоярусные
	Параметры	Масштабы месторождений в зависимости от достоверно разведанных запасов урана	Уникальные свыше 100 тыс. т	Крупные от 10 до 100 тыс.т	Средние 3 – 10 тыс.	Мелкие менее 3 тыс. т
		Зависимость скорости выщелачивания от скорости фильтрации	Более 0,75	0,5 – 0,75	0,1 – 0,5	Менее 0,1
		Продуктивность пласта	Высокопродуктивные руды (более 5 кг/м ²)	Рядовые руды (3 – 5 кг/м ²)	Низкопродуктивные руды (1 – 3 кг/м ²)	Убогие руды (до 1 кг/м ²)
		Мощность продуктивного горизонта	До 20 м	20 – 50 м	> 50 м	> 50 м
		Отношение руды (м) и эффективной мощности рудовмещающего горизонта (м)	Менее 1:2	От 1:2 до 1:5	От 1:5 до 1:10	Более 1:10
		Коэффициент фильтрационной неоднородности	Весьма однородные (K _{фн} >0.75)	Однородные (K _{фн} =0.5 – 0.25)	Неоднородные (K _{фн} =0.75 – 0.5)	Весьма неоднородные (K _{фн} < 0.25)
		Глубина залегания рудных тел	До 100 м	100 – 500 м	500 – 700 м	Более 700 м
Глубина залегания уровня	До 10 м	10 – 50 м	50 – 100 м	Свыше 100 м		

	подземных вод				
	Температура подземных вод	Более 30°C	10 – 30°C	4 – 10°C	Менее 4°C
	Степень извлечения урана	Более 0.9	0.9 – 0.7	0.7 – 0.5	Менее 0.5
	Отношение количества рабочего раствора (ж) на единицу выщелачиваемой массы (т)	Около 1.0	1 - 3	3 - 6	Более 6.0

Месторождения *весьма благоприятного геотехнологического подтипа*, с идеальными условиями и факторами, в принципе, приближены к оптимальной модели пластово-инфильтрационных месторождений урана, пригодных для отработки методом ПСВ при современном уровне знаний о геотехнологических параметрах и характеристиках месторождений урана.

Геотехнологический подтип неблагоприятных для отработки методом ПСВ месторождений выделен, в первую очередь, исходя из экономических критериев оптимальности, которые при современном уровне развития технологий и состоянии мирового уранового рынка, не позволяют считать месторождения этого подтипа благоприятными для отработки методом ПСВ.

Определяющую роль для оценки возможности применения ПСВ урана играют геотехнологические условия месторождений.

Наиболее емкое определение «геотехнологических условий месторождений» дано Грабовниковым В.А. [2]: Под «геотехнологическими условиями месторождения понимается весь комплекс природных факторов, которые существенным образом влияют на возможность применения, ход и результаты реализации геотехнологического способа (в частности ПСВ) при отработке рассматриваемого месторождения».

Очевидно, что в предлагаемой типизации приведены далеко не все параметры и характеристики, определяющие геотехнологические условия месторождений. Разумеется, что и степень их влияния на принятие решения по критериям оптимальности также неравнозначна.

Тем не менее, имеются геотехнологические факторы (параметры и характеристики), определяющие принципиальную возможность разработки месторождений способом ПСВ (обводненность продуктивного горизонта, наличие водоупоров, продуктивность пласта, проницаемость вмещающих пород и самих руд, масштабы месторождения), влияющие на интенсивность и скорость протекания процесса ПСВ (мощность продуктивного горизонта, коэффициент фильтрационной неоднородности, степень извлечения урана, расположение рудных тел в вертикальном разрезе, отношение ж:т) и влияющие на тип применяемого выщелачивающего реагента (вещественный состав рудовмещающего горизонта).

Другие геотехнологические параметры, такие как ширина рудных залежей, глубина их залегания, морфология рудных тел, глубина залегания уровня подземных вод, определяют выбор рациональной схемы для расположения технологических скважин, способов подъема и закачки технологических растворов и т.д.

2.2. ОСНОВНЫЕ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РУД И МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА ПЛАСТОВО-ИНФИЛЬТРАЦИОННОГО ТИПА

2.2.1. Наличие и состояние ограничивающих водоупорных горизонтов

Наряду с обводненностью продуктивных пластов, наличие верхних и особенно нижних относительно непроницаемых (водоупорных) горизонтов играет определяющую роль при освоении пластово-инфильтрационных месторождений урана.

Ограничивающие водоупоры (их распространение, литологический состав, мощность) контролируют локализацию, растекание и разубоживание продуктивных растворов [3]. Следует выделять региональные водоупоры, ограничивающие водоносные комплексы и горизонты, и местные водоупоры, контролирующие водоносные подгоризонты.

Ограничивающие водоупоры по степени выдержанности подразделяются на выдержанные (по площади и мощности) и линзующиеся (прерывистые).

Наличие надежных, выдержанных верхнего и нижнего водоупоров свойственно месторождениям, *весьма благоприятным для отработки* способом подземного скважинного выщелачивания (ПСВ) и наоборот - их отсутствие делает эти условия неблагоприятными.

2.2.2. Положение рудных тел в водоносном горизонте

Месторождения пластово-инфильтрационного типа нередко имеют многоярусное залегание оруденения и включают несколько рудных горизонтов, приуроченных к различным литологическим комплексам. Достаточно часто рудные тела располагаются гипсометрически в разных частях продуктивных горизонтов. Изменчивость рудных залежей в разрезе (их многоярусность, расположение в верхних и средних частях разреза) способствует разубоживанию растворов, росту расхода реагентов, а порой исключает их отработку без специальных мероприятий (бурения дополнительных скважин, создания искусственных водоупоров, организации дополнительных систем контроля за поведением выщелачивающих растворов и т.д.). Поэтому важно правильно оценить влияние расположения рудных тел в разрезе на общие технико-экономические показатели отработки месторождений.

2.2.3. Масштаб месторождений и достоверность разведанных запасов урана

Масштаб месторождений принят по Красикову В.И. [4]. Достоверность разведанных запасов различных категорий определяется изученностью следующих свойств: формы и условий залегания рудных тел, характера и закономерностей их изменчивости, наличия разрывов сплошности и смещающих тектонических нарушений; геотехнологических свойств руд и рудных залежей; гидрогеологических, инженерно-геологических, горно-геологических и других природных условий, необходимых для составления проекта отработки.

К настоящему времени на основании лабораторных экспериментов, натуральных опытов по подземному скважинному выщелачиванию, выполненных при разведке месторождений и, главное, наблюдений в процессе их эксплуатации, сформулирован ряд основных закономерностей ПСВ урана.

Фундаментальной закономерностью ПСВ урана из проницаемых руд является линейная зависимость средней скорости выщелачивания от скорости фильтрации растворителя. Под средней скоростью выщелачивания V_v обычно понимают расчетную величину, равную частному деления длины L , подвергшегося проработке слоя рудного материала, на время, в течение которого из него вынесена выходными растворами определенная (в том числе максимально извлекаемая) доля металла. Приписываемый

многими исследователями этому показателю физический смысл - реальная скорость развития в пласте зоны с определенной степенью извлечения металла - не вполне соответствует механизму процесса. Однако, на выходные характеристики отмеченное несоответствие влияния не оказывает, а в практике ПСВ показатель скорости выщелачивания оказывается весьма удобным. Эта зависимость записывается обычно в следующем виде:

$$V_v = \beta \cdot V_{\phi} \quad (2.1)$$

где: V_{ϕ} - средняя скорость фильтрации, м/сут.

β - коэффициент, определяющий степень извлечения металла из каждого конкретного сочетания: рудный материал - растворитель (показатель упорности руды).

На данной закономерности базируется основной расчетный геотехнологический параметр - отношение Ж:Т, т.е. отношение жидкого к твердому - объема (массы) прокачиваемых растворов к объему (массе) выщелачиваемой руды, обозначаемое через f .

Отношение массы раствора к массе руды (Ж:Т) равно

$$f = \frac{1}{\beta \gamma_n}, \quad (2.2)$$

Поскольку для инфильтрационных месторождений урана величина γ колеблется в достаточно узких пределах (преимущественно от 1,6 до 1,8 г/см³) и в среднем может быть принята равной 1,7 г/см³, можно с достаточной для практики точностью, упростить выражение (2.2) и представить его в виде,

$$f = \frac{0,6}{\beta} \quad (2.3)$$

Это выражение показывает, что необходимое для обеспечения определенной степени извлечения металла отношение Ж:Т не зависит ни от длины выщелачиваемого слоя, ни от скорости фильтрации растворителя, а определяется только коэффициентом β , характеризующим взаимодействие определенного раствора с данным рудным материалом [2, 6, 7].

Продуктивность пласта (запасы урана в килограммах на 1 м² площади залежи в плане) колеблются в широких пределах. Условно по продуктивности можно выделить убогие (до 1 кг/м²), низкопродуктивные (1 - 3 кг/ м²), рядовые (3 - 5 кг/м²) и высокопродуктивные (>5 кг/м²) руды. При соблюдении других технологических условий выщелачивания, продуктивность пласта является определяющим геотехнологическим параметром.

Эффективная мощность продуктивного (рудовмещающего) горизонта.

Под эффективной мощностью понимается мощность пород продуктивного горизонта, участвующих в процессе подземного выщелачивания. Чем более эффективная мощность приближается к мощности рудного тела, тем более продуктивно идет процесс подземного выщелачивания. Напротив, при снижении величины отношения эффективной мощности и мощности рудного тела, результативность ПСВ ухудшается, и при значении этого отношения более 1:10 разработка нерентабельна.

Коэффициент фильтрационной неоднородности (Кфн).

В значительной степени эффективность процесса выщелачивания зависит от различной проницаемости руд и вмещающих безрудных пород. При этом наиболее оптимальным соотношением проницаемости этих сред является случай, когда проницаемость руд выше проницаемости безрудных пород. Наименее благоприятная ситуация - когда проницаемость руд меньше проницаемости безрудных пород.

Глубина залегания рудных тел.

Глубина залегания рудовмещающих горизонтов колеблется в широких пределах, достигая 700 м и более. Успешное освоение месторождения Северный Карамурун (Сырдарьинская УРП) позволило изменить представления о перспективности месторождений в зависимости от глубины залегания руд и, в отличие от ранее изложенных позиций [6], выделить следующие четыре типа горизонтов:

неглубокого залегания - менее 100 м;

- умеренно глубокого залегания - от 100 до 500 м;
- глубокого залегания - от 500 до 700 м;
- весьма глубокого залегания - более 700 м.

Глубина залегания уровня подземных вод.

Глубина залегания уровня и напор подземных вод определяют условия раствороподъема и раствороподачи. Напор подземных вод может колебаться в широких пределах. Чем он больше, тем лучше условия для фильтрации растворов [7]. Большой напор над кровлей водоносного горизонта создает значительное давление воды в пласте, что способствует переводению газов в растворенное состояние и улучшению проницаемости фильтрующей среды. Кроме того, эксплуатация высоконапорных водоносных горизонтов требует несравненно меньших энергетических затрат для подъема растворов на поверхность, но, с другой стороны, создает проблемы с закачкой.

По глубинам залегания уровня подземных вод выделяются четыре типа горизонтов: положительного залегания - более 0 м, неглубокого залегания - до 50 м; умеренно глубокого залегания - от 50 до 100 м; весьма глубокого залегания - более 100 м.

Температура подземных вод.

Высокая температура (свыше 30°) подземных вод является благоприятным фактором, поскольку в большинстве случаев ускоряет протекание гетерогенных реакций выщелачивания в недрах, а также улучшает проницаемость пласта по отношению к растворам. При низких температурах (ниже 4°С) процесс подземного выщелачивания идет достаточно вяло и отработка может стать нерентабельной.

Степень извлечения урана.

Запасы всех твердых полезных ископаемых, в том числе и урана, в странах СНГ принято подсчитывать по состоянию в недрах, без учета потерь и разубоживания. При подземном выщелачивании содержание урана в продуктивных растворах постепенно снижается, и сигналом к прекращению эксплуатации является его падение ниже экономически допустимого минимума. Достижимая степень извлечения оказывается при этом функционально связанной, с одной стороны, с геологическими и геотехнологическими факторами, определяющими уровень удельных затрат на данном месторождении, а с другой - с рыночной ценой на уран.

Имеющийся в настоящее время опыт эксплуатации пластово-инфильтрационных месторождений свидетельствует о том, что нередко к моменту падения содержаний в растворах до расчетного минимума, реальное извлечение урана из недр уже приближается к 100% первоначально оцененных запасов, а иногда и превышает их. Скорее всего, это связано с вовлечением в процесс выщелачивания неучтенного урана с содержанием ниже 0,01%, частичным диффузионным выщелачиванием его из руд с повышенной глинистостью и других технологически неблагоприятных образований, которые, как правило, исключаются при подсчете запасов, а также другими трудно учитываемыми факторами.

Литологический состав руд.

Подготовка месторождений к выщелачиванию требует углубленного изучения и конкретизации литолого-фильтрационных свойств пород и руд с использованием целого ряда лимитирующих показателей. Особую важность для успешного проведения подземного скважинного выщелачивания имеют литологический состав рудовмещающего горизонта и самих руд. Состав обломков породы, их размер, заполнитель порового пространства влияют на активную (динамическую) пористость породы. Состав обломков основной массы пород обычно на 70-90% представлен зернами кварца, полевых шпатов и кремнистых пород, которые не оказывают практически никакого влияния на процесс ПСВ. То же относится и к аксессуарным минералам, количество которых, как правило, не превышает 3%. Чешуйки слюдяных минералов могут составлять 1-8% породы и, обладая кислотоёмкими свойствами, в определенной степени влиять на расход кислоты. Глинистость пород и руд, а также состав глинистого цемента во многом определяют

первичную проницаемость пород и расход реагента. При этом следует учитывать, что содержание глинистой фракции, определяемое поданным гранулометрического анализа, в некоторых случаях нельзя напрямую увязывать с проницаемостью пород и руд без изучения текстурных особенностей распределения глинистых частиц [8]. Именно текстурные особенности пород и руд во многом определяют их проницаемость. Водопроницаемость по напластованию, как правило, превышает проницаемость поперек напластования в 5 -10 раз.

Рудно-минералогическая зональность рудных тел.

Выделение подзон минералообразования в соответствии с рудоконтролирующей окислительной зональностью и в зависимости от способности руд к выщелачиванию (растворению) произведено на основании исследований различных авторов.

В пределах рудных роллов, в направлении от зоны первичных сероцветов к зоне окисления, наблюдается последовательная смена бедных тонкодисперсных руд богатыми рудами гнездово-вкрапленного характера. Тонкодисперсные руды содержат окислы четырехвалентного урана с минимальными параметрами элементарной ячейки и дисперсный коффинит. Для гнездово-вкрапленных руд с коффинитом и настураном, обнаруживающими максимальные для данного типа месторождений параметры кристаллической ячейки, характерны встречающиеся значительные содержания сопутствующих элементов - молибдена, рения и др. Эти наблюдения позволили авторам выделить в указанном направлении - от самых «молодых» к самым долгоживущим, «зрелым» рудам - три подзоны:

1. начального минералообразования;
2. уранонакопления;
3. обогащения.

Также было отмечено, что в направлении от подзоны начального минералообразования (передовая часть ролла и участки, примыкающие к зоне неизменных пород) к подзоне обогащения (тыловая часть ролла, крылья и останцовые залежи), через подзону накопления (мешковая часть) в профиле рудного ролла наблюдается последовательная смена убогих по содержанию, легкорастворимых тонкодисперсных руд, рудами богатыми, гнездово-вкрапленного характера, относительно устойчивыми к выщелачиванию. Установленная рудно-минералогическая зональность учтена при выделении геотехнологических подтипов руд.

Вещественный состав вмещающих пород.

Вещественный состав вмещающих пород является наиболее важным природным геотехнологическим фактором, определяющим характер и скорость выщелачивания, степень извлечения урана, скорость движения и необходимый химический состав растворов, концентрацию и расход реагентов и ряд других параметров. Невысокие содержания минералов, содержащих полезный компонент, приводят к тому, что основные технологические свойства урановых руд и вмещающих пород определяются преимущественно составом породообразующих минералов и их количеством. Важнейшими минералами, оказывающими влияние на выбор химического реагента и его расход, являются карбонаты и сульфиды.

Проницаемость руд.

Проницаемость (водопроницаемость) руд и вмещающих пород зависит от гранулометрического состава, причем определяющую роль при этом играют наиболее мелкие фракции. В качестве нижней границы балансовых руд, пригодных для фильтрационного выщелачивания, могут быть приняты пески с содержанием алеврито-глинистой фракции (менее 0,05 мм) свыше 30%. Увеличение содержания этой фракции приводит к столь значительной потере водопроницаемости, что такие руды обычно переводят в разряд технологического забаланса, независимо от содержания в них урана.

Проницаемость пород зависит от объема сообщающихся между собой пор и характеризуется коэффициентом фильтрации. Коэффициент фильтрации - есть скорость фильтрации при градиенте напора, равном единице, т.е.

$$V = K_f \text{ при } J = 1 \quad (2.4)$$

Водообильность рудоносного горизонта.

Удельные дебиты скважин варьируют в широких пределах. По степени водообильности пород выделено четыре типа водоносных горизонтов.

Слабой водообильностью обычно обладают песчаники, реже глинисто-алевритистые пески, умеренно водообильными являются алевритисто-глинистые пески, водообильными и высоко водообильными - пески и гравий.

Ширина рудных тел (залежей).

Пластово-инфильтрационные месторождения урана характеризуются большим разнообразием морфологии и параметров рудных залежей, которые зависят от размеров площади, занимаемой благоприятными для рудообразования толщами, общего объема урана, привносимого в рудовмещающие фации, контрастности геохимических барьеров, а также продолжительности поступательного развития реакций взаимодействия кислородных урансодержащих вод и пород с первичными или вторичными восстановительными геохимическими свойствами [7]. В совокупности, все эти факторы влияют на условия и выбор системы отработки месторождений способом ПСВ.

При ПСВ детали строения рудных залежей и их изменчивость в разрезе не столь важны, как при шахтном способе разработки месторождений. Технологическими растворами всегда оmyвается объем недр, существенно превышающий объем, занимаемый рудой. Гораздо более важное значение для ПСВ имеют конфигурация и размеры рудных залежей в плане, особенно их ширина. По этому признаку [6, 9] выделены следующие подтипы рудных залежей: узкие - ширина в плане менее 50 м; умеренно узкие (от 50 до 100 м); умеренно широкие (от 100 до 300 м) и широкие (более 300 м).

При прочих равных условиях весьма благоприятны для ПСВ широкие залежи.

Запасы полезного компонента в проницаемых рудах.

Вполне закономерно, что чем большее количество полезного компонента сосредоточено в проницаемых рудах, тем более эффективно будет идти отработка месторождения. Один из основных показателей эффективности - потери в недрах при добыче - напрямую обусловлен этим геотехнологическим свойством руд.

3. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

3.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Ниже приводится краткая характеристика пластово-инфильтрационных месторождений, отрабатываемых способом ПСВ, обозначен перечень и раскрывается содержание ряда основных понятий и терминов, используемых при оценке разных стадий геологоразведочных и добычных работ - от разведки месторождения до его эксплуатации.

При поисковых, разведочных, эксплуатационно-разведочных, лабораторных и опытных полевых работах на пластово-инфильтрационных месторождениях, предназначенных для отработки способом ПСВ, должны быть изучены основные геологические, гидрогеологические, геофизические и технологические параметры.

К геологическим параметрам относятся данные, характеризующие геологическое строение площади месторождения, морфологию рудных залежей, их размеры, пространственное положение, содержание в них урана и попутных полезных компонентов, закономерности их распределения, литологический и минералогический состав рудовмещающих и окружающих пород, взаимоотношения рудных и нерудных частей разреза месторождения, а также относительное количество запасов урана, приходящееся на различные литологические разности пород, и др.

3.2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛАСТОВО-ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА

В настоящее время и на ближайшее будущее основу минерально-сырьевой базы для добычи урана в Казахстане составляют экзогенные инфильтрационные месторождения урана, связанные с региональными зонами пластового окисления. В Казахстане это пока единственный тип месторождений, успешно эксплуатируемый способом подземного скважинного выщелачивания (ПСВ).

Ниже в краткой форме будут рассмотрены основные закономерности формирования эпигенетических пластово-инфильтрационных месторождений и локализации оруденения, которые определяют их особенности и возможность отработки способом ПСВ.

Образование пластово-инфильтрационных урановых месторождений реализуется только в условиях инфильтрационного гидродинамического режима подземных вод, т.е. в условиях, когда движение этих вод в пределах артезианских бассейнов направлено от их периферии к центральным частям. При этом уровни подземных вод в периферических частях бассейнов находятся на более высоких, чем во внутренних частях, гипсометрических отметках, благодаря чему создаётся устойчивый поток вод от поверхности на глубину и возникают условия для проникновения кислородсодержащих вод в хорошо проницаемые пласты разреза осадочных горных пород.

Образование инфильтрационных месторождений возможно только в условиях достаточно свободной миграции растворённого кислорода в проницаемые части земной коры. Главным условием возможности глубокого проникновения кислорода является отсутствие в приповерхностных условиях активных восстановителей, что возможно только в районах с аридным или субаридным климатом.

Процесс образования инфильтрационных месторождений требует наличия в породах, по которым происходит инфильтрация, активных восстановителей, таких как сингенетические с породами и эпигенетические с ними вещества. К первым относятся уголь и рассеянное углистое вещество (растительный детрит). Ко вторым - диагенетические и эпигенетические дисульфиды железа (пирит, марказит), а также нефтебитумы и восстановительные газы (сероводород, метан, водород). Последние могут присутствовать в пластовых водах в растворённой форме. Выделяют шесть первичных геохимических типов пород:

- 1) черноцветный (содержание органического углерода более 0,5%, железо присутствует исключительно в двухвалентной (форме) - обычно отвечает осадкам заболоченных пойм и озёр;
- 2) сероцветный (содержание органического углерода 0,05-0,5%, железо, в основном, в двухвалентной форме) - осадки русел и дельт крупных рек;
- 3) зеленоцветный (содержание органического углерода 0,01-0,05%, железо, в основном, в двухвалентной форме) - осадки открытых бассейнов, относительно удалённых от берегов;
- 4) белоцветный (содержание органического углерода менее 0,05%, железа не более 0,3%) - отложения пляжей и морских отмелей;
- 5) красноцветный (содержание органического углерода менее 0,1%, железо - исключительно в трёхвалентной форме) - делювиальные, пролювиальные и аллювиальные осадки мелких рек аридных климатических зон;
- 6) пёстроцветный - сочетание красноцветного типа с любым из перечисленных.

Важнейшим рудоконтролирующим фактором на инфильтрационных месторождениях являются зоны пластового окисления (ЗПО), причём оруденение связано с ними не только пространственно, но и генетически, т.е. генерируется ими. На границе выклинивания ЗПО образуется восстановительный барьер, на котором и происходит осаждение урана и формирование рудных залежей. Непосредственно к барьеру металл поступает от прилегающих областей питания вместе с нисходящими напорными кислородными водами, а также из рудовмещающих пород, проработанных зоной пластового окисления.

В настоящее время установлено, что граница зоны выклинивания пластового окисления представляет собой сложный геохимический барьер, совмещающий несколько его видов, среди которых различают: восстановительный, кислотнo-щелочной, сорбционный, нейтрализационный и, возможно, другие. Важнейшую роль в рудообразовании выполняет восстановительный барьер, сущность которого заключается в снижении окислительно-восстановительного потенциала (Eh) пластовых вод, расходуя содержащийся в них кислород на окисление веществ-восстановителей. На восстановительном геохимическом барьере происходит осаждение поливалентных элементов - урана, селена, молибдена, рения, ванадия, меняющих высоковалентную миграционную форму на низковалентную (например, U^{6+} на U^{4+}). Чем выше в породе содержание восстановителей, тем контрастнее восстановительный барьер и выше концентрация полезных компонентов в рудах.

Со слабо контрастным кислотнo-щелочным барьером, практически всегда образующимся на границе выклинивания ЗПО, связаны повышенные концентрации элементов постоянной валентности на её выклинивании, на растворимость которых изменение величины Eh сказываться не должно (итрий, скандий, ниобий и др.).

С влиянием сорбционного барьера связано появление повышенных концентраций таких элементов как цезий, рубидий, серебро и др., которые не могут быть объяснены влиянием ни Eh-, ни pH- барьеров.

Основной минеральной формой нахождения урана в промышленных рудах инфильтрационных месторождений являются его восстановленные окислы - настуран (смолка), силикат четырёхвалентного урана - коффинит.

В области выклинивания пластового окисления, при воздействии урансодержащих пластовых вод на породы рудовмещающих горизонтов, формируется латеральная рудоконтролирующая окислительно-восстановительная зональность. По направлению от безрудных первично сероцветных пород к тыловой части фронта пластового окисления выделяют следующие зоны:

0. Зона неокисленных безрудных пород.
1. Зона уранового оруденения с подзонами:
 - Ореола повышенных концентраций урана.
 - «Серых» - бедных руд.

- «Чёрных» - богатых руд.
- «Разрушающихся» руд.
- 2. Зона пластового окисления с подзонами:
 - Частичного окисления.
 - Неполного окисления.
 - Полного окисления.

В основу выделения перечисленных зон и подзон положено поведение двух типоморфных поливалентных элементов: железа, особенности геохимии которого на практике определяют визуально как наблюдаемую смену окраски пород от серой к жёлтой (красной), и урана, особенности геохимии и радиогеохимии которого определяют по изменению радиоактивности пород, фиксируемую радиометрами.

Обобщённый профиль этой зональности показан на рис.3.1.

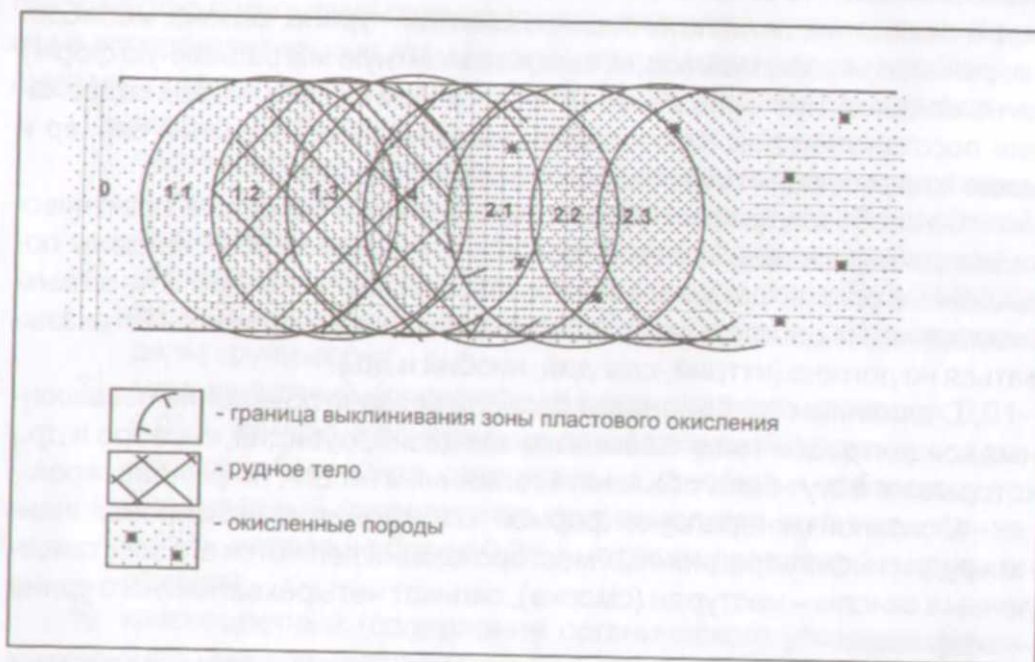


Рисунок 3.1. Профиль зональности фронта пластового окисления

Степень совершенства кристаллической структуры урановых минералов («упорность» их для выщелачивания) от подзоны 1.4 к подзоне 1.1 уменьшается, соответственно и выщелачивание урана в подзоне 1.1 требует меньшей концентрации растворителя, чем в подзоне 1.4. Особенности выщелачиваемости руд по подзонам необходимо принимать во внимание при прогнозировании выходных технико-экономических показателей процесса ПВ, в частности, концентраций металла в продуктивных растворах, внося поправки в содержание выщелачивающего реагента в ВР.

Зона 2 - зона пластового окисления, где происходит вынос урана. Ей соответствует существенно более низкий уровень фоновых содержаний урана, чем в зоне 0 - эпигенетически неокисленных песчаных пород. Это позволяет рассматривать проницаемые отложения в качестве одного из источников урана в процессе эпигенетического рудообразования. В пользу такого предположения свидетельствует величина кларка урана меловых и палеогеновых песков Сарысуйской и Сырдарьинской урановорудных провинций (соответственно 4.9 г/т и 6.7 г/т), которые на порядок выше кларка песчаных пород земной коры (0,45 г/т).

Характерная черта образования инфильтрационных месторождений заключается в том, что на геохимическом барьере в зоне непосредственного осаждения рудного вещества происходит непрерывное растворение ранее сформировавшихся руд в тыловой части этой зоны и перенос вещества во фронтальную её часть. В течении периода квазистабильности гидродинамических условий, формируемое оруденение непрерывно

движется. Скорость движения вод максимальна в центральной части фильтрующего горизонта, поэтому здесь формируется серповидное (в сечении) рудное тело (ролл), обращенное к потоку своей вогнутой частью. В тылу таких роллов породы фильтрующего горизонта всегда окислены, а впереди фронта - сохраняют первично сероцветный, восстановительный облик.

Вместе с тем, особенности литологии, геохимии и пористости рудовмещающих пластов, а также предшествующие и последующие за рудообразованием процессы часто способствуют значительному усложнению роллообразной формы залежей, которое может выражаться в слабом развитии одного или обоих крыльев, образовании двойных, многократных или обратных роллов, усложнении мешковой части или, напротив, отсутствием чётко выраженного мешка.

Фронтальную часть ролла с максимальной мощностью оруденения называют «мешком» или «мешковой частью» рудного тела, а тыловые маломощные части, прилегающие к верхней и нижней границам фильтрующего пласта - «крыльями». Классическая ролловая форма залежей обычно наблюдается в условиях однородных по проницаемости горизонтах, относительно небольшой мощности и при равномерном распределении восстановителей в пласте, что встречается относительно редко. В реальных условиях идеальная форма роллов часто нарушается. Одно или оба крыла могут отсутствовать. Фронтальная часть, в зависимости от характера проницаемости пласта, может быть сложной, с несколькими вытянутыми «языками», а сам ролл распадаться на систему сочленяющихся или разобщённых скоплений. Соответственно, рудные тела в сечении могут выглядеть как системы сложно сочленяющихся линз, извилистых столбов или, напротив, иметь характер простых пластовых тел. В плане рудные залежи, как правило, имеют форму извилистых лент, окаймляющих границу выклинивания ЗПО.

3.3. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

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

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

Геологическая документация подразделяется на первичную и сводную.

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

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

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

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

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

В паспорт скважины выносятся:

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

Геологическая колонка по скважине строится на стадии разведочных работ по опорным и геохимическим профилям в масштабе 1:1 000-1:500 для перекрывающих и подстилающих продуктивный горизонт частей разреза. По продуктивному горизонту масштаб 1:200.

На геологическую колонку выносятся:

- литологические колонки по данным полевой документации керна и сводная колонка с учётом интерпретации данных каротажа от устья до забоя скважины;
- конструкция скважины;
- положение и номера бороздовых проб;
- кривые всех видов каротажа, проведённых в открытом стволе;
- результаты определения грансостава и карбонатности по пробам;
- краткая геологическая характеристика пород по скважине.

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

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

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

При доразведке месторождения:

- геологическая карта района работ в масштабе 1:100 000 -50 000;
- карта рудоносности месторождения в масштабе 1:50 000 -25 000;
- геологические разрезы к этим картам в соответствующих масштабах;
- карта фактического материала по месторождению в масштабе 1:25 000;
- литолого-фациальная карта продуктивного горизонта в масштабе 1:25 000;
- карта изогипс поверхности подстилающего водоупора в масштабе 1:25000;
- планы подсчёта геологических запасов по участкам, залежам месторождения в масштабе 1:2000;

- разрезы продуктивного горизонта по разведочным профилям к планам подсчёта геологических запасов в масштабе: горизонтальном 1:2000, вертикальном 1: 500-200 с результатами опробования продуктивного горизонта на грансостав и карбонатность, эпюрами коэффициентов фильтрации по литологическим разностям пород, контурами рудных тел и параметрами рудных пересечений, а также границами подсчётных геологических блоков и зоной пластового окисления;
- планы изомощности и изопродуктивности рудных залежей в масштабах, соответствующих решаемым задачам.

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

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

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

3.4. ОПРОБОВАНИЕ

Основным видом опробования руд и вмещающих пород на месторождениях, разведываемых для отработки способом ПВ и обрабатываемых этим способом, является гамма-каротаж, который производится во всех скважинах, независимо от их назначения. Результаты интерпретации гамма-каротажа служат основой для подсчёта запасов металла. Методика гамма-каротажа и интерпретации его результатов изложена в разделе 6 настоящей инструкции. В некоторых случаях для подсчёта запасов могут использоваться керновые пробы.

Опробование керна буровых скважин имеет своей целью:

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

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

На стадии геологоразведочных работ при поиске и предварительной разведке пластово-инфильтрационных месторождений отбор керна производится по всему разрезу продуктивного горизонта. На стадии детальной разведки сеть буровых скважин, рекомендуемая «Инструкцией по применению классификации запасов к месторождениям радиоактивных руд» [1] для месторождений 2 группы, подгруппы 2а, составляет 400 - 100 м по простиранию залежи и 50 - 25 м вкост простирания. Сеть керна бурения и, соответственно, опробования керна в каждом конкретном случае обосновывается по данным предварительной разведки и должна обеспечивать с необходимой полнотой достоверность изучения распределения природных разновидностей руд в плане и разрезе

изучаемого горизонта, их радиологических свойств, характер околорудных изменений. Рудный материал, используемый для минералогической и количественной оценки радиоактивных элементов, должен представительно характеризовать изучаемые руды по мощности и содержанию. При этом, в каждом разведочном сечении кернового бурения фланги рудной залежи должны быть охарактеризованы керном, отобранным из одной оконтуривающей безрудной скважины.

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

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

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

При керновом опробовании на уран, радий, селен, рений и другие полезные компоненты, содержание которых учитывается при оконтуривании рудных залежей по мощности, опробование ведётся секционно, рядовыми пробами. Другие полезные компоненты и вредные примеси (фосфор, сера, карбонаты, органическое вещество и др.) определяются обычно по групповым пробам.

Порядок объединения рядовых проб в групповые, их размещение и общее количество должны обеспечивать равномерное опробование основных разновидностей руд на попутные компоненты и вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержания по простиранию и падению рудных залежей.

В пробу отбирается половинка керна, разделённого по оси. При длине секции 0.1 - 0.15 м в пробу отбирается весь керн. Опробование следует проводить непрерывно на всю мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на расстояние, превышающее мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в контур рудного интервала в соответствии с утверждёнными кондициями. Для урановых месторождений, обрабатываемых способом подземного скважинного выщелачивания, прослой равен 1 метру. Отбор керновых проб проводится с учётом геохимии, литологии и величины гамма-активности опробуемого интервала. Объединение в одну пробу кернового материала из разных рейсов не допускается. Длина отобранных проб меняется в пределах 0.1 - 1.0 м в зависимости от вышеперечисленных условий. На границе рудного интервала длина крайних рудных и первых безрудных проб (по результатам промера радиоактивности керна) уменьшается до 0.1 - 0.3 м. Вес отобранных проб должен систематически контролироваться для учета расхождения теоретического и фактического веса пробы в зависимости от длины и диаметра керна. Расхождение фактического и теоретического веса не должно превышать $\pm 20\%$ [1].

Для контроля качества опробования проводится отбор проб из вторых половинок керна (смежные пробы) другим исполнителем с последующим сопоставлением результатов по весу проб и содержанию определяемых компонентов. Для оценки представительности опробования периодически осуществляется отбор сопряжённых проб, при котором контрольная проба составляется из оставшейся половинки керна и хвостов основной пробы.

Бороздовое опробование керна проводится на спектральный анализ (на стадии поисково-оценочных работ и предварительной разведки), гранулометрический состав, карбонатность, содержание валового железа. Опробование производится сплошной бороздой малого сечения с учётом литологии, геохимических особенностей и величины гамма-активности керна. Опробованию подвергается керн рудных интервалов и вмещающих пород. Опробуемые интервалы не должны быть секущими по отношению к границам керновых рудных проб. Пробы формируются из второй половинки керна,

оставшейся после кернового опробования. Точность бороздового опробования необходимо контролировать отбором сопряженных бороздовых проб.

Отбор монолитов для лабораторного изучения физических, водно-физических и технологических свойств руд и рудовмещающих пород продуктивного горизонта производится из керна с ненарушенной структурой сразу после его подъёма на поверхность по разным литолого-фильтрационным типам руд и пород равномерно по всей площади рудной залежи.

Точечное опробование производится равномерно по всей площади месторождения для определения минералого-петрографических особенностей руд и рудовмещающих пород. Точечные пробы берутся как из рудного интервала, так и из вмещающих пород, при этом учитываются морфологические элементы залежи и ролла. При минералого-петрографическом изучении руд должен быть определён минеральный состав, их текстурно-структурные особенности, количество и распространённость основных минералов в породе.

В процессе минералогических исследований должно быть изучено распределение основных и попутных компонентов, а также вредных примесей, по залежам, составлен их баланс по формам минеральных соединений, изучен гранулометрический состав и распределение урана по гранулометрическим классам, получены данные о растворимости урановых и урансодержащих минералов в химических реагентах, используемых для извлечения урана. Должна быть изучена восстановительная ёмкость пород и руд, геохимическая зональность по этому признаку, содержание и природа различных восстановителей, соотношение закисного и окисного железа.

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

Пробы из отквартованных рудных интервалов могут состоять из:

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

Технологическая проба должна сопровождаться паспортом, в котором указывается время, способ отбора, вес пробы, содержание металла в руде и интервалы, из которых взят рудный керн, с их кратким описанием. К паспорту прилагаются: план опробования участка с указанием мест расположения опробованных скважин в контурах залежи и колонка (выкопировка из паспортов скважин опробованных интервалов). Паспорт пробы и приложения к нему подписываются лицом, ответственным за отбор пробы (старшим или главным геологом).

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

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

- кинетика извлечения урана;
- средняя концентрация урана в продуктивных растворах;

- отношение Ж: Т;
- удельные расходы реагента;
- степень извлечения урана.

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

Изучение попутных полезных компонентов производится в границах разведки основного полезного компонента. Уровень изученности полезных компонентов 1-ой группы должен быть сопоставим с уровнем изученности уранового оруденения. Характер распределения попутных полезных компонентов 2-ой группы изучают на опорных профилях с выходом за пределы зоны опробования основного компонента. Содержание попутных компонентов 2-ой группы определяется во всех рядовых пробах, сгруппированных по литологическому признаку, геотехнологическим типам и сортности по классам содержания. Длина групповых проб при опробовании попутных полезных компонентов не должна превышать 5 - 6 метров. Содержание попутных полезных компонентов 3-ей группы определяется в групповых пробах, характеризующих промышленные геотехнологические типы руд основного компонента. При большой мощности интервалов (более 10 - 15 м) по ним составляется несколько групповых проб. Группировка проб осуществляется по геохимическим профилям.

Содержание попутных полезных компонентов определяют рентгеноспектральным, атомно-адсорбционным, химическим и другими методами. Количество контрольных определений компонентов 2-ой группы должно составлять не менее 10 - 20%, 3-ей - не менее 20% суммарного объема определений.

3.5. ПОДСЧЁТ ЗАПАСОВ

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

Подсчёту подлежат:

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

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

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

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

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

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

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

Подсчёт запасов при разведке рудных тел и их подготовке к эксплуатации выполняется геолого-геофизической и гидрогеологической службой подразделения, проводящей эти работы. Самостоятельно или в составе соответствующей отчётности подсчёт запасов в установленные сроки предоставляется в Компанию на рассмотрение и утверждение.

3.5.1. Подсчёт балансовых геологических запасов

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

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

При подсчёте запасов гидрогенных пластовых месторождений выполняются последовательно следующие операции:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Необходимость подобного выделения продиктовано тем, что на стадии геологоразведочных работ, в соответствии с «ЕПОН при разработке месторождений полезных ископаемых в РК» [2], учитывают запасы полезных ископаемых по наличию их в недрах и соответствию утверждённым кондициям, независимо от неизбежного разубоживания и потерь при добыче.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3.5.3. Подсчёт запасов попутных полезных компонентов

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

Изучение попутных полезных компонентов производится в границах разведки уранового оруденения.

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

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

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

По условиям подсчёта запасов, характеру распределения основного и сопутствующего оруденения, геотехнологическим свойствам и возможности селективной или попутной отработки скважинными системами подземного выщелачивания, попутные полезные компоненты могут быть отнесены к одной из трёх основных групп.

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

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

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

Целесообразность подсчёта запасов попутных компонентов на месторождениях, разведываемых для ПСВ, определяется на поисково-оценочном этапе изучения

месторождения. Временные кондиции обосновываются в ТЭД, постоянные - в ТЭО кондиций.

3.6. НОРМАТИВЫ ПОДГОТОВЛЕННЫХ ЗАПАСОВ

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

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

При расчёте нормативов выделяются два периода эксплуатации:

- развитие предприятия до проектной производительности по растворам и металлу;
- эксплуатация месторождений на полную проектную мощность. Период развития рудника отличается от его стабильной работы тем, что количество вскрытых, подготовленных и готовых к добыче запасов постепенно возрастает и достигает постоянной величины, когда прирост запасов равен годовому погашению их по предприятию.

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

3.6.1. Вариант 1 (статистический)

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

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

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

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

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

$$V_1 = a \cdot k \cdot T_b \text{ [мес.]}, \quad (3.1)$$

где: a - коэффициент, характеризующий среднее количество готовых к выемке запасов в блоке относительно первоначальных запасов блока за период его отработки;

k - коэффициент резерва;

T_b - средняя продолжительность выщелачивания металла в блоке, [мес.].

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

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

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

$$K_{рез} = 1 + \sigma \cdot T_b \quad (3.2)$$

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

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(T_b^i - \bar{T}_b)}{n - 1}} \quad (3.3)$$

где: T_b^i - продолжительность выщелачивания в отдельных эксплуатационных блоках, [мес.];

\bar{T}_b - средняя продолжительность выщелачивания эксплуатационного блока, [мес.];

n - количество блоков.

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

Норматив подготовленных запасов в единицах времени, при достаточном количестве отработанных блоков на отдельном эксплуатационном участке, определяется по средней продолжительности бурения, обвязки, закисления (т.е. подготовки) и выщелачивания и вычисляется по формуле:

$$B_2 = a \cdot k \cdot T_b + T_3, \text{ [мес.]} \quad (3.4)$$

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

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

$$B_1 = \frac{B_1^1 \cdot C^1 + B_1^2 \cdot C^2 + \dots + B_1^n \cdot C^n}{C^1 + C^2 + \dots + C^n} \text{ [мес.]} \quad (3.5)$$

$$B_2 = \frac{B_2^1 \cdot C^1 + B_2^2 \cdot C^2 + \dots + B_2^n \cdot C^n}{C^1 + C^2 + \dots + C^n} \text{ [мес.]} \quad (3.6)$$

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

3.6.2. Вариант II (расчётный)

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

- годовой выпуск металла (Р/год) - 500 тонн;
- средняя удельная продуктивность рудных залежей = 4 кг/м²;
- средняя мощность рудовмещающего горизонта М = 25 м;
- сеть технологических скважин 50х25м;

- площадь, приходящаяся на одну ячейку откачной скважины,
 $S_{яч} = 2500 \text{ м}^2$;
- количество металла в одной ячейке откачной скважины
 $P_{яч} = S_{яч} \cdot P_{руд} = 10 \text{ т}$;
- производительность откачной скважины $q = 10 \text{ м}^3/\text{час}$;
- проектный коэффициент извлечения металла из недр $\varepsilon = 0,8$;
- коэффициент извлечения металла из продуктивных растворов на сорбции $K_{сорб} = 0,96$;
- коэффициент использования скважин $K_{исп.} = 0,9$;
- коэффициент резерва $K_{рез}$ принимается $= 1,25$;
- коэффициент отработки эксплуатационных блоков по месторождению на начало расчётного периода, $a = 0,5$;
- средняя концентрация металла в продуктивных растворах, добытых с площади одной ячейки ($C_{ср}$):

$$C_{ср} = \frac{\varepsilon \cdot P_{яч} \cdot d}{f \cdot M \cdot \gamma \cdot S_{яч}} \cdot 10^4 \text{ мг / литр} = 40 \text{ мг / литр} \quad (3.7)$$

где: d - объёмный вес продуктивного раствора, $[\text{т}/\text{м}^3]$;

f - отношение веса выщелачивающего раствора к весу руды, соответствующее заданному коэффициенту извлечения (принимается равным 2);

γ - объёмный вес руд и пород рудовмещающего горизонта, $[\text{т}/\text{м}^3]$;

(вместо формулы (3.7) некоторыми авторами считается более удобным применение выражения:

$$C_{ср} = \frac{mC \cdot \varepsilon}{f \cdot M_{эф}} \cdot 10^4 [\text{мг} / \text{л}],$$

где mC – метропроцент по урану $[\text{м}\%]$; ε – степень извлечения $[\%]$; f – отношение Ж:Т; $M_{эф}$ – эффективная мощность $[\text{м}]$).

- количество продуктивных растворов, перерабатываемых на сорбции, составит:

$$\text{а) в год } Q_{год} = \frac{P_{год}}{C_{ср} K_{сорб}} = 13000 \text{ тыс. м}^3 / \text{год} \quad (3.8)$$

$$\text{б) в сутки } Q_{сут} = \frac{Q_{год}}{350} = 37,1 \text{ м} \cdot \text{м}^3 / \text{сут.}$$

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

- количество одновременно работающих откачных скважин в году составит:

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

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

$$B_1 = a \cdot K_{рез} \frac{P_{отр}}{P_{год}} = \frac{0,5 \cdot 1,25 \cdot 172 \cdot 10 \cdot 0,8}{500} = 1,7 \text{ года} (20 \text{ мес.}), \quad (3.9)$$

где: $P_{отр}$ - количество одновременно обрабатываемых запасов, т

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

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

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

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

Рассчитанные нормативы запасов на разных месторождениях, обрабатываемых ПСВ, могут значительно отличаться из-за вариации природных условий рудных залежей и, соответственно, геотехнологических показателей способа ПСВ. В табл. 3.1 показано изменение нормативов готовых к добыче запасов в зависимости от изменения продуктивности залежей, вовлекаемых в отработку, средних концентраций металла в продуктивных растворах и дебитов откачных скважин при сохранении всех других показателей, указанных выше в расчёте нормативов готовых к добыче запасов по варианту II.

Таблица 3.1

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

Удельная продуктивность экспл. блоков		Концентр. металла в прод. р-рах. C_p	Дебит откачных скважин, Q	Кол-во одновременно работающих откач. скв. и отк.	Запасы металла на площади яч. скв., $P_{яч}$	Общие запасы по одновременно работающим откач. скв. $P_{общ}$	Нормативы готовых к добыче запасов $B_{год} = a \cdot K_{рез} \cdot \frac{P_{омт}}{P_{год}}$		Нормативы подготовленных запасов, $B_2 = B_{год} + 7 \text{ мес}$
M%	г/м ²	Мг/л	М ³ /час	Шт.	т	т	г	Год/мес	Год/мес
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.124	2	20	5	688	5.0	3440	1900	3.8/46	4.4/53
			10	344	5.0	1720	940	1.9/23	2.5/30
			15	288	5.0	1140	825	1.3/16	1.9/23
			20	172	5.0	880	500	1.0/12	1.6/19
0.188	3	30	5	444	7.5	3330	1820	3.5/44	4.3/51
			10	222	7.5	1800	880	1.8/22	2.4/29
			15	148	7.5	1100	600	1.2/14	1.8/21
			20	111	7.5	833	460	0.9/11	1.5/18
0.250	4	40	5	344	10.0	3440	1900	3.8/46	4.4/53
			10	172	10.0	1720	940	1.9/23	2.3/30
			15	114	10.0	1140	625	1.3/16	1.9/23
			20	85	10.5	880	470	0.9/11	1.5/18
0.310	5	50	5	266	12.5	3325	1820	3.7/44	4.3/51
			10	133	12.5	1663	920	1.8/22	2.4/29
			15	88	12.5	1100	800	1.2/14	1.8/21
			20	66	12.5	825	450	1.0/12	1.5/19
0.375	6	60	5	222	15.0	3330	1820	3.7/44	4.3/51
			10	111	15.0	1665	920	1.8/22	2.4/29
			15	74	15.0	1110	600	1.2/14	1.8/21
			20	55	15.0	825	450	1.0/12	1.6/19

Из табл. 3.1 видно, что при изменении удельной продуктивности залежей от 2 до 6 кг/м² и дебита откачных скважин от 5 до 20 м³/час, количество нормативов готовых к добыче запасов колеблется от 3.8 до 0.9 года, а подготовленных, соответственно, от 4,4 до 1,5 года.

Оба приведенных варианта в последнее время объединены, доработаны, детализированы и сформулированы в виде инструкции для объектов ТОО «Горнорудная компания» НАК «Казатомпром». В следующем разделе настоящая инструкция приведена, практически, в полном объеме.

3.6.3. Инструкция «расчёт коэффициентов обеспеченности запасами по степени подготовленности при отработке гидрогенных месторождений способом подземного скважинного выщелачивания» [5]

Общие положения

Инструкция составлена с учетом накопленного опыта по отработке гидрогенных месторождений способом ПСВ, наличием компьютерных программ, позволяющих оперативно рассчитывать геотехнологические показатели каждого эксплуатационного

блока. Это позволяет вести расчёт коэффициентов обеспеченности по месторождению с учетом индивидуальных особенностей каждого эксплуатационного блока, с учетом его геологических, гидрогеологических и геотехнологических особенностей.

Методика расчета коэффициентов обеспеченности

В основу предлагаемой методики заложена динамика отработки запасов по годам по каждому блоку месторождения. На каждую группу эксплуатационных блоков (в пределах геологической залежи) с близкими геологическими и геотехнологическими параметрами, составляется график зависимости извлечения урана от Ж:Т, график зависимости концентрации урана C_u в продуктивных растворах от Ж:Т.

На стадии проектирования и запуска блока в эксплуатацию, для расчетов коэффициентов обеспеченности запасами, берутся данные с теоретических выходных кривых в зависимости от принятых условий отработки (Ж:Т, извлечение (урана из недр).

Учитывая, что на практике реальные технологические параметры по эксплуатационным блокам отличаются от теоретических в большую или меньшую сторону, по результатам отработки блоков за отчётный период в теоретические кривые вводятся коррективы. На основании данных реальных выходных кривых производится расчёт коэффициентов обеспеченности на следующий за отчётным периодом срок.

Порядок проведения расчетов.

По результатам детальной и эксплуатационной разведок рассчитывается закисляемая горнорудная масса блока ($V_{грм}$, тыс. т) и запасы урана (Р, т). При вскрытии блока технологическими скважинами, в расчеты вводится поправка на фактический результат.

Задаётся коэффициент Ж:Т (f), который для каждого месторождения определён в Проекте на его отработку при заданном коэффициенте извлечения урана из недр, на основании данных опытной эксплуатации и геотехнологических исследований при геологоразведочных работах.

Задаётся дебит откачных скважин (q , м³/час).

Рассчитывается годовая производительность блока по продуктивным растворам $Q_{год}$ на каждый год отработки по формулам (1) и (2).

Для первого года отработки блока, $n=1$:

$$Q_{год}(n=1) = q * N * 24 * 365 * K_{исп}, \text{ м}^3 \quad (3.10)$$

где N - число работающих откачных скважин в блоке, шт.;

q - дебит откачной скважины, м³/час;

n - год отработки блока;

$K_{исп}$ - коэффициент использования скважин, равный 0,9 на основании многолетнего опыта эксплуатации гидрогенных месторождений.

На каждом месторождении в соответствии с его литолого-химическими, минералогическими особенностями неизбежно происходит снижение дебитов откачных скважин в зависимости от времени их работы. Исходя из конкретных условий месторождения в расчётах по годам необходимо предусматривать понижающий коэффициент $k_{\partial} = 0,95-0,9$ на каждый следующий год отработки блока.

Для второго года отработки и т. д. до полной отработки блока:

$$Q_{год}(n) = Q_{год}(n-1) * k_{\partial} \text{ м}^3 \quad (3.11)$$

где n - год отработки блока;

$Q_{год}(n-1)$ - годовая производительность блока по продуктивным растворам в год, предшествующий расчетному, м³.

Исходя из закисляемой горнорудной массы и принятого Ж:Т (Γ), определяется количество продуктивных растворов за время отработки блока:

$$Q_{отр} = V_{грм} * f, \text{ м}^3 \quad (3.12)$$

где $V_{грм}$ - закисляемая горнорудная масса блока, т.

Определяется по таблице время отработки блока (T_v , год), исходя из $Q_{отр}$ и объема продуктивных растворов по годам отработки $Q_{год}(n)$.

Определяется достигаемое Ж:Т по годам отработки $f(n)$, прямым расчётом:

$$f(n) = Q_{\text{год}}(n)/V_{\text{грм}} \quad (3.13)$$

По построенному графику извлечения (ϵ) от Ж.Т (f) определяется степень извлечения в % и погашение запасов $E(n)$, в долях единицы по годам в соответствии с $f(n)$, так как кривая извлечения рассчитана с учетом планового извлечения урана из недр, полученные данные погашения необходимо разделить на плановый коэффициент извлечения из недр. Сумма долей по годам равна единице.

По каждому году отработки за исключением года с максимальным погашением E_{max} (часто $E_{\text{max}} = E(1)$), определяется дефицит погашения $D(n)$ запасов относительно года с максимальным погашением:

$$D(n) = E_{\text{max}} - E(n) \quad (3.14)$$

Суммированием расчетных долей погашения и дефицита погашения по годам получаем **Коэффициент обеспеченности готовых запасов по блоку ($K_{\text{об1}}$)**:

$$K_{\text{об1}} = \sum E(n) + \sum D(n), \text{ год} \quad (3.15)$$

Вводя коэффициент резерва K_p , получаем окончательный **Коэффициент обеспеченности готовыми запасами ($K_{\text{об}}$)** по блоку:

$$K_{\text{об}} = K_{\text{об1}} * K_p, \text{ год} \quad (3.16)$$

Коэффициент резерва K_p определяется по формуле:

$$K_p = \frac{\sigma}{T_{\epsilon}} \quad (3.17)$$

где σ - коэффициент вариации продолжительности отработки блоков:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (T_{\text{в.ср}} - T_{\epsilon})^2}{n - 1}} \quad (3.18)$$

где $T_{\text{в.ср}}$ - среднее время отработки блоков, на основании статистических данных по месторождению, год

T_{ϵ} - время отработки конкретного блока, определяется по графику, год;

n - количество блоков.

Коэффициент обеспеченности готовыми запасами ($K_{\text{об.г}}$) по месторождению определяется как средневзвешенная величина с учетом запасов, числящихся в каждом блоке на начало отчетного периода.

$$K_{\text{об.г}} = \frac{\sum (K_{\text{об}} * P)}{\sum P}, \text{ год} \quad (3.19)$$

где $K_{\text{об}}$ - коэффициент обеспеченности готовыми запасами по каждому блоку месторождения, год;

P - запасы урана по каждому блоку, т.

Коэффициент обеспеченности подготовленными запасами ($K_{\text{об.п}}$) определяется с учетом времени на обвязку блоков (f_0), время на обвязку принимается 0,2-0,3 года в зависимости от особенностей схем вскрытия и обвязки блоков:

$$K_{\text{об.п}} = K_{\text{об.г}} + t_0, \text{ год} \quad (3.20)$$

Коэффициент обеспеченности вскрытыми запасами ($K_{\text{об.в}}$) определяется с учетом времени бурения скважин (t_{δ}), время на бурение принимается 0,2-0,5 года в зависимости от глубины и количества скважин.

$$K_{\text{об.в}} = K_{\text{об.п}} + t_{\delta}, \text{ год} \quad (3.21)$$

Пример расчета коэффициентов обеспеченности готовыми запасами приведен в табл. 3.2 и на рис. 3.1.

Таблица 3.2

Расчёт коэффициентов обеспеченности

№ п/п	№ блоков	V _{грм.} тыс.т	Запасы урана (P), т	Ж:Т (т)	Кол-во откачных скв. (N), шт.	Дебит отк. скв. (q), м³/час	Объем продуктивных растворов по годам отработки (Q/год), м³					Q _{отр.} тыс. м³	Время отработ (Тв), год	
							1	2	3	4	5			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	29-1	502	73	2.3	6	10	473040	435197	246363			1154.6	2.6	
2	14-3	1186	156	2.3	9	10	709560	652795	600572	552526	212347	2727.8	4.3	
3	9-3	1677	244	2.1	14	10	1103760	1015459	934222	468256		3521.7	3.4	
Ж:Т достигнутое за год (f-n)							Погашение запасов за год (E-n)					Коб.1	Крез.	Коб.
	f-1	f-2	f-3	f-4	f-5	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5				
1	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
1	0.94	0.87	0.49	0.00		0.69	0.26	0.06				1.25	2.58	
Дефицит погашения (Dn)								0.43	0.93			2.07		
2	0.60	0.55	0.51	0.47	0.18	0.41	0.38	0.13	0.06	0.02				
Дефицит погашения (Dn)								0.03	0.28	0.35	0.39	2.06	1.25	2.57
	0.66	0.61	0.56	0.28		0.47	0.37	0.12	0.04					
											1.87	1.25	2.33	
Ср. коэффициент обесп. (Коб.Г) 2,4														

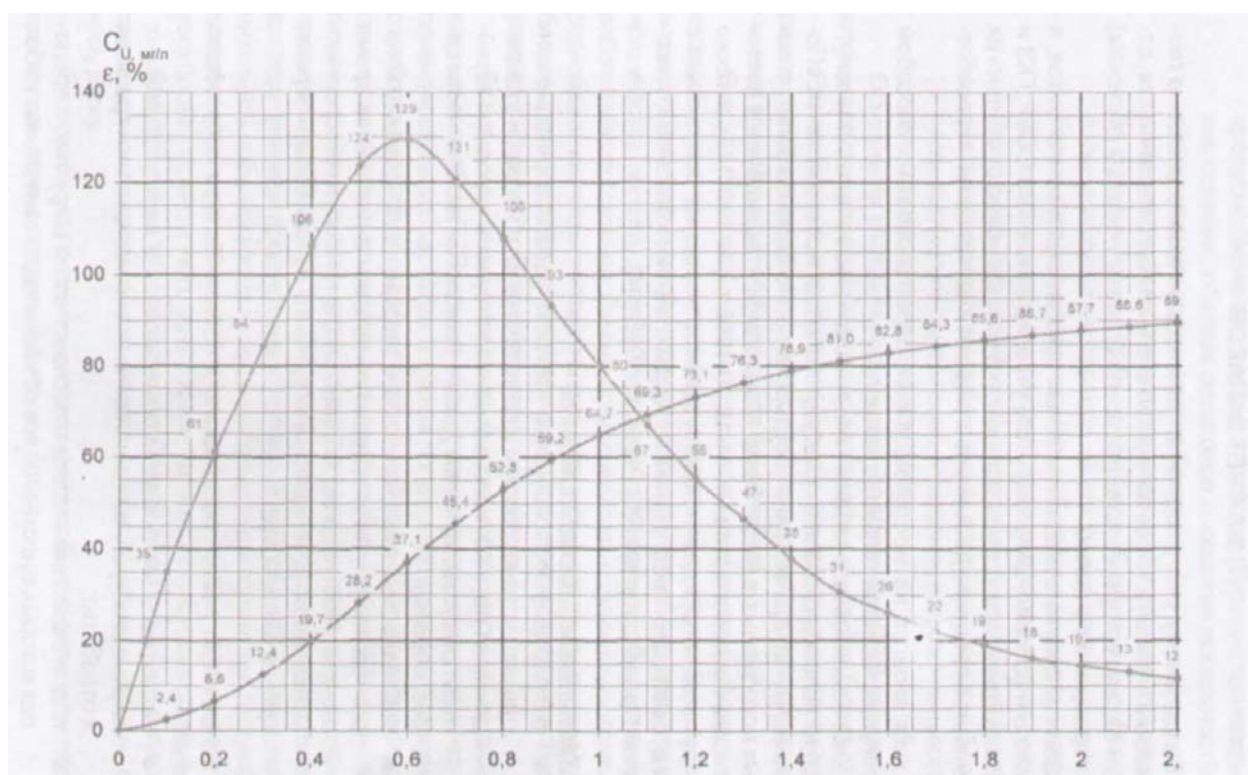


Рисунок 3.2. Прогнозный график содержания и извлечения урана в растворах. Месторождение «Мынкудук», блок 29-1

3.7. УЧЁТ ЗАПАСОВ

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

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

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

Учёт балансовых и забалансовых геологических запасов и сопутствующих полезных ископаемых осуществляется в соответствии с «Положением о порядке ведения

государственного баланса запасов полезных ископаемых в Республике Казахстан», утверждённым постановлением Правительства РК от 18.10.1996 г. (№ 1287) [3], а также «Инструкцией о порядке списания запасов полезных ископаемых с учёта добывающих предприятий и государственного баланса», утверждённой Председателем ГКЗ РК 14.12.1995 г. [4]

Характеристика групп запасов:

- *балансовые геологические* - запасы, удовлетворяющие условиям, установленным для подсчёта их в недрах и утверждённые ГКЗ, ТКЗ, использование которых в народном хозяйстве при существующем уровне технологии экономически целесообразно.
- *забалансовые геологические* - запасы, использование которых согласно утверждённым условиям в настоящее время экономически нецелесообразно или технически и технологически невозможно, но которые могут быть в дальнейшем переведены в балансовые.

По степени подготовленности к добыче запасы подразделяются на:

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

Основными учётными единицами запасов при ПСВ урана являются эксплуатационный блок и эксплуатационный участок (залежь).

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

Эксплуатационный участок - группа эксплуатационных блоков, имеющая самостоятельные системы коммуникаций с установками контроля и управления геотехнологическим процессом. Границы эксплуатационного участка (залежи) должны быть зафиксированы на общем плане отработки месторождения, где они могут совпадать с границами отдельной рудной залежи, геологического блока, включать несколько геологических блоков или их частей в зависимости от морфологии рудного тела. Запасы участка составляют обычно несколько сотен тонн.

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

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

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

3.7.1. Учёт балансовых геологических запасов

Учёт балансовых геологических запасов ведётся в таблице «Движения балансовых и вскрытых запасов». (Приложение 3.1) Порядок заполнения таблицы:

1. Балансовые запасы по геологическим блокам, залежам берутся по данным геологоразведочных работ в цифрах, утверждённых ГКЗ. ТКЗ и заносятся в графу 3.
2. В графах 4-6, указывается изменение балансовых запасов в результате доразведки месторождения или проведения эксплуатационной разведки с составлением Протокола прироста или не подтверждения запасов. Изменение величины балансовых запасов, подсчитанных по материалам их вскрытия технологическими скважинами, **не допускается**.
 - в графе 5 учитывается прирост или уменьшение, полученное в результате сравнения числящихся запасов рудного тела (геологического блока) с запасами, полученными после его доразведки или эксплуатационной разведки;
 - в графе 6 учитывается перевод принятых на баланс запасов из низших категорий за счёт повышения степени их разведанности (C_2 в C_1 , C_1 в В). В отдельных случаях, при вскрытии технологическими скважинами запасов категории C_2 , допускается их учёт как вскрытых запасов, без перевода в C_1
3. В графах 7-9 показывается погашение запасов с начала отработки до начала отчётного периода;
 - в графе 9 учитываются проектные (плановые) потери, при этом зависимость между величинами граф 8 и 9 следующая:

$$гр.9 = \frac{гр.8 \cdot (100 - \varepsilon)}{\varepsilon}$$

где: ε - проектный (плановый) коэффициент извлечения металла из недр, %;

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

4. В графе 10 показывается состояние запасов на начало отчётного периода с учётом проектных (плановых) потерь. В блоках, где идёт переизвлечение металла (добыча + проектные потери больше, чем количество вскрытых запасов), показывается их нулевое состояние; в строке балансовые запасы (В, C_1 , C_2) после их погашения показывается нулевое состояние запасов.
5. В графе 11 по вскрытым запасам показывается переизвлечение металла по блокам, залежам, участкам, месторождению, причём только объёмы добычи, без учёта проектных потерь; по балансовым запасам переизвлечение не показывается.
6. В графе 12 показывается прирост вскрытых запасов за счёт горно-подготовительных работ плюс переизвлечение за отчётный период.
7. Графы 13, 14 заполняются аналогично графам 5, 6 за отчётный период.
8. В графах 15-17 показывается погашение за отчётный период, причём в блоках, где идёт переизвлечение металла, потери в гр.7 должны показываться равными нулю.
9. В графе 18 показывается переизвлечение за отчётный период.

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

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

3.7.2. Учёт вскрытых, подготовленных и готовых к добыче запасов

Учёт подготовленных запасов осуществляется по эксплуатационным блокам, участкам отдельно по вскрытым, подготовленным и готовым к добыче запасам и ведётся в таблице «Движение подготовленных и готовых запасов урана». (Приложение 3.2).

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

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

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

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

3.8. ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ПОДГОТОВЛЕННЫХ ЗАПАСОВ И ЗАТРАТ НА ГПР

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

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

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

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

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

Если при инвентаризации установлено, что фактические затраты превышают плановую цифру, то переходящий остаток непогашенных сумм ГПР на конец отчётного периода определяется по плановой себестоимости единицы подготовленных запасов, а все отклонения от неё относятся на себестоимость текущей добычи за последний месяц отчётного периода.

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

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

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

Прирост готовых к добыче запасов отражается в таблице «Движения подготовленных и готовых запасов урана», направляемой в качестве отчётного документа

в Компанию. После утверждения цифры прироста готовых запасов в Компании, они служат основанием для последующих технико-экономических расчётов.

3.9. ОТЧЁТНОСТЬ

Ежеквартально в Компанию предоставляются таблицы движения балансовых и подготовленных запасов (приложения 3.1 и 3.2) с кратким анализом причин отклонения от плановых цифр прироста запасов. Срок предоставления - 15-ое число месяца, следующего за отчётным кварталом.

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

Геологическая часть Геолого-производственного отчёта должна содержать следующие разделы.

Введение.

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

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

I. Эксплуатационно-разведочные работы.

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

II. Горно-подготовительные работы и добыча металла.

1. Горно-подготовительные работы.

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

1.1. Вскрытие запасов.

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

1.2. Подсчёт и учёт вскрытых, подготовленных и готовых запасов.

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

1.3. Тематические и лабораторные исследования геолого-гидрогеологических условий ПСВ.

2. Добыча металла.

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

III. Изменения в запасах

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

Текстовые приложения:

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

Графические приложения:

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

А. ТЕКСТОВЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ К РАЗДЕЛУ 3

Таблица движения балансовых и вскрытых запасов урана в недрах

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

Приложение 3.2.

Таблица движения подготовленных и готовых запасов урана в недрах

Месторождение, залежь, блок	Состояние на начало отчетного периода				Прирост за отчетный период			Погашено за отчетный период				Состояние на конец отчетного периода			
	Вскрытые	Подготовленные	Готовые к добыче		Вскрытые	Подготовленные	Готовые к добыче	Всего	Добыча	Потери	В т.ч. переизвлечение	Вскрытые	Подготовленные	Готовые к добыче	
			С учетом плановых потерь	Переизвлечение										С учетом плановых потерь	Переизвлечение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2004 год															
Инкай	700	700	700	-	280	280	280	170	140	30	-	810	810	810	-
2005 год															
	810	810	810	-	1320	1320	1320	420	350	70	-	1710	1710	1710	-
2006 год															
	1710	1710	1710	-	1000	1000	1000	822	685	137	-	1888	1888	1888	-
Всего	3220	3220	3220	-	2600	2600	2600	1412	1175	237	-	4408	4408	4408	-

Приложение 3.3.

Таблица вывода средних мощностей и содержаний по эксплуатационному блоку № _____

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

Приложение 3.4

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

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

4. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

4.1. ЭТАП ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

4.1.1. Краткая характеристика месторождений

По стратиграфической принадлежности урановые месторождения, отрабатываемые или планируемые к отработке филиалами ЗАО «НАК «Казатомпром», относятся к двум группам. Первая группа - это месторождения в водовмещающих отложениях палеогенового возраста и вторая - в верхнемеловых отложениях.

Отложения палеогена характеризуются наличием водоносных горизонтов мощностью, в основном, по 20 - 30 м, разделенных региональными глинистыми водоупорами мощностью до 10-20 м. Горизонты входят в состав двух водоносных комплексов - эоценового и палеоценового. Гидравлическая связь между горизонтами или отсутствует, или слабая. Достаточно надежная гидравлическая изоляция между водоносными горизонтами позволяет определять фильтрационно-емкостные свойства раздельно для каждого горизонта с достаточной точностью.

Верхнемеловые отложения представляют собой, в основном, мощную песчаную толщу с глинистыми прослоями (100 -150 м). Глинистые прослои не выдержаны по площади, небольшой мощности, от нескольких до 5-10 метров.

По положению пьезометрического уровня подземных вод на месторождениях выделяются участки с положительным (выше поверхности земли) и отрицательным (ниже поверхности земли) уровнем.

При положительном уровне способом откачек является выпуск самоизливающихся подземных вод, а пьезометрический уровень замеряется манометрами. При отрицательном уровне откачки проводятся эрлифтом или погружными насосами. Замер уровня производится электроуровнемером.

По химическому составу подземные воды палеогеновых отложений на всех месторождениях, за исключением месторождения Уванас, пресные с минерализацией 0,3 - 1,0 г/дм³. В верхнемеловом водоносном комплексе на всех месторождениях Шу-Сарысуйской провинции подземные воды солоноватые и соленые с минерализацией от 1,5 г/дм³ до 6,0 г/дм³. На месторождениях Сырдарьинской провинции подземные воды пресные с минерализацией до 1,0 г/дм³.

Независимо от минерализации, подземные воды на всех месторождениях содержат комплекс радионуклидов в количестве, значительно превышающем нормы для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

4.1.2. Цели этапа геологоразведочных работ

Одним из важнейших условий, определяющих пригодность месторождений для подземного выщелачивания, является благоприятная гидрогеологическая обстановка, поэтому гидрогеологические и инженерно-геологические исследования - необходимая часть комплекса работ при разведке гидрогенных месторождений урана для разработки методом ПСВ.

Конечной целью этих исследований является характеристика гидрогеологических и инженерно-геологических условий месторождений с полнотой, достаточной для выяснения возможности добычи урана методом ПСВ, установления гидрогеологических и инженерно-геологических особенностей ведения эксплуатационных работ, обоснования исходных данных к составлению проекта промышленной разработки и т.д.

Под гидрогеологическими условиями подразумевают гидрогеологическую структуру, число и характеристику водоносных горизонтов, их водообильность и статические уровни, направление и скорость движения подземных вод, фильтрационные свойства пород, гидравлическую связь водоносных горизонтов, распространение и

надежность (выдержанность) водоупоров, химический состав пластовых вод и их температуру.

Главными задачами гидрогеологических исследований являются:

- установление возможности и условий фильтрации растворов по рудовмещающим породам;
- определение основных гидрогеологических параметров;
- изучение внутреннего строения рудовмещающего горизонта;
- обоснование дебитов технологических скважин;
- прогноз изменения гидрогеологических условий в процессе эксплуатации;
- оценка возможного взаимного влияния разработки месторождений и водозаборов подземных вод.

В результате этих работ должны быть изучены:

- литологический состав и мощность водовмещающих пород;
- глубины залегания водоносных горизонтов и уровней подземных вод, характер развития подземных вод (напорный, безнапорный), положение месторождений в гидрогеологической структуре, направление движения и скорость естественного потока подземных вод, подстилающий и перекрывающий водоупоры, емкостные и фильтрационные свойства пород рудовмещающего горизонта, проницаемость рудных и безрудных пород, наличие смежных водоносных горизонтов и их гидрогеологические характеристики, влияние на динамику подземных вод основных тектонических нарушений, химический состав и агрессивность подземных вод. При наличии водозаборов подземных вод необходимо изучение условий их возможной взаимосвязи с месторождениями при разработке методом ПСВ.

Главными задачами инженерно-геологических исследований являются:

- обоснование инженерно-геологических типов пород в разрезе месторождений, в первую очередь, рудовмещающих горизонтов;
- определение условий бурения и оборудования технологических скважин, строительства поверхностных сооружений.

При этом должны быть изучены:

- грансостав, водно-физические и фильтрационные свойства пород, слагающих разрез месторождений (наиболее детально изучаются рудовмещающие отложения), категория пород по буримости, степень устойчивости пород при бурении и оборудовании скважин, наличие в разрезе месторождений интервалов, осложняющих сооружение скважин (с поглощением промывочной жидкости, с пучащими или плавунными породами), температурный режим в интервалах залегания оруденения и в разрезе всего месторождения, строение поверхности месторождения. Кроме того, необходимо иметь сведения о сейсмичности района, возможных геодинамических явлениях (сели, оползни и др.), климатических условиях, землепользовании на рудной площади, почвенном и растительном покрове.

4.1.3. Благоприятные факторы проведения ПСВ

Благоприятное или неблагоприятное сочетание гидрогеологических и инженерно-геологических факторов определяет экономику процесса ПСВ, а в некоторых случаях, и саму техническую возможность применения этого способа.

Водопроницаемость руд и пород занимает первое место в ряду гидрогеологических (факторов, влияющих на эффективность подземного выщелачивания. Отработка месторождений возможна только в том случае, когда продуктивный горизонт сложен водопроницаемыми породами и обводнен. Важным фактором является соотношение фильтрационных свойств рудных и вмещающих пород. Благоприятной является ситуация, когда рудные породы имеют большую проницаемость, чем вмещающие.

При наличии на месторождении нескольких водоносных горизонтов желательна их надежная изоляция, так как отсутствие таковой может затруднить отработку месторождения способом подземного выщелачивания.

Ряд других, менее важных факторов, также определяет степень пригодности месторождений к их отработке способом ПСВ. В итоге, гидрогеологические факторы, определяющие пригодность месторождений к отработке, сводятся к следующему:

- гидравлическая связь продуктивного водоносного горизонта со смежными горизонтами отсутствует или затруднена;
- подстилающие породы водонепроницаемы, наличие верхнего водоупора, хотя и необязательно, но весьма желательно;
- проницаемость руд выше проницаемости вмещающих пород;
- коэффициент фильтрации руды не менее 1,0 м/сут;
- напорный характер подземных вод предпочтительнее, чем безнапорный;
- подземные воды имеют высокую температуру (более 20°C) и низкую минерализацию;

4.1.4. Виды и состав работ

Способами изучения гидрогеологических условий месторождений служат буровые, геофизические, опытно-фильтрационные, лабораторные работы и стационарные наблюдения. Инженерно-геологические условия изучаются посредством буровых, геофизических и лабораторных работ.

Положение месторождения в гидрогеологической структуре относительно областей питания и разгрузки подземных вод, направление движения и скорость подземных вод определяются по результатам сбора и анализа всех имеющихся гидрогеологических материалов по району месторождения, в том числе и по материалам сторонних организаций, а также, при необходимости, по дополнительным скважинам, сооружаемым в нескольких километрах по обе стороны от рудных зон.

Литологический состав, мощность и глубина залегания водоносных и водоупорных пород, их выдержанность в плане и разрезе определяются по скважинам. Глубина уровня и напор подземных вод на кровлю водоносных горизонтов определяются по результатам откачек.

Емкостные и фильтрационные свойства пород рудовмещающих горизонтов определяют после выполнения комплекса опытно-фильтрационных, геофизических и лабораторных работ.

Характеристика перекрывающих и подстилающих водоупоров, условия и степень взаимосвязи рудовмещающего и смежных безрудных водоносных горизонтов изучаются по скважинам и результатам опытно-фильтрационных работ на скважинах, пробуренных на рудовмещающий и смежные водоносные горизонты. По скважинам на смежные водоносные горизонты определяются также и их гидрогеологические параметры.

Химический состав подземных вод для оценки их качества и агрессивности определяется в лаборатории. Гранулометрический состав, водно-физические и фильтрационные свойства пород определяют в лаборатории по керновым пробам и монолитам. Фильтрационные свойства также оценивают по геофизическим исследованиям в скважинах.

Температурный режим рудовмещающих горизонтов определяют при термокаротаже скважин.

4.1.5. Методика работ

4.1.5.1. Особенности проведения гидрогеологических и инженерно-геологических работ на разных стадиях

Особенностью изучения гидрогеологических условий гидрогенных месторождений урана применительно к эксплуатации их методом ПСВ, является несколько опережающее проведение комплекса гидрогеологических исследований относительно разведки собственно урановых руд.

Такое опережение наиболее важно на месторождениях со сложным литолого-фациальным разрезом и затрудненной фильтрацией вод, то есть на месторождениях, возможность и экономичность отработки которых способом ПСВ определяется, прежде всего, гидрогеологическими факторами при подчиненной роли параметров оруденения.

При поисково-оценочных работах, по результатам бурения геологоразведочных скважин и геофизических исследований, проводится предварительное расчленение разреза месторождения по обводненности, выделяются потенциально водоносные и водоупорные горизонты. По району работ осуществляется обобщение материалов по гидрогеологической изученности, данные которых увязываются с результатами бурения поисково-оценочных скважин.

Сеть разведочных скважин. Для установления обводненности рудовмещающих отложений в пределах крупных литолого-фациальных зон или тектонических блоков на каждый рудовмещающий горизонт проводится бурение одиночных гидрогеологических скважин. Скважины (3-5 скважин на каждый рудовмещающий горизонт) проходятся, преимущественно, в рудной зоне, а для оценки направления движения, уклонов и скоростей движения подземных вод 2 - 3 скважины из общего числа бурятся за пределами развития оруденения.

Из керна гидрогеологических скважин по всему рудовмещающему горизонту из всех литологических разностей пород, а также из верхнего и нижнего водоупора, отбираются образцы пород с ненарушенной (монолиты) и нарушенной структурой для определения водно-физических и физико-механических свойств в лаборатории.

Опытно-фильтрационные работы. Основным видом опытно-фильтрационных опробований являются опытные откачки из скважин. В процессе откачек отбираются пробы воды на химические анализы для изучения природного химического состава подземных вод.

Стационарные наблюдения. После опытных работ проводятся наблюдения за режимом уровня и химическим составом подземных вод.

Предварительная разведка месторождения. Сеть скважин. По опыту работ расстояние между опытными кустами скважин составляет 3200 - 4800 м, а между одиночными скважинами - от 800 до 2400 м.

Основную и достоверную информацию по определению гидрогеологических параметров водоносных горизонтов получают по кустам скважин. Вверх и вниз по потоку подземных вод от рудной зоны (обычно в 1 - 5 км) проходятся одиночные скважины с целью определения направления движения, уклона, скорости движения подземных вод, связи с соседними гидрогеологическими структурами.

Изучение всех выше- и нижележащих водоносных горизонтов проводится по наблюдательным скважинам в составе гидрогеологических кустов, пробуренных на рудный горизонт.

Оценка взаимосвязи разведываемого месторождения и участков водозаборов подземных вод (шахтный водоотлив или водоснабжение) осуществляется по специальным профилям скважин, число которых зависит от расстояния между объектами и интенсивности водоотбора. В дальнейшем по этим скважинам систематически выполняются стационарные наблюдения за режимом уровня и химическим составом подземных вод.

Опытно-фильтрационные работы проводятся для определения основных гидрогеологических параметров: коэффициентов фильтрации, водопрод и мости, пьезопроводности, перетекания, водоотдачи, дебитов, радиуса влияния. В состав работ входят опытные одиночные и кустовые откачки, наливов и нагнетания воды в скважины.

Методика проведения и обработки откачек общепринятая, согласно рекомендациям учебных пособий, научной литературы, справочников [1,2,4,5]. Обработка и расчет гидрогеологических параметров производится способами и по формулам, приведенным в разделе 4.4. При изучении палеогеновых горизонтов для определения фильтрационных свойств продолжительность откачек достаточна от одних суток для одиночных и до трех - для кустовых. Временные графики прослеживания понижения (восстановления) уровня представляют, в основном, один прямолинейный участок и только в конце опыта иногда появляется второй выполаживающийся участок, для расчетов не использующийся.

Значительно сложнее динамика изменения понижения (восстановления) уровня при откачках из горизонтов верхнемелового водоносного комплекса. Распространено несколько методов определения гидрогеологических параметров для установившегося движения подземных вод при квазистационарном режиме фильтрации. При наличии логарифмической зависимости между понижением уровня в скважине и временем, наиболее распространенным методом обработки данных откачки является графоаналитический метод. Основным документом его обработки является график прослеживания понижения или повышения уровня во времени. На графиках временного прослеживания понижения (восстановления) уровня соответственно ступени возмущения (восстановления) наблюдаются прямолинейные участки, в основном три, все более выполаживающиеся в зависимости от увеличения вовлекаемой мощности водоносных отложений. Начальный участок графика соответствует минимальной мощности горизонта в зоне фильтра до ближних водоупоров в подошве и кровле, средний - мощности водоносного горизонта, последний - всей мощности водоносного комплекса между выдержанными региональными водоупорами. Сложность интерпретации графиков заключается в определении мощности горизонта для каждого участка графика. Для фильтрационной характеристики рудоносного горизонта, ограниченного локальными водоупорами, принимается начальный участок графика, наблюдаемый на протяжении от нескольких минут до одного - полутора часов от начала откачки (восстановления). В связи с этим, откачки большей продолжительности не требуются, достаточно двух - четырех суток.

Опытные наливов и нагнетания в скважины для оценки фильтрационных параметров используются относительно редко. Главное применение они находят при изучении приемистости нагнетательных скважин, при опробовании слабопроницаемых отложений, когда расходы опробования слишком малы и применение откачек становится технологически неудобным.

Дебитометрия. Дебитомерами определяют распределение дебита потока по стволу скважины при откачке. Интерпретация таких данных позволяет оценить фильтрационную неоднородность опробуемого пласта по вертикали и дифференцировать фильтрационные свойства горизонта. Использование дебитометрии эффективно и для оценки изменения сопротивления прискважинной зоны вдоль рабочей части фильтра. Дифференциация водоносного горизонта по фильтрационным свойствам производится также по геофизическим данным электрокаротажа в модификации КС и лабораторным результатам определения коэффициента фильтрации в монолитах пород. По геофизическим данным можно определять послойный коэффициент фильтрации фильтровой части по программе «Спектр».

Водно-физические и физико-механические свойства пород определяются в лаборатории по монолитам и пробам из керна скважин. На каждом разведочном профиле через 1600 м, реже через 800 м, в рудной зоне бурятся инженерно-геологические скважины с полным отбором керна для отбора монолитов на лабораторные исследования. Монолиты из рудовмещающих отложений отбираются по всей мощности, включая

верхний и нижний водоупоры. При значительной мощности продуктивного горизонта отбор монолитов производится с интервалом 3 - 5 м. Из надрудных отложений отбор монолитов производится через 3 - 10 м, но с обязательным опробованием каждой литологической разности. Отбор проб из рудовмещающих отложений на гранулометрический состав и карбонатность осуществляется обычно по сети 800х(50-25)м.

На основании изучения гидрогеологических и инженерно-геологических условий выделяются литолого-фильтрационные типы пород рудовмещающего горизонта, геотехнологические типы рудоносного разреза и гидрогеологические районы по совокупности факторов.

После заключения о пригодности месторождения по гидрогеологическим и инженерно-геологическим условиям к отработке способом ПСВ намечается детальная разведка месторождения.

При детальной разведке продолжается дальнейшая детализация гидрогеологических и инженерно-геологических параметров по площади и в разрезе с оценкой их влияния на отработку месторождения способом ПСВ.

Сеть скважин. Размещение дополнительных гидрогеологических кустов и одиночных скважин на стадии детальной разведки проводится с учетом выделенных в процессе предварительной разведки гидрогеологических районов и геотехнологических типов рудовмещающего разреза. При этом в каждом гидрогеологическом районе, геотехнологическом типе рудовмещающего разреза и на каждой обособленной крупной залежи руд задается отдельный куст гидрогеологических скважин. Кусты рекомендуется оборудовать в пределах разведочных профилей. По опыту работ расстояние между опытными кустами после завершения стадии детальной разведки составляет 1600 -2400 м, а между одиночными скважинами - 800 - 1600 м. При отсутствии анизотропии в кусте скважин достаточно одного луча.

Опытно-фильтрационные работы. На скважинах проводятся те же работы, что и на стадии предварительной разведки. Опытно-фильтрационные работы проводятся также и на участках опытно-промышленных геотехнологических исследований. Опытно-промышленные участки ПСВ за счет большого числа наблюдательных скважин при проведении опытно-фильтрационных работ представляют наибольшую ценность.

Изучение водоупоров. Большое внимание в процессе изучения рудовмещающих отложений следует уделять картированию и определению качества водоупоров, подстилающих и перекрывающих водоносный горизонт, а также всех водоупоров внутри рудовмещающего горизонта. Наличие любых водоупоров при ПСВ может снижать эффективную мощность обрабатываемого горизонта, уменьшая расход реагента и способствуя повышению концентрации урана в продуктивных растворах. Качество основных водоупоров изучается на опытных кустах, а на сложных участках - бурением пар скважин на верхний и нижний подгорizontы с проведением откачек или опытов налив-откачка.

Изучение инженерно-геологических условий.

а). **Рудовмещающие отложения.** Внутреннее строение рудовмещающих отложений изучается по данным документации керна скважин в сочетании с исследованиями литологии разреза геофизическими и лабораторными методами. Из керна отбираются пробы и монолиты для определения грансостава, водно- физических и физико-механических свойств пород. Отбор проб на грансостав и карбонатность осуществляется, преимущественно, по сети 400х(50-25)м. На каждом разведочном профиле через 800 м и в пределах участков изменения литолого-фациальных условий бурится по одной инженерно-геологической скважине.

б). **Изучение поверхности.** Для оценки инженерно-геологических условий верхней части надрудного разреза под строительство наземных сооружений проходятся мелкие скважины с отбором керна или шурфы (обычно глубиной до 10 м), проводится

геоморфологическая съемка поверхности, выделяются участки проявления возможных геодинамических процессов (оползни, сели и т. д.).

Условия бурения. По всем скважинам, бурящимся в пределах месторождения, изучаются условия, режимы и скорость проходки по всем литологическим разностям пород, устойчивость пород надрудной и рудовмещающей частей разреза, выделяются участки поглощения промывочной жидкости, развития пучащих и пływунных пород, прихватов бурового снаряда, отмечаются осложнения при обсадке скважин трубами. По геологоразведочным скважинам оценивается качество их тампонажа.

4.1.5.2. Гидрогеологическое районирование месторождений применительно к отработке способом ПСВ

Цель районирования - выделение в пределах месторождений участков (блоков), характеризующихся однотипным строением и граничными условиями, близкими значениями мощностей водоносных пород и основных гидрогеологических параметров, а также учет влияния этого комплекса факторов на условия отработки оруденения способом ПСВ.

К природным гидрогеологическим факторам, которые могут быть использованы в качестве критериев районирования, относятся:

1. Гидрогеологический режим рудовмещающего горизонта (напорный, безнапорный), величины напоров на кровлю горизонта. Эти факторы влияют на условия раствороподъема и, косвенно, на дебиты технологических скважин;
2. Наличие и характер ограничивающих водоупоров. Этот фактор влияет на гидродинамику процесса ПСВ и качество растворов;
3. Литологический состав, мощность проницаемость пород и общая водопроницаемость пласта - эти факторы влияют на дебиты технологических скважин, количество добываемого урана, расходы реагента;
4. Дебиты скважин, оборудованных фильтром в интервале залегания оруденения - этот фактор определяет интенсивность процесса ПСВ, качество продуктивных растворов;
5. Глубина залегания подошвы рудовмещающих горизонтов - этот фактор влияет на конструкцию и стоимость технологических скважин;
6. Наличие в надрудной толще водоносных горизонтов, участков поглощения промывочной жидкости, вывалов - эти факторы влияют на условия сооружения и осложнения при сооружении скважин, их стоимость.

Основными водовмещающими породами на месторождениях являются пески, реже гравий и слабые песчаники на глинистом или карбонатном цементе, то есть выделяются три основных типа водовмещающих пород: пески, песчаники, гравий.

Водоупоры на месторождениях обычно представлены глинами, алевролитами, плотными песчаниками. Мощность водоупоров изменяется в широких пределах. Выделяется 3 типа водоупоров:

- региональные - мощностью от 50 до 100 м и больше;
- местные - мощностью 10 - 50 м;
- местные линзующиеся - мощностью до 10 м.

По величине напоров подземных вод на кровлю выделяются горизонты:

- безнапорные;
- слабонапорные - до 100 м;
- умеренно напорные-100-300 м;
- высоконапорные - больше 300 м.

По удельным дебитам:

- слабоводообильные - менее 0,1 дм³/с;
- умеренно водообильные - 0,1 - 0,5 дм³/с;
- водообильные - 0,5 - 1,0 дм³/с;

- высоководообильные - больше 1,0 дм³/с.

По коэффициенту фильтрации:

- практически не проницаемые - менее 0.5 м/сут;
- слабопроницаемые - 0,5 - 2 м/сут;
- умеренно проницаемые-2 - 5 м/сут;
- проницаемые -5,0-10,0 м/сут;
- высокопроницаемые - больше 10,0 м/сут.

Эффективность процесса ПСВ в значительной степени зависит от контрастности проницаемости руд и безрудных пород, при этом наиболее оптимальным является случай, когда проницаемость руд выше проницаемости безрудных пород, а наименее благоприятным - когда проницаемость руд меньше проницаемости безрудных пород.

По значению коэффициента фильтрационной неоднородности $K_{фн}$ (отношение коэффициента фильтрации рудного тела и безрудных пород) выделяются 4 типа водовмещающих пород:

- весьма однородные - $K_{фн}$ выше 0.75;
- однородные - $K_{фн} = 0.75 - 0.5$;
- неоднородные- $K_{фн} = 0,5-0,25$;
- весьма неоднородные - $K_{фн}$ меньше 0.25.

По значению водопроницаемости пород выделяются водоносные горизонты со следующими величинами этого параметра:

- ничтожная водопроницаемость - меньше 1 м²/сут;
- слабая водопроницаемость-1 -10 м²/сут;
- умеренная водопроницаемость - 10 -100 м²/сут;
- высокая водопроницаемость - больше 100 м²/сут.

По величине общей минерализации подземные воды разделяются следующим образом:

- пресные - до 1 г/дм³;
- слабосоленые - 1 - 3 г/дм³;
- сильносоленые - 3 -10 г/дм³;
- соленые - 10 - 50 г/дм³.

По наличию в надрудной толще водоносных горизонтов выделяются 2 типа разреза:

- с наличием одного или нескольких водоносных горизонтов;
- надрудный разрез представлен водупором (наиболее благоприятный).

По наличию в надрудной толще участков осложнений при бурении (поглощение промывочной жидкости, набухание, пучение пород, оплывание и вывалы пород в стенках скважин):

- простой разрез без осложнений;
- сложный разрез с наличием осложнений.

Результаты гидрогеологического районирования изображаются в виде карт или серии карт, на которых проводится выделение участков по различным значениям основных параметров и дается оценка сложности гидрогеологических условий отработки месторождений способом ПСВ. При выделении участков рекомендуется следующая градация условий:

- простые;
- умеренно сложные;
- сложные;
- весьма сложные.

Масштаб карт гидрогеологического районирования, в зависимости от конкретных условий и масштабов оруденения, варьирует от 1:2000 до 1:10000. Районирование месторождения проводится дважды:

- первый раз при представлении материалов к ТЭДу;
- второй раз после завершения детальной разведки.

Опыт разведки месторождений показывает, что комплексная оценка гидрогеологических и инженерно-геологических условий отработки месторождений способом ПСВ возможна только по результатам гидрогеологического районирования, проведение которого обязательно.

4.1.5.3. Проведение натуральных опытов по подземному выщелачиванию руд

Разведочные работы на месторождениях завершаются проведением одно-двухскважинных и многоскважинных натуральных опытов по подземному выщелачиванию руд.

На опытных участках проводятся те же гидрогеологические работы, что и на обрабатываемых участках месторождений стадий подготовки и эксплуатации промышленных блоков. Ежедневно ведутся наблюдения за уровнями подземных вод в скважинах, дебитами, постоянством производительности скважин, отбираются пробы растворов.

В дальнейшем, по завершении натуральных опытов, на участках ОПВ проводятся стационарные наблюдения за растеканием и нейтрализацией остаточных технологических растворов в естественных условиях по наблюдательным скважинам, оставленным для этих целей. Из скважин ежеквартально отбираются пробы растворов на химические анализы. По результатам анализов составляются схемы изменения химического состава растворов. При необходимости бурятся дополнительные наблюдательные скважины, если технологические растворы выходят за пределы контуров участка. До начала вовлечения месторождения в промышленную отработку продолжительность наблюдений устанавливается максимальной. По результатам наблюдений даются прогнозы самовосстановления природной среды.

4.2. ЭТАП ЭКСПЛУАТАЦИИ

Комплекс гидрогеологических работ на месторождении, обрабатываемом способом ПСВ, выполняется с целью обеспечения:

- контроля параметров и учета результатов геотехнологического процесса;
- анализа условий и результатов процесса ПСВ;
- контроля технического состояния и параметров эксплуатации технологических скважин;
- охраны окружающей среды.

Состав и последовательность гидрогеологических работ может меняться в зависимости от геолого-гидрогеологических особенностей рудных залежей месторождения, а также от этапов изучения и отработки. Однако, установленные настоящей инструкцией виды, объемы и периодичность работ являются минимально необходимыми и подлежат обязательному выполнению.

Гидрогеологические работы проводятся на всех стадиях процесса подземного скважинного выщелачивания (сооружение и освоение скважин, закисление, отработка и ликвидация эксплуатационных блоков).

4.2.1. Гидрогеологические работы, выполняемые на стадии подготовки эксплуатационных блоков

В процессе подготовки эксплуатационных блоков к подземному выщелачиванию на сооружаемых технологических скважинах выполняются следующие виды гидрогеологических работ:

- освоение скважин;
- замеры уровней подземных вод;
- опробование пластовых вод;

- опытно-фильтрационные работы.

4.2.1.1. Освоение скважин

Освоение скважин - заключительный этап их сооружения, целью которого является обеспечение расчетной производительности скважин и подготовка к длительной эксплуатации в заданном технологическом режиме.

Работы по освоению включают удаление глинистой корки со стенок скважин (разглинизация) в интервале размещения фильтра, формирование зоны естественного фильтра и очистку ствола скважин от песчаных и шламовых пробок.

Освоение скважины начинается с промывки прифильтровой зоны технической водой, которая подается буровым насосом через бурильные трубы, для удаления глинистого раствора, шлама, песчаных пробок. Промывка продолжается до осветления воды, поступающей из скважины.

Освоение должно быть начато в течение менее 72 часов после окончания сооружения скважины.

Прокачка эрлифтом является основным этапом освоения скважин. Прокачку скважин следует проводить с постепенным повышением производительности от минимальной до расчетной. Это делается с целью выноса более мелких частиц и постепенного формирования около водоприемной части скважины естественного фильтра из более крупнозернистых частиц по принципу обратного фильтра. Если начинать прокачку с максимальных расходов, в поток будут увлекаться как мелкие глинистые, так и крупные песчаные частицы, что неизбежно приведет к кольятации прифильтровой зоны. Такая механическая закупорка пород представляет необратимый процесс, в результате которого резко снижается производительность скважины и ее восстановление не возможно ни одним из существующих методов.

Изменение производительности обеспечивается регулировкой подачи сжатого воздуха. Освоение осуществляется в три этапа при трех различных заглублениях смесителя эрлифта.

Прокачка должна проводиться с периодическими резкими 10-минутными перерывами подачи сжатого воздуха, которые повторяются до полного осветления воды на данной ступени заглубления смесителя. Ход откачки контролируется замерами дебита, удельного дебита, опробованием воды на содержание механических взвесей.

Прокачка ведется до полного осветления воды (содержание твердых взвесей не более $0,05 \text{ г/дм}^3$ для технологических скважин, для наблюдательных - не ограничено), стабилизации притока в скважину, достижения расчетного дебита (не менее 2-х кратного проектного) и нормируемого удельного дебита.

Продолжительность откачки должна быть не менее одних суток при 12-ти часовом стабильном дебите. Максимальная длительность откачки ограничена 5-ю сутками. Если в течение указанного времени расчетный дебит не достигается, прокачка должна быть прекращена. После проверки технического состояния скважины принимается решение о применении других способов освоения, либо проведении ремонтно-восстановительных работ.

Физико-химическая обработка скважин применяется для максимальной разглинизации и восстановления водопроницаемости прифильтровой зоны пласта. Заключается в циклическом задавливании химических реагентов в прифильтровую зону и выносе растворенных отложений с последующей откачкой на поверхность. Выбор химреагентов (состав, концентрация, объемы) определяется геологическими условиями участка бурения скважин и степенью глинизации прифильтровой зоны.

Если поглощение фильтрата бурового раствора в процессе бурения незначительно, то при освоении скважин обработка их осуществляется водными растворами поверхностно-активных веществ (ПАВ).

При высокой поглощающей способности пород пласта, а также при наличии в рудоносном горизонте большого количества глинистых включений, обработку призабойной зоны следует проводить раствором соляной кислоты (HCl) с добавлением бифторида аммония (NH_4HF_2) и последующей промывкой ПАВ, а также три полифосфатом натрия ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) или гексаметафосфатом натрия ($\text{Na}_2[\text{Na}_4(\text{PO}_3)_6]$).

Методика и порядок проведения комплексных физико-химических обработок скважин, осваиваемых после бурения, а также в период эксплуатации, определены действующей на предприятиях «Инструкцией по физико-химическим обработкам скважин».

Перед окончанием освоения, при достижении необходимого дебита, производится определение понижения уровня подземных вод и удельного дебита скважин при трех различных заглублениях смесителя эрлифта. Для этого:

- откачка прекращается на 30 мин. для восстановления уровня подземных вод;
- в воздухопроводную систему эрлифта монтируется манометр на 0,6 МПа;
- откачка продолжается, при этом работа компрессора поддерживается в одном установленном режиме;
- снимается отсчет пускового и рабочего давления с точностью $\pm 0,01$ МПа. Максимальное давление, показанное манометром при пуске эрлифта, называется *пусковым* давлением $P_{\text{пуск}}$. После снижения давления до момента установления динамического уровня воды в скважине (манометр прекращает фиксировать падение давления) манометр показывает рабочее давление $P_{\text{раб}}$;
- измеряется дебит объемным способом; емкость должна наполняться не менее 1 минуты, отсчет по секундомеру берется с точностью $\pm 0,2$ с;
- по формулам рассчитывается понижение S (м) и удельный дебит q ($\text{м}^3/\text{час}/\text{м}$ или $\text{дм}^3/\text{с}/\text{м}$).

По окончании освоения, из скважины отбирается проба откачиваемой воды на содержание твердых взвесей объемом 1 дм^3 , замеряется глубина скважины до уровня песка с погрешностью $\pm 0,1$ м, скважина шаблонируется, маркируется.

Размер шаблона для откачных насосных скважин:

длина - $1,5 L$, где L - длина насоса;

диаметр - $D + 2$ мм, где D - диаметр насоса.

Размер шаблона для закачных и эрлифтных откачных скважин:

длина - $1,5 \ell$, где ℓ - длина камеры пневмоимпульсной установки;

диаметр - $d + 2$ мм, где d - диаметр камеры пневмоимпульсной установки.

В скважине после освоения проводят токовый каротаж, по которому устанавливается истинное положение фильтра.

Полученные результаты заносятся в паспорт скважины.

4.2.1.2. Замеры уровня подземных вод

Через сутки после окончания освоения последней скважины эксплуатационного блока гидрогеологическая служба участка производит единовременный замер уровня подземных вод по всем скважинам блока для построения карты пьезометрической поверхности на момент окончания освоения. На время замеров откачные работы на соседних блоках должны быть прекращены.

Замеры производят от постоянной метки на оголовке обсадной колонны барабанными уровнемерами, электроуровнемерами различной конструкции или хлопущками. Измерения выполняют с погрешностью $\pm 0,01$ м, заносят в «Журнал замера уровня подземных вод и глубин скважин (до песка)». Результаты замеров вносят в паспорта технологических скважин и эксплуатационного блока.

Для построения пьезометрической поверхности замеры уровня подземных вод пересчитывают в абсолютные отметки. Необходимо вводить поправку, учитывающую плотность вод, которую измеряют для каждой скважины с помощью ареометра.

Установление истинного положения статического уровня необходимо как для расчета гидрогеологических параметров, так и для различных гидродинамических построений с целью учета растекания технологических растворов и определения направления их движения.

4.2.1.3. Опробование пластовых вод

Пробы пластовых вод на полный или сокращенный химический анализ отбирают после освоения скважин не менее чем в 3 скважинах на блок (и в каждой перебуренной скважине). Объем проб -1 - 2 дм³. Емкости с пробами герметично закрываются, раствор должен быть налит под самую пробку.

Измерения pH, Eh, Fe²⁺, Fe³⁺, HCO³⁻ должны производиться сразу же после отбора проб. Результаты анализов заносятся в паспорт эксплуатационного блока.

По результатам анализа уточняется состав пластовых вод, оценивается гидрохимическая обстановка в блоке.

4.2.1.4. Опытно-фильтрационные работы

Для опытнo-фильтрационных работ намечается куст технологических скважин, который разбуривается в первую очередь.

В задачу опытных откачек (наливов) входит определение коэффициентов фильтрации, водопродов и мости, удельного дебита.

Продолжительность откачки не менее 1 суток. Опытные откачки должны проводиться с соблюдением следующих основных требований:

- перед началом откачки замеряется статический уровень (пластовое давление), температура пластовых вод, глубина скважин;
- откачка (налив) проводится при постоянном дебите, изменение дебита допускается в пределах $\pm 10\%$. Для поддержания постоянного дебита используют электропогружные насосы;
- в процессе откачки проводятся замеры дебита, динамического уровня в центральной и наблюдательных скважинах, отбираются пробы воды на химический анализ и содержание мех. взвесей;
- после прекращения откачки прослеживается динамика восстановления уровня до статического, а также проверяется запескованность скважин.

Дебит скважин при откачках замеряется расходомером или объемным методом. Мерная емкость подбирается с таким расчетом, чтобы время наполнения было не менее 1 минуты. Замеры дебита в момент пуска скважины проводят через 5-10 минут, а после его стабилизации, через каждые 30 - 60 минут.

Измерение динамического уровня проводится от момента начала откачки до ее окончания как в центральной, так и в наблюдательных скважинах.

Частота взятия отсчетов определяется темпом падения уровня вод. Рекомендуется проводить замеры уровня в процессе откачки в наблюдательных скважинах с интервалом 1-2 минуты, постепенно разрежая до 6 - 8 часов к концу откачки; в возмущаемой скважине первые два часа - через каждые 5-10 минут, в последующие - через 30 - 60 минут до конца откачки.

Для замеров динамического уровня откачные скважины оборудуются пьезометрами.

Прослеживание восстановления уровня воды (технологических растворов) является обязательным завершением каждой откачки.

Методика проведения замеров восстановления уровня принципиально ничем не отличается от наблюдений за снижением динамического уровня в наблюдательных скважинах после пуска откачки.

Частота замеров уровня в процессе восстановления: первые 15 - 20 минут через 1 - 2 мин, далее, в течение 1 - 2 часа через 3-10 мин, затем через час до получения представительных материалов. По данным откачек и нагнетаний определяются:

- удельный дебит (приемистость) скважин;
- коэффициенты фильтрации и водопродимости;
- глубина установки раствороподъемного оборудования или средств подачи растворов и режимы их эксплуатации;
- фильтрационные сопротивления скважины за счет несовершенства по характеру вскрытия продуктивного горизонта;
- характер пьезометрической поверхности в элементарной ячейке эксплуатационного блока.

Коэффициенты фильтрации, водопродимости и пьезопроводности определяются по каждой наблюдательной скважине, затем выводятся средние значения по кусту скважин. Коэффициент фильтрации определяется для всех литологических разностей продуктивного горизонта с использованием геофизических данных. Эти данные используются для расчета дебита технологических скважин на данном блоке.

Материалы откачек и нагнетаний (графики, таблицы, расчеты) прилагаются к паспорту эксплуатационного блока.

4.2.1.5. Требования к подготовленным к эксплуатации технологическим скважинам

Пробуренная и подготовленная к сдаче в эксплуатацию технологическая скважина должна отвечать следующим требованиям:

1. иметь производительность не менее 2-х кратного проектного;
2. сохранять максимальный стабильный дебит в течение 12 часов непрерывной работы;
3. удельный дебит должен быть не менее нормируемого;
4. содержание твердых взвесей не должно превышать $0,05 \text{ г/дм}^3$ для технологических скважин и не ограничено для наблюдательных;
5. не иметь песчаной пробки до забоя;
6. устьевой срез обсадной колонны должен быть снабжен оголовком и выступать над поверхностью земли не менее чем на 0.3 метра, сделана цементная (бетонная) отмостка, скважина подписана и закрыта крышкой;
7. выполнен весь комплекс геолого-геофизических работ;
8. иметь паспорт, в который внесены все параметры скважины.

4.2.2. Гидрогеологические работы, выполняемые на стадии эксплуатации блоков

В процессе эксплуатации блока или участка ПСВ в обязательном порядке выполняются:

- наблюдения за работой технологических скважин и растворо-подъемного оборудования;
- наблюдения за уровнем подземных вод и запескованностью скважин;
- опробование продуктивного раствора (ПР) и выщелачивающего раствора (ВР) на содержание механических примесей, содержание металла, химических компонентов, рН, Eh;
- опытно-фильтрационные работы;
- ремонтно-восстановительные работы в скважинах.

4.2.2.1. Наблюдения за работой технологических скважин и раствороподъемного оборудования

Наблюдения за работой технологических скважин и раствороподъемного оборудования проводятся для учета количества (объемов) растворов, откачиваемых (кондиционных и некондиционных) и подаваемых в скважины, для контроля эксплуатационно-технического состояния скважин. В состав наблюдений входит измерение дебитов откачных и приемистости закачных скважин, фиксация времени работы скважин, расходов закачных и откачных растворов в коллекторах по рядам и блокам.

Время работы скважины определяется посменно с учетом всех остановок и вычитанием времени простоев из фонда сменного времени (8 часов). Все сведения об остановках, их причинах и принятых мерах записываются оператором в «Полевую книжку оператора ПВ» и докладываются начальнику участка ПСВ и начальнику смены.

Итоговые данные по объемам растворов из «Полевой книжки оператора ПВ» ежемесячно переносятся оператором в «Журнал производительности и времени работы скважин» и систематически заносятся гидрогеологом в компьютерную базу данных. Если расходомеры оборудованы интеграторами или сигнал отправляется на ЭВМ, то данные по объемам заносятся в компьютерную базу данных автоматически, при этом значительно повышается точность расчетов и упрощается их проведение.

Производительность скважин, рядов и блоков настраивается в балансе, согласно утвержденному регламенту.

Расходомеры поверяются службой КИПиА по утвержденному графику и в случае необходимости.

Визуальные наблюдения за работой раствороподъемного оборудования осуществляются оператором ПСВ ежемесячно. О замеченных неисправностях (снижение производительности, не восстанавливаемое падение давления, появление песка в скважинах, и др.) оператор делает отметку в «Полевой книжке оператора ПВ» и докладывает по инстанции для принятия необходимых мер.

Контрольные инструментальные наблюдения за работой средств раствороподъема должны регулярно производиться энерго-механической службой и КИП и А.

На откачных скважинах, оборудованных эрлифтами, ежемесячно осуществляют контрольный замер удельного расхода сжатого воздуха, проводят замеры статического и динамического уровней раствора в скважинах. Это позволяет судить о состоянии скважины и более эффективно настраивать работу эрлифта. Снижение динамического уровня и большой расход воздуха на скважине указывает на кольматацию фильтра. В случае ухудшения работы скважины персонал участка должен немедленно выяснить причину и принять меры по ее устранению, о чем оператором должна быть сделана запись в соответствующем журнале. Ежемесячно необходимо следить и за давлением сжатого воздуха в системе (см. также раздел 5.5),

Так как в процессе работы коэффициент фильтрации будет изменяться, а динамический уровень растворов может понижаться, то воздухопроводная труба в откачные скважины заглубляется под статический уровень на глубину, соответствующую рабочему давлению воздуха в магистральных трубопроводах. Для стабильного запуска скважин, при снижении давления воздуха в магистралях, используют диспергаторы (воздуховодная труба с определенно расположенными отверстиями). Эрлифтная скважина настраивается так, чтобы при максимальном дебите раствора расход воздуха был минимальным.

Погружные электронасосы устанавливаются ниже динамического уровня скважины для данной производительности. Паспортные данные погружных электронасосов должны соответствовать параметрам скважин.

По результатам наблюдений за объемами технологических растворов осуществляется поблочный учет добычи металла и затрат выщелачивающего реагента, а также оперативное регулирование баланса между объемами откачных и закачных

растворов по эксплуатационным блокам. Обеспечение такого баланса является обязательным условием нормального ведения процесса ПСВ и охраны окружающей среды.

4.2.2.2. Наблюдения за уровнем подземных вод и запескованностью скважин

Пьезометрические наблюдения позволяют судить о путях и скоростях фильтрации технологических растворов, о возможных потерях рабочих растворов и разубоживания их пластовыми водами, о гидрогеологической связи водоносных горизонтов, о степени стабильности гидродинамического режима на участке, о снижении удельной производительности скважин вследствие кольтатации фильтра или прифильтровой зоны.

Замеры уровня производятся в технологических скважинах, оборудованных пьезометрами, с помощью электроуровнемеров (пневмоуровнемеров), гидрогеологических рулеток. В наблюдательных скважинах уровни могут регистрироваться автоматически.

Для суждения о форме пьезометрической поверхности и характере развития депрессионной воронки обрабатываемой части месторождения, ежеквартально (при остановках участка через 1,5-2 часа после остановки) должно быть замерено положение динамического уровня и плотность растворов (ареометром) во всех наблюдательных, закачных и освобожденных от раствороподъемного оборудования откачных скважинах. Данные замеров записываются в «Журнале замеров уровней подземных вод и глубин скважин», а также вносятся в компьютерную базу.

Для построения пьезометрической поверхности замеры уровня подземных вод пересчитывают в абсолютные отметки, вводят поправки, учитывающие плотность растворов.

Замеры глубины скважин (до песка) проводятся ежеквартально (для закачных скважин ежемесячно) гидрогеологической рулеткой с целью определения степени открытости фильтров при помощи гидрогеологической рулетки и используются при построении профилей запескованности по эксплуатационным блокам. Кроме того, замеры глубины скважины выполняются перед ремонтно-восстановительными работами и после их проведения.

Вопрос о необходимости немедленной чистки запескованной скважины рассматривается в каждом конкретном случае отдельно. Если запескован безрудный (забалансовый) интервал, но не более 25% длины фильтра, чистку можно приурочить к ближайшей плановой остановке участка.

В любом случае немедленной чистке подлежат запескованные скважины с дебитом (приемистостью), ниже расчетного на 50% и запескованные скважины на 25 и более процентов длины фильтра.

4.2.2.3. Опробование продуктивного (ПР) и выщелачивающего растворов (ВР) на содержание механических примесей

Опробование ПР и ВР на содержание механических примесей проводится с целью:

- контроля качества очистки растворов, подаваемых в закачные скважины;
- контроля технического состояния откачных скважин;
- контроля условий эксплуатации погружных насосов.

Пробы отбираются из каждой откачной скважины и на выходе из пескоотстойников ПР и ВР. Пробы отбираются в емкость не менее 1 литра с широким горлом, которая предварительно ополаскивается дистиллированной водой и закрывается крышкой.

Запрещается ополаскивать емкость отбираемым раствором. Запрещается отбор проб на мех. взвеси в запыленном воздухе. Емкость наполняется исследуемым раствором путем пересечения всей ширины струи раствора в месте его отбора.

В случае, если содержание твердых взвесей в откачиваемом растворе из скважины, оборудованной насосом, превышает нормативное содержание (более 0,05 г/дм³), скважина должна быть немедленно остановлена, насос извлечен и подвергнут профилактическому ремонту. Спуск насоса в скважину в этом случае допускается только после проведения мероприятий по ликвидации причин пескования.

Приемистость закачных скважин находится в прямой зависимости от чистоты подаваемых растворов, при этом допускается наличие механических примесей в подаваемых растворах (ВР) до 50 мг/дм³.

4.2.2.4. Опробование ПР и ВР на определение химических элементов, рН, Eh, кислотности или бикарбонат-иона

Отбор проб откачных и закачных растворов для определения величины рН, Eh, кислотности или концентрации бикарбонат-иона (в зависимости от способа ПСВ) и содержания металла производится с целью оценки степени закисленности рудовмещающих пород, учета перехода в раствор металла, а также определения содержания выщелачиваемого реагента в растворе и возврата металла в недра.

Отбор проб выщелачивающих растворов на кислотность или концентрацию бикарбонат-иона производится на каждом из узлов подкисления ежемесячно.

Также ежемесячно осуществляется опробование растворов ПР и ВР на содержание урана, рН, Eh и кислотность или концентрацию бикарбонат-иона. Отбор проб из откачных скважин осуществляется согласно карте опробования.

В настоящее время наиболее информативными для оценки условий протекания процесса ПСВ признаны содержания в растворе бикарбонат-иона (для кислотного выщелачивания на стадии закисления), концентрации ионов закисного и окисного железа и окислительно-восстановительный потенциал.

Пробы на содержание HCO_3^- отбираются на стадии закисления (т.е. при изменении значений рН от природных до 5 + 4,5) из откачных скважин, а также из каждой наблюдательной (внутриконтурной) скважины. Опробование выполняется с целью контроля фазы временного роста концентрации металла в растворе за счет, так называемого, «бикарбонатного эффекта».

Отбор проб для определения Fe^{2+} и Fe^{3+} осуществляется из откачных и внутриконтурных наблюдательных скважин. Последовательное появление на стадии закисления в ПР ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} свидетельствует о начале формирования в продуктивной толще зоны активного выщелачивания.

Динамика изменения во времени отношения

$$\frac{C_{\text{Fe}^{3+}}}{C_{\text{Fe}^{2+}} + C_{\text{Fe}^{3+}}} \quad (4.1)$$

где: $C_{\text{Fe}^{3+}}$ и $C_{\text{Fe}^{2+}}$ - концентрация соответствующих ионов в растворе, содержит информацию об окислительно-восстановительной обстановке в недрах эксплуатационного блока и о физико-химических условиях перевода металла в раствор. Устойчивое увеличение этого отношения при падении содержания урана может свидетельствовать об отсутствии урана или о недостатке окислителя.

Для характеристики общих физико-химических условий гидрогеологического процесса в эксплуатационных блоках на каждом из основных фаз этого процесса из опорных откачных и внутриконтурных наблюдательных скважин отбирается проба раствора на сокращенный химанализ.

Отбор проб из скважин и рядов производится согласно карте опробования.

Отбору проб из наблюдательных скважин должна предшествовать откачка застоявшихся растворов в количестве 1-1,5 объема скважины.

4.2.2.5. Основные условия отбора проб воды и растворов

Одним из важнейших вопросов методики отбора проб является их представительность. При отборе проб воды и растворов должны быть соблюдены условия, исключающие влияние элементов случайности:

- химическая чистота посуды;
- сохранность естественного солевого и газового состава воды;
- недопустимость застойности и загрязнения проб при отборе;
- достаточный объем пробы (0,5 - 1 дм³ на сокращенный анализ, 1 - 2 дм³ на полный и специальный анализ);
- недопустимость смешения вод различных водоносных горизонтов;
- консервация проб;
- регистрация проб и т.п.

После каждого отбора пробы пробоотборник должен тщательно промываться дистиллированной водой. Если пробоотборник не полностью заполнен исследуемой жидкостью или в сливном кранике имеется течь, то проба считается непредставительной и пробоотбор необходимо повторить.

Измерения рН, Eh, Fe²⁺, Fe³⁺, HCO³⁻ должны проводиться сразу же после отбора проб.

4.2.2.6. Опытно-фильтрационные работы

Опытно-фильтрационные работы на стадии эксплуатации проводятся в конце периода закисления и в середине периода отработки блока для уточнения фильтрационных параметров пород (K_ф, K_м) продуктивной толщи на различных стадиях процесса ПСВ. Основным видом опытнo-фильтрационных работ являются наблюдения за восстановлением уровня раствора в технологических скважинах.

Опытнo-фильтрационные работы проводятся при плановых остановках участка ПСВ по общепринятой методике. Количество точек наблюдений устанавливается таким образом, чтобы опробовать богатые рудоносные участки и участки, близкие к забалансовым, но не менее одной скважины на каждый участок эксплуатационного блока и в каждый период отработки (1-2 на стадии закисления и ежеквартально на стадии активного выщелачивания). Материалы наблюдений за восстановлением уровня (графики, таблицы и расчет коэффициента фильтрации) прилагаются к паспорту блока и вносятся в компьютерную базу.

4.2.2.7. Ремонтно-восстановительные работы в скважинах (РВР)

Ремонтно-восстановительные работы в скважинах (РВР) выполняются с целью восстановления производительности технологических скважин, снизившейся в результате кольматации фильтра и прифильтровой зоны продуктивного пласта до предельно минимального уровня, деформации эксплуатационных колонн скважин, а также для ликвидации песчаных пробок, уменьшения пескования скважин и др.

Основными видами РВР являются: эрлифтная прокачка, промывка, удаление песчаных пробок, пневмоимпульсная обработка, реагентная обработка и комбинированные методы. Плановые ремонтно-восстановительные работы проводят согласно графику.

Песчаную пробку из скважин удаляют *эрлифтной прокачкой* с помощью установки УОС.

При *пневмоимпульсной обработке* на закольматированную зону фильтра воздействуют упругие колебания, возникающие при быстром истечении воздуха (под давлением из пневмокамеры) в жидкость, находящуюся в скважине. Для данного вида

обработки применяют установку АСП-ПВ. После пневмоимпульсной обработки скважину прокачивают эрлифтом.

При *химической обработке* для растворения кольматирующих образований, содержащих железистые и карбонатные соединения, применяют соляную кислоту (HCl) с концентрацией 20 - 25%, бисульфат натрия (NaHSO₄) с концентрацией 5 - 7% при температуре 60 - 70°C, кристаллический солянокислый гидразин (N₂H₄·2HCl) с концентрацией 8 -10%, триполифосфат натрия (Na₅P₃O₁₀) и гексометофосфат натрия (Na₂[Na₄(PO₃)₆]) с концентрацией 5 - 8%, а также реагент-восстановитель - порошкообразный дитионит натрия (Na₂S₂O₄) с концентрацией 6-8%, pH = 6 + 8, температура 18°C. После реагентной обработки требуется эрлифтная прокачка скважин.

Реагентную обработку с одновременным импульсным воздействием, производимым дискретно, можно осуществить с помощью установки АСП-ПВ. Для промывки скважин пеной, водой или реагентом, для разрушения и удаления песчаных пробок предназначена машина для обработки скважин МОС.

При проведении РВР на стадии эксплуатации блока растворы, извлекаемые при прокачках, должны собираться в специальную емкость или коллектор. Не допускается разлив технологических растворов на поверхность.

Все сведения о ходе проведения РВР в скважинах и полученные результаты заносятся в специальные журналы. Отметки о ремонтновосстановительных работах делаются также в «Паспорте технологической скважины» и вносятся в компьютерную базу данных.

4.3. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА СТАДИИ ЗАВЕРШЕНИЯ ОТРАБОТКИ И ЛИКВИДАЦИИ БЛОКОВ

На стадии ликвидации и списания блоков проводят контрольное бурение, рекультивацию ореолов остаточных технологических растворов и поверхности, ликвидацию технологических скважин, что сопровождается следующими видами гидрогеологических работ:

- рекультивация ореолов остаточных технологических растворов;
- замеры уровней подземных вод в наблюдательных скважинах;
- опробование остаточных растворов и пластовых вод;
- опытно-фильтрационные работы.

Для наблюдений за рекультивацией используют все наблюдательные скважины и 10% технологических скважин с целью равномерного охвата всей площади блока.

4.3.1. Рекультивация ореолов остаточных технологических растворов

Выбор способа рекультивации определяется методом выщелачивания и зависит от геолого-гидрогеологических особенностей месторождения и хозяйственного использования подземных вод. Основными способами являются:

1. *Промывка пластовыми водами.* Из блока откачиваются растворы с дальнейшим использованием их на новых блоках. При этом происходит подтягивание подземных вод естественного состава. Для достижения исходного химического состава подземных вод требуется извлечение на поверхность 5-10 поровых объемов отработанного блока.
2. *Естественная деминерализация.* Снижение минерализации растворов происходит естественным путем вследствие физико-химических реакций взаимодействия с вмещающими породами. Длительность процесса зависит от состава пород, их сорбционно-емкостных свойств и скорости естественного потока и может составлять десятки лет. Данный способ применяется в горизонтах, содержащих непригодные для водопользования воды.

Интенсифицировать процесс деминерализации можно, вытесняя остаточные растворы сжатым воздухом или откачивая растворы из специально пробуренных скважин в стороне от отработанной залежи с одновременной закачкой воды с противоположной стороны ореола.

3. *Реагентная очистка остаточных растворов на поверхности.* Очистка растворов происходит с помощью многоступенчатых химических схем и требует специальных установок. Для достижения естественной концентрации подземных вод необходимо извлечение 5-10 поровых объемов жидкости из отработанного блока. Такая очистка применяется при восстановлении вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения.
4. *Очистка растворов в недрах с помощью электросорбционной технологии.* В продуктивный горизонт через скважины вводят положительные электроды, а в глинистые участки разреза - катоды. Постоянный электрический ток создает направленное движение ионов металла к катоду и поглощение их глинами. Применение ограничено глубиной скважин до 100 м.

4.3.2. Замеры уровней подземных вод, опробование пластовых вод, опытно-фильтрационные работы

Наблюдения за уровнем подземных вод и построение карт пьезометрической поверхности производится 1 раз в квартал.

Отбор проб из наблюдательных скважин осуществляется согласно приложению 4.5 текстовых приложений к разделу 4. На сокращенный химанализ пробы отбираются 1 раз в квартал, на полный химана-из - 1 раз в год.

Геофизические методы контроля ореолов остаточных растворов осуществляют от 1 раза в квартал до 1 раза в год (в зависимости от выбранной схемы рекультивации).

Опытно-фильтрационные работы проводятся для определения проницаемости пласта после отработки полезного ископаемого методом ПСВ. Фильтрационные свойства пласта определяются по результатам опытных откачек или наливов. Работы проводятся так же, как описано в п. 4.1.4, желательнее использовать тот же куст скважин, что и перед сдачей блока в эксплуатацию.

4.4. ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

4.4.1. Расчет удельного дебита

Удельный дебит рассчитывается по формуле:

$$q = \frac{Q}{S} \quad (4.2)$$

где: q - удельный дебит, $[дм^3/с/м, м^3/час/м]$;

Q- дебит скважины, $[дм^3/с, м^3/час]$;

S- понижение, $[м]$

$$S = h_1 - h_2, М \quad (4.3)$$

где: h_1 высота столба жидкости в скважинах над смесителем, $[м]$;

h_2 - высота столба жидкости от смесителя до динамического уровня, $[м]$

Понижение рассчитывают через пусковое и рабочее давление. Пусковое и рабочее давление измеряют манометром, установленным на скважине.

$$h_1 = \frac{10^6 \cdot P_{\text{пуск}}}{9.8 \cdot \gamma \cdot K_{\text{эн}}} \quad (4.4)$$

$$h_2 = \frac{10^6 \cdot P_{\text{раб}}}{9.8 \cdot \gamma \cdot K_{\text{эн}}} \quad (4.5)$$

$$S = \frac{10^6 \cdot (P_{\text{пуск}} - P_{\text{раб}})}{9.8 \cdot \gamma \cdot K_{\text{эн}}} \quad (4.6)$$

где: $P_{\text{пуск}}$ - пусковое давление, [МПа];

$P_{\text{раб}}$ - рабочее давление, [МПа];

γ - плотность жидкости, [кг/м³], (плотность воды -1000 кг/м³);

$K_{\text{эн}}$ - коэффициент, учитывающий гидравлические потери в трубах, равный 1,1.

4.4.2. Определение расчетного дебита скважины

А) Дебит скважины зависит от типа фильтра и пород продуктивного горизонта и рассчитывается по формуле:

$$Q = \frac{l \cdot d}{a} \quad (4.7)$$

где: Q - дебит скважины, [м³/час];

l - длина фильтра скважины, [м];

d - диаметр фильтра, [мм];

a - эмпирический коэффициент, зависящий от фильтрационных свойств пород, уточняется по данным опытных откачек и ГИС для каждой литологической разности продуктивного горизонта данного блока.

Таблица 4.1

Таблица примерных значений коэффициента a

Порода	Коэффициент фильтрации, м/сут	Коэффициент, a
Песок мелкозернистый	2 - 5	90
Песок среднезернистый	6 - 15	60
Песок крупнозернистый	16 - 30	50
Гравий	Более 30	30

Б) Возможно применение формулы (4.7) в другом виде:

$$Q = \pi \cdot l \cdot d \cdot \eta \cdot V_{\text{ф}} \quad (4.8)$$

где: Q - дебит скважины, [м³/час];

l - длина фильтра скважины, [м];

d - диаметр фильтра, [м]

η - скважность фильтра, доли единицы;

$V_{\text{ф}}$ - допустимая входная скорость, [м/час], определяется по формуле:

$$V_{\text{ф}} = 65 \cdot \sqrt[3]{K_{\text{ф}}} \quad (4.9)$$

где: $K_{\text{ф}}$ - коэффициент фильтрации, [м/час]

4.4.3. Расчет коэффициентов фильтрации, водопроницаемости и пьезопроводности

Определение фильтрационных параметров горных пород при неустановившемся движении основывается на решениях уравнения пьезопроводности. Для расчета коэффициентов пьезопроводности, водопроницаемости, фильтрации поданным кустовой откачки используется графоаналитический способ прослеживания уровня во времени, по площади и комбинированный (метод Джекоба) [1, 2, 5].

Оценка фильтрационных свойств пласта выполняется на основании логарифмической аппроксимации формулы Тейса (зависимость Тейса) [2, 3, 5]:

$$S = \frac{0.183Q}{Km} \lg \frac{2.25at}{r^2} \quad (4.10)$$

где: S-понижение уровня, [м];

Q - дебит скважины, [м³/сутки];

Km - коэффициент водопроницаемости, [м²/сутки];

K - коэффициент фильтрации, [м/сутки];

m - мощность водоносного горизонта, [м];

a - коэффициент пьезопроводности, [м²/сутки];

г - расстояние от откачной скважины до наблюдательной, [м];

t- время откачки, соответствующее данному понижению, [сутки].

Формула Тейса справедлива для условий квазистационарного режима фильтрации, когда действует логарифмическая зависимость между понижением уровня в скважине и временем. Отличительной особенностью области квазистационарного режима является одинаковый темп снижения уровня во всех точках, кривые депрессии прямолинейны и параллельны. Время наступления квазистационарного режима t_0 может быть определено по формуле:

$$t_0 \geq 2/5r^2/a \quad (4.11)$$

Способ временного прослеживания

Этот способ заключается в прослеживании понижения уровня в скважине от времени и в построении соответствующей графической зависимости:

$$S = f(\lg t) \quad (4.12)$$

При $r = \text{const}$, график имеет вид полулогарифмической прямой. Строится линия тренда для усреднения графика (только для прямолинейной части, отвечающей квазистационарному режиму).

$$S = A_t + C_t \lg t \quad (4.13)$$

По линии тренда определяются угловой коэффициент C_t и отрезок, отсекаемый линией тренда на оси ординат A_t (при $\lg t = 0$). Угловой коэффициент C_t равен тангенсу угла наклона линии тренда к оси абсцисс. Гидрогеологические параметры (коэффициенты водопроницаемости и пьезопроводности) рассчитывают по формулам Тейса-Джекоба:

$$Km = 0,183Q/C_t \quad (4.14)$$

$$C_t = \frac{S' - S''}{\lg t'' - \lg t'} \quad (4.15)$$

$$\lg a = 2 \lg r - 0.35 + \frac{A_t}{C_t} \quad (4.16)$$

где: S', S'' - понижения уровня в первой и второй точках графика соответственно, $\lg t', \lg t''$ - логарифм отсчетов времени в первой и второй точках графика соответственно.

Способ площадного прослеживания

При этом способе строится график зависимости понижения уровня в наблюдательных скважинах от логарифма расстояния между наблюдательными и центральной скважинами:

$$S = f(\lg r). \quad (4.17)$$

При $t = \text{const}$ уравнение имеет вид

$$S = A_r - C_r \lg r \quad (4.18)$$

По линии тренда определяются угловой коэффициент C_r и отрезок A (при $\lg r = 0$), отсекаемый линией тренда на оси ординат. Угловой коэффициент C_r равен тангенсу угла наклона линии тренда к оси абсцисс. Гидрогеологические параметры (коэффициенты водопроницаемости и пьезопроводности) рассчитывают по формулам Тейса-Джекоба:

$$K_m = 0.366Q/C_r \quad (4.19)$$

$$C_r = \frac{S' - S''}{\lg r'' - \lg r'} \quad (4.20)$$

$$\lg a = 2 \frac{A_r}{C_r} - \lg t - 0.35 \quad (4.21)$$

где: S' , S'' - понижения уровня в первой и второй точках графика соответственно;
 $\lg r'$, $\lg r''$ - логарифм расстояния в первой и второй точках графика соответственно.

Способ комбинированного прослеживания

Обработку результатов опытных откачек производят на основании полулогарифмической прямой вида:

$$S = A_k + C_k \lg \frac{t}{r^2} \quad (4.22)$$

Способ заключается в прослеживании изменения уровня во времени одновременно в нескольких наблюдательных скважинах. Коэффициенты водопроницаемости и пьезопроводности определяют по угловым коэффициентам C_k и начальным ординатам A_k (при $\lg(t/r^2) = 0$) комбинированных графиков прослеживания

$$S = f\left(\lg \frac{t}{r^2}\right) \quad (4.23)$$

Коэффициенты водопроницаемости и пьезопроводности рассчитывают по формулам:

$$K_m = 0.183Q/C_k \quad (4.24)$$

$$\lg a = \frac{A_k}{C_k} - 0.35 \quad (4.25)$$

Угловым коэффициентом рассчитывают с использованием линий тренда по формуле:

$$C_k = \frac{S'' - S'}{\left(\lg \frac{t}{r^2}\right)'' - \left(\lg \frac{t}{r^2}\right)'} \quad (4.26)$$

где: S'' , S' , $\left(\lg \frac{t}{r^2}\right)''$, $\left(\lg \frac{t}{r^2}\right)'$ - координаты двух любых точек, расположенных на прямолинейной части графика.

Способ временного прослеживания по данным восстановления

Этот способ заключается в прослеживании восстановления уровня в наблюдательной скважине от времени.

Обработку данных производят по следующему уравнению:

$$S = \frac{0.183Q}{K_m} \lg \frac{t}{t - t'} \quad (4.27)$$

где: t' - продолжительность откачки;

t - время от начала откачки до момента, на который рассчитывается понижение уровня.

Этот метод может быть применен в зоне квазистационарного режима при соблюдении условия:

$$\frac{r^2}{4a(t - t')} \leq 0.1$$

Для определения коэффициентов водопроницаемости и пьезопроводности строят график функции:

$$S = f\left[\lg \frac{t}{t - t'}\right] \quad (4.28)$$

который должен иметь вид прямой, проходящей через начало координат.

Расчет коэффициента водопроницаемости производят по формуле

$$Km = \frac{0.183Q}{C} \quad (4.29)$$

где: С - угловой коэффициент графика, может быть рассчитан по координатам линии тренда или прямолинейного участка графика:

$$C = \frac{S' - S''}{\left(\lg \frac{t}{t - t'}\right)' - \left(\lg \frac{t}{t - t'}\right)''} \quad (4.30)$$

где: S'', S', $\left(\lg \frac{t}{t - t'}\right)''$, $\left(\lg \frac{t}{t - t'}\right)'$ - координаты двух любых точек, расположенных на прямолинейной части графика.

Постоянство дебита откачки является одним из обязательных условий применения формулы Тейса-Джекоба

Формула Дюпюи для несовершенных скважин

Для расчетов коэффициентов фильтрации и водопроницаемости также используется формула Дюпюи для несовершенных скважин:

$$Km = \frac{0.366Q \left[\lg \left(\frac{r_2}{r_1} \right) + 0.217(\xi_1 - \xi_2) \right]}{S_1 - S_2} \quad (4.31)$$

где: x_1 и x_2 - величины сопротивления за счет несовершенства по степени вскрытия в первой и второй наблюдательных скважинах, рассчитанные по таблице XV-I, «Справочное руководство гидрогеолога» т.1;

r_1 , r_2 - расстояния от откачной скважины до первой и второй наблюдательных соответственно, [м];

S_1 , S_2 - понижение уровня в первой и второй наблюдательных скважинах соответственно, [м].

4.4.4. Расчет объемов технологических растворов

Расчет объемов технологических растворов по скважинам и рядам, оборудованных расходомерами, производится по формуле

$$V_i = Q_i \cdot t_i \quad (4.32)$$

где: V_i - объем растворов скважины (ряда) за учетный промежуток времени, [м³];

Q_i - производительность скважины (ряда) по расходомеру, [м³/час],

t_i - время работы скважины (ряда) в учетном периоде, [час].

Расчет объемов технологических растворов по блоку производится суммированием объемов по рядам или скважинам.

Распределение растворов между смежными блоками, поданных в закачной ряд, осуществляется пропорционально объемам растворов, откачанных из смежных рядов за тот же промежуток времени:

$$V_{3-n} = \frac{V_3 \cdot V_{O-n}}{V_{O-n} + V_{O(n+1)}} \quad (4.33)$$

где: V_3 - объем растворов, поданных в смежный закачной ряд, [м³];

V_{3-n} - объем растворов закачного ряда, относящихся к блоку n, [м³];

V_{O_n} и $V_{O(n+1)}$ - объемы растворов из откачных смежных рядов блока n и блока n+1 соответственно.

4.5. ОТЧЕТНОСТЬ И ДОКУМЕНТАЦИЯ

При проведении гидрогеологических работ вся первичная гидрогеологическая информация во время разведки, а также на всех стадиях отработки залежи, своевременно и аккуратно заносится в следующие основные журналы:

- полевой журнал документации кустовой откачки (текстовое приложение 1)
- полевой журнал документации опытного налива (текстовое приложение 2)
- полевой журнал документации одиночной откачки (текстовое приложение 3)
- журнал регистрации обсадки и прокачки скважины (текстовое приложение 4)
- карта периодичности гидрогеологических наблюдений, опробования растворов и наблюдения за техническим состоянием скважин на участке ПВ (текстовое приложение 5)
- журнал освоения скважины - ведется буровой бригадой отдельно по каждой скважине и контролируется гидрогеологом участка (текстовое приложение 6)
- журнал опытной кустовой откачки (налива) - ведется гидрогеологической службой (текстовое приложение 7)
- полевая книжка оператора ПВ - выдается индивидуально каждому оператору ПВ. Постоянно находится у оператора во время его работы, контролируется технологом участка и гидрогеологом (текстовое приложение 8)
- журнал дебита (приемистости) и времени работы скважин - заполняется ежемесячно старшим оператором смены поданным операторских книжек, контролируется гидрогеологом и технологом участка (текстовое приложение 9)
- журнал производительности полигона - заполняется ежемесячно операторами ПВ поданным операторских книжек (текстовое приложение 10)
- журнал замера уровня подземных вод и глубин скважин (до песка) - ведется операторами гидрогеологической службы, контролируется гидрогеологом (текстовое приложение 11)
- журнал ремонтно-восстановительных работ - ведется операторами участка РВП (текстовое приложение 12)
- журнал учета химического состава технологических растворов
- журнал учета механических примесей технологических растворов
- журнал учета химического состава подземных вод
- журнал оперативной сводки по руднику - ежедневно фиксируется информация (по центральным счетчикам и расходомерам) о количестве добытых, переработанных и закачанных за сутки растворов, добытого металла, концентрации металла в ПР и ВР, о приходе и расходе кислоты и другая необходимая оперативная информация. Журнал может быть представлен в компьютерном виде, если позволяет степень автоматизации и диспетчеризации полигона.

Одновременно, вся полученная в ходе наблюдений и опробованная информация должна заноситься в соответствующие формы и в компьютерную базу данных.

При сдаче-приемке скважин в эксплуатацию, на каждую скважину, составляется акт сдачи, оформленный в соответствии с приложением 4.13 и утвержденный.

Заполняется паспорт скважины, где должна быть следующая информация:

- время начала и конца бурения;
- координаты скважины с абсолютной отметкой устья;
- конструкция скважины (глубина, положение манжеты, параметры обсадной колонны и др.);
- диаметр, длина и местоположение фильтра (по ТК после освоения)
- комплекс ГИС (ГК, ПС, КС, КМ, ТК, ТМ или ГГК - плотностной, инклинометрия);
- цементация;
- литология и коэффициент фильтрации по данным ГИС;

- расчетный и полученный при освоении дебит, удельный дебит, время и режимы освоения;

- уровень подземных вод и глубина до песка;

- запасы урана, продуктивность;

- все отклонения в процессе бурения и освоения и др.

Данные по технологическим скважинам вводятся в общую базу данных на ЭВМ, с последующим пополнением в процессе эксплуатации, что позволяет оперативно получать необходимую информацию в нужной форме и составе.

После сдачи всех скважин блока составляют акт сдачи эксплуатационного блока в целом под монтаж с предоставлением следующих документов:

1. проект бурения и фактический план расположения скважин;
2. утвержденные акты ликвидации разведочных и перебуренных скважин;
3. геологические карты и разрезы;
4. материалы опытных откачек;
5. план пьезометрической поверхности;
6. расчет плановой производительности блока.

Вся информация заносится в паспорт эксплуатационного блока (на бумажном и электронном носителе).

На основе первичных данных гидрогеологической службой в компьютерном виде ведется оперативный поблочный учет объемов и качества растворов, учет добычи металла в блоках и поступления в блоки выщелачивающих реагентов и окислителей, а также осуществляется текущий контроль за соблюдением баланса объемов откачанных и закачанных растворов, составляются квартальные, годовые и сводные отчеты.

Помимо табличных форм документации, основная гидрогеологическая и гидрохимическая информация по эксплуатационному блоку ПВ представляется в графических формах.

Основными формами графической документации, содержащей информацию о гидрохимических условиях эксплуатации участка (блока) ПВ, являются:

- сводный хронологический график изменения качества и баланса растворов, который строится для каждого эксплуатационного блока в компьютерном варианте и пополняется ежедневно;
- карта пьезометрической поверхности участка ПВ, составляется ежеквартально;
- карта растекания растворов ПСВ (в изолиниях pH, SO_4^{2-} , NO_3^-), составляется ежеквартально;
- схематический план концентрации металла участка (блока) или его части, составляется ежеквартально в изолиниях;
- профили запескованности эксплуатационного блока, составляются ежеквартально в компьютерном варианте.

Перечисленная графическая документация является обязательным приложением к паспорту эксплуатационного блока.

Вся оперативная информация периодически из компьютера переносится на дискеты или лазерные диски с целью долговременного хранения, сводные таблицы ежемесячно распечатываются, графическая информация - ежеквартально или по мере необходимости.

При ликвидации эксплуатационного блока составляется «Акт списания блока». К акту прилагаются сведения:

- о запасах и основных геотехнологических параметрах блока по результатам контрольного бурения;
- о методах и результатах рекультивации;
- о химическом составе подземных вод до и после отработки;
- карта пьезометрической поверхности блока до и после отработки;
- о фильтрационных свойствах пород и руд до и после отработки.

На этапе геологоразведочных работ по результатам поисково-оценочных работ, проведенных на месторождении, составляется технико-экономическое сообщение (ТЭС),

в котором определяется целесообразность проведения предварительной разведки. После проведения предварительной разведки составляется технико-экономический доклад (ТЭД), в котором определяется целесообразность проведения детальной разведки месторождения. После окончания детальной разведки, для обоснования кондиций, составляется технико-экономическое обоснование кондиций (ТЭО) для составления отчета и затем составляется отчет в Государственную комиссию по запасам (ГКЗ).

На этапе эксплуатации один раз в квартал составляется информационная записка о состоянии подземных вод с картой растекания по эксплуатационным блокам и картой пьезометрической поверхности.

По данным опробования составляется годовой отчет о состоянии подземных вод на обрабатываемой площади месторождения. Отчет составляется в 3-х экземплярах и утверждается главным инженером добычного предприятия (по одному экземпляру хранится в геологическом отделе и на руднике ПСВ). Один экземпляр направляется (по требованию) для сведения в районный комитет охраны окружающей среды.

Годовой отчет о состоянии подземных вод должен содержать:

- результаты опробования по каждой наблюдательной скважине, в каждой точке наблюдения;
- карту растекания растворов ПСВ;
- анализ, выводы и предложения.

А. ТЕКСТОВЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ К РАЗДЕЛУ 4

Министерство _____
Наименование организации _____
Экспедиция _____
Участок _____

**ПОЛЕВОЙ ЖУРНАЛ
ДОКУМЕНТАЦИИ КУСТОВОЙ ОТКАЧКИ**
из скважины _____

Наблюдательные скважины _____
Откачка начата _____
Откачка окончена _____
Откачное средство _____

КОНСТРУКЦИЯ

Водоподъемные трубы _____
Диаметр водоподъемных труб _____ м
Глубина погружения воздухоподающих труб _____ м
Диаметр воздухоподающих труб _____ мм
Глубина погружения пьезометрических труб _____ м
Диаметр пьезометрических труб _____ мм
Тип прибора для замера уровня _____
Тип прибора для замера дебита _____

Откачку провели _____

Дата	Время замера, час	Центральная скважина				Наблюдательные скважины								Примечание			
		Уровень		Понижение уровня, м	Дебит, дм ³ /с	Скв.			Скв.			Скв.					
		От усл. отм., м	От поверх земли, м			Уровень		Понижение уровня, м	Уровень		Понижение уровня, м	Уровень			Понижение уровня, м		
						От усл. отм., м	От поверх земли, м		От усл. отм., м	От поверх земли, м		От усл. отм., м	От поверх земли, м				

Министерство _____
Наименование организации _____
Экспедиция _____
Участок _____

**ПОЛЕВОЙ ЖУРНАЛ
ДОКУМЕНТАЦИИ ОПЫТНОГО НАЛИВА
в скважины _____**

Наблюдательные скважины _____
Налив начат _____
Налив окончен _____

Водоподъемные трубы _____
Диаметр водоподъемных труб _____ м
Глубина погружения пьезометрических труб _____ м
Диаметр пьезометрических труб _____ мм
Тип прибора для замера уровня _____
Тип прибора для замера дебита _____

Налив провели _____

Дата	Время замера, час	Опытная скважина				Наблюдательные скважины								Примечание			
		Уровень		Повышение уровня, м	Дебит, дм ³ /с	Скв.			Скв.			Скв.					
		От усл. отм., м	От поверх земли, м			Уровень		Повышение уровня, м	Уровень		Повышение уровня, м	Уровень			Повышение уровня, м		
						От усл. отм., м	От поверх земли, м		От усл. отм., м	От поверх земли, м		От усл. отм., м	От поверх земли, м				

Министерство _____
Наименование организации _____
Экспедиция _____
Участок _____

**ПОЛЕВОЙ ЖУРНАЛ
ДОКУМЕНТАЦИИ ОДИНОЧНОЙ ОТКАЧКИ**
из скважины _____

Откачка начата _____
Откачка окончена _____
Откачное средство _____

КОНСТРУКЦИЯ

Водоподъемные трубы _____
Диаметр водоподъемных труб _____ м
Глубина погружения воздухоподающих труб _____ м
Диаметр воздухоподающих труб _____ мм
Глубина погружения пьезометрических труб _____ м
Диаметр пьезометрических труб _____ мм
Тип прибора для замера уровня _____
Тип прибора для замера дебита _____

Откачку провели _____

Министерство _____
Наименование организации _____
Экспедиция _____
Участок _____

**ЖУРНАЛ
РЕГИСТРАЦИИ ОБСАДКИ И
ПРОКАЧКИ СКВАЖИНЫ _____**

Бурение скважины начато _____
Бурение скважины окончено _____
Прокачка скважины начата _____
Прокачка скважины окончена _____

Состав обсадной колонны							Документация проочки скважины				
№	Длина труб, м, диам.	№	Длина труб, м, диам.	№	Длина труб, м, диам.	Длина труб, м, диам.	Дата	Время, час	Режим проочки	Дебит, дм ³ /с	Содержание песка, % мг/л

Карта периодически режимных геотехнологических наблюдений, опробования растворов и наблюдений за техническим состоянием скважин на участке ПСВ

Место опробования	Гидрогеологические наблюдения				Гидрогеохимическое опробование									Контроль технического состояния скважин				
	Время работы	Дебит (приемистость)	Глубина уровня		Закисление			Активное выщелачивание			Довыщелачивание			Геофизический		Содержание мех. взвесей		Глубина скважины до песка
			Динамического	Статического	U PH Eh H ₂ SO ₄ (HCO ₃ ⁻)	Fe ²⁺ Fe ³⁺ NO ₃ ⁻ SO ₄ ²⁻	Сокращенный химанализ	U PH Eh H ₂ SO ₄ (HCO ₃ ⁻)	Fe ²⁺ Fe ³⁺	Сокращенный химанализ	U PH Eh H ₂ SO ₄ (HCO ₃ ⁻)	Fe ²⁺ Fe ³⁺	Сокращенный химанализ	Целостность обсадных колонн (ТК и ИК)	Работа фильтра	В скважинах оборудованных насосами	В скважинах оборудованных эрлифтом	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Откачные скважины	ежедневно	При отборе проб	1 р/мес	1 р/кв	1р/5 дн	1р/10 дн	1р/мес	1р/мес	1р/мес	1р/кв	1р/мес	1р/кв	2р/год	Во время ППР, 1р/год	По мере необходимости	1р/мес	-	1р/кв во время ППР
Откачные ряды		1р/см	-	-	1р/сут	1р/10 дн	1р/мес	1р/сут – 1р/10 дн	1р/мес	1р/кв	1р/мес	1р/кв	2р/год	-	-	1р/мес	1р/мес	-
Закачные скважины	ежедневно	1 р/мес	1 р/мес	1 р/кв	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1р/год	Во время ППР,	-	-	1р/кв во время ППР
Закачные ряды (ВР)		1р/см	-	-	1р/см	1р/10 дн	1р/мес	1р/см	-	1р/кв	1р/см	-	1р/кв	-	-	1 раз в месяц		-
Наблюдательные скважины	Внутренние	-	1 р/мес	1 р/кв	1р/5 дн	1р/10 дн	1р/мес	1р/мес	1р/мес	1р/кв	-	-	1р/кв	2р/год	-	-	-	1р/год
	Законтурные		1 р/мес	1 р/кв	-	-	1 р/кв	-	-	1 р/кв	-	-	1 р/кв	2р/год	-	-	-	1р/год

Примечание к приложению 4.5:

- Ежемесячные замеры глубины динамического уровня проводятся лишь в тех скважинах, которые оборудованы специальными замерными устройствами;
- Замеры дебита (приемистости) и время работы скважин могут производиться автоматически с непрерывной записью;
- Наблюдения в скважинах, указанные в графах 3, 4, 5, 15, 16, 17, 18, 19 проводятся также при ухудшении работы скважин.

Наименование организации _____
Участок № _____

**ЖУРНАЛ
СОСТОЯНИЯ СКВАЖИНЫ № _____**

Начат _____

Окончен _____

Конструкция эрлифт _____
Конструкция фильтра _____
Объем емкости _____
Способ замера уровня _____

Ответственный исполнитель _____

Освоение

Дата	Время замера, час	Глубина погружения воздушного шланга, м	Понижение уровня, м	Дебит, м ³ /час	Содержание песка, мг/л	Общая длительность откачки, час	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8

Смену сдал: _____

Смену принял: _____

Определение удельного дебита

Дата	Время замера, час	Глубина погружения воздушного шланга, м	Давление, МПа		Плотность жидкости, кг/м ³	Уровень воды, м	Время наполнения емкости, сек	Дебит, м ³ /час	Удельный дебит, м ³ /час/м	Примечание
			Пусковое	Рабочее						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Примечание:
 1. При замере уровня воды Электроуровнемером графы 4, 5 опускаются, при этом указывается глубина установки пьезометрической трубы

Наименование организации _____
Участок _____

**ЖУРНАЛ
ОПЫТНОЙ КУСТОВОЙ ОТКАЧКИ (НАЛИВА)
из скважины _____**

Наблюдательные скважины _____

Откачка начата _____
Откачка окончена _____
Откачное средство _____

КОНСТРУКЦИЯ СКВАЖИНЫ

Водоподъемные трубы _____
Диаметр водоподъемных труб _____ мм
Средство водоподъема _____
Глубина погружения воздушного шланга (насоса) _____ м
Диаметр воздухоподающих труб _____ мм
Глубина погружения пьезометрических труб _____ м
Диаметр пьезометрических труб _____ мм
Тип прибора для замера уровня _____
Тип прибора для замера дебита _____

Откачку провели _____

Дата	Время замера, час	Центральная скважина		Наблюдательные скважины			Примечание
		Абс. отметка		Скв.	Скв.	Скв.	
		Уровень от поверхности земли, м	Дебит, м ³ /час	Абс. отметка	Абс. отметка	Абс. отметка	
Уровень от поверхности земли, м	Уровень от поверхности земли, м			Уровень от поверхности земли, м			
1	2	3	4	5	6	7	8
Откачка (налив)							
Восстановление уровня							
Примечание: Расчет понижений (повышений) уровня ведется на компьютере							

Полевая книжка оператора №__

Цех _____ Участок _____

Год _____ Месяц _____

Оператор ПВ _____

Памятка к ведению полевой книжки

Полевая книжка ведется оператором ПСВ на участке эксплуатации скважин, служит основным первичным документом для посменного учета работы и состояния скважин. Записи в книжку должны делаться аккуратно, книжку необходимо содержать в хорошем состоянии, т.к. ее данные используются в течение длительного времени для расчетов основных показателей процесса в эксплуатационных блоках.

Отметка о работе делается при каждом посещении одним из следующих условных знаков «+» - скважина работает или дебит (м³/час) по расходомеру, «-» - скважина не работает. Суммарные (средние) значения показателей подсчитываются в конце.

Указываются дополнительные сведения о перерывах в работе скважины (блоков, рядов), примечания

№ книжки _____

Дата _____ Смена _____

№ скважины откачной	Дебит, м³/час или «+» («-»)	№ скважины закачной	Приемистость м³/час или «+» («-»)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Σ		Σ	
По ряду		По ряду	

Дата	Смена	Блок (ряд)	Сведения
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>

Наименование организации _____

Участок № _____

**Журнал
замеров дебитов (приемистости)
и времени работы скважин**

Начат _____ **Окончен** _____
Ответственный исполнитель _____

Дата	Дебит скважины, (м ³ /час) / время работы										Дебит ряда, м ³ /час	
	Скв.	Скв.	Скв.	Скв.	Скв.	Скв.	Скв.	Скв.	Скв.	Скв.	Σ	По расходомеру
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Примечание: время работы указывают, если скважина отработала меньше 24 часов в сутки (например – 5/10 или +/12)												

Наименование организации _____

Участок № _____

**Журнал
производительности полигона**

Начат _____ Окончен _____

Ответственный исполнитель _____

Наименование организации _____

Участок № _____

**Журнал
замера уровня подземных вод
и глубин скважин (до песка)**

Начат _____ **Окончен** _____

Ответственный исполнитель _____

Вариант 1 (при ручном расчете уровней)

Дата	Номер скважины	Интервал установки фильтра, м	Длина фильтра, м	Абсолютная отметка устья, м	Уровень растворов		Плотность растворов, г/см ³	Абсолютная отметка уровня с учетом плотности, м	Способ замера	Уровень песка от устья, м	Запескованность фильтра		Примечания
					От устья	Абсолютная отметка					м	%	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>

Примечание: оператором заполняются колонки 1, 2, 6, 11 и 14, остальные заполняются гидрогеологом

Вариант 2 (при ведении расчетов на компьютере)

Дата	Номер скважины	Способ замера	Уровень растворов, м	Уровень песка от устья, м	Примечание
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>5</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>14</i>

Наименование организации _____

Участок № _____

**Журнал
Ремонтно-восстановительных работ**

Начат _____ **Окончен** _____

Ответственный исполнитель _____

1. Реагентная обработка

Дата	Номер скважины	Дебит, м ³ /час		Рабочий реагент			Вид прокачки. Цикл, давление	Способ подачи растворов	Время контакта, час	Время откачки, час	Визуальное описание откачиваемых растворов (цвет, количество взвесей, прозрачность и т.д.)
		До обработки	После обработки	Состав	Концентрация, %	Объем, м ³					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

2. Чистка скважины от песка

Дата	Номер скважины	Интервал фильтра, м	Дебит, м ³ /час		Глубина скважины		Вид прокачки. Цикл, давление	Время прокачки (чистки), час	Время эрлифтной откачки, час	Визуальное описание откачиваемых растворов (цвет, количество взвесей, прозрачность и т.д.)
			До обработки	После обработки	До обработки	После обработки				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

3. Пневмоимпульсная обработка скважин

Дата	Номер скважины	Интервал фильтра, м	Дебит, м ³ /час		Глубина погружения пневмокамеры, м	Частота импульсов, имп/мин	Цикличность обработки	Время обработки, мин	Время эрлифтной откачки, час	Визуальное описание откачиваемых растворов (цвет, количество взвесей, прозрачность и т.д.)
			До обработки	После обработки						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Утверждаю _____
_____ г

АКТ
О сдаче-приемке технологической скважины № _____

Мы нижеподписавшиеся, начальник бурового участка _____, гидрогеолог бурового цеха _____, бригадир буровой бригады _____ с одной стороны, гидрогеолог по эксплуатации _____ с другой стороны, составили настоящий акт о сдаче буровым цехом и приеме цехом эксплуатации _____ 20 _____ г. технологической скважины № _____ с нижеприведенными и рабочими характеристиками:

1. назначение по режиму работы _____
2. глубина, м _____
3. типоразмер обсадных труб, мм _____
4. глубина установки манжеты (башмака, рабочей колонны), м _____
5. интервал установки фильтра (ТК после освоения), м _____
6. типоразмер фильтра, мм _____
7. схема и интервал гидроизоляции, м _____
8. характер гидроизолирующей смеси _____
9. максимальная зенитная кривизна, град _____
10. расчетная и достигнутая производительность, м³/час _____
11. расчетный и достигнутый удельный дебит, м³/час·м _____
12. содержание твердых взвесей в откачиваемой жидкости, мг/л _____
13. положение зеркала жидкости в скважине, м _____
14. состояние обсадной колонны и фильтра после освоения _____
15. глубина скважины после освоения (уровень песка), м _____

Начальник бурового участка
Гидрогеолог бурового участка
Бригадир буровой бригады
Старший геофизик
Гидрогеолог цеха эксплуатации
Начальник участка эксплуатации

5. ГЕОТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ УРАНА

5.1. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАБОТЫ

5.1.1. Схема циркуляции растворов в процессе подземного выщелачивания

Схема предусматривает откачку продуктивных растворов (ПР) из откачных скважин обрабатываемого блока, отстаивание растворов от механических примесей с выводом последних из процесса, сорбционное извлечение урана из растворов, осветление маточников и подкисление их концентрированной серной кислотой, подачу подкисленного выщелачивающего раствора (ВР) через закачные скважины в рудное тело блока (рис.5.1).

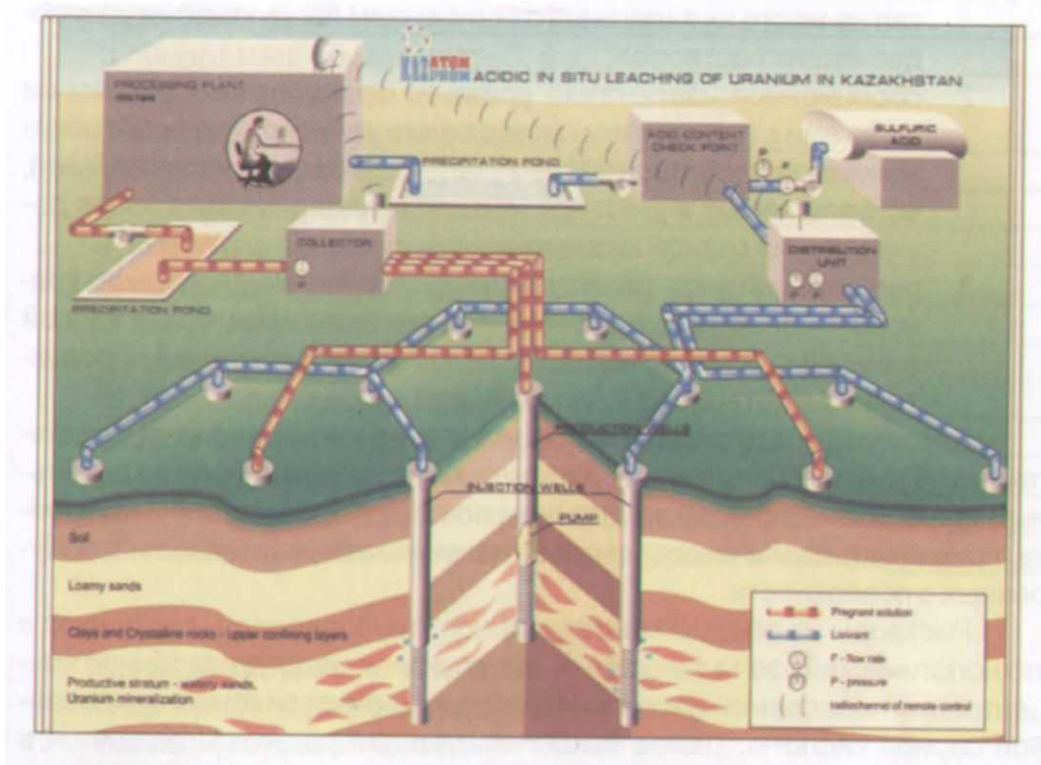


Рисунок 5.1. Принципиальная схема подземного скважинного выщелачивания урана из рыхлых осадочных отложений растворами серной кислоты

Геотехнологическая схема добычи урана из месторождений осадочного типа различными скважинными системами включает следующие взаимосвязанные технологические процессы:

1. собственно сернокислотное выщелачивание урана из рудных тел на месте их залегания с получением продуктивных урансодержащих растворов;
2. сорбционное извлечение урана из продуктивных растворов ионами с получением насыщенного уранового ионита и обедненных по урану возвратных растворов (маточников сорбции), возвращаемых в цикл подземного выщелачивания после доукрепления серной кислотой;
3. регенерация насыщенного ионита с получением товарного уранового концентрата и регенерированного ионита в исходной солевой форме, возвращаемого на сорбцию урана из продуктивных растворов.

Для подземного скважинного выщелачивания урана из руд, залегающих в рыхлых осадочных обводненных отложениях с горизонтальным или слабонаклонным залеганием пластов в продуктивном горизонте, применяют различные системы откачных-закачных скважин, пробуренных с поверхности.

Растворы из общего магистрального трубопровода поступают в технологический узел закисления, где доукрепляются до заданной концентрации подаваемой насосом из расходной емкости концентрированной серной кислоты. Далее выщелачивающие растворы подаются в схему обвязки блока.

Продуктивные растворы из откачных скважин выдаются на поверхность погружными насосами или эрлифтами и поступают в блочный коллектор продуктивных растворов, по которому транспортируются в отстойник продуктивных растворов блока. Осветленные растворы из отстойника насосами подаются в общий коллектор продуктивных растворов для транспортировки растворов на перерабатывающую установку.

Обработку блока осуществляют при выполнении следующих требований:

- соблюдение баланса откачки-закачки растворов по блоку, рядам и ячейкам скважин; суммарные расходы ПР и ВР должны быть одинаковыми;
- закачивание в скважины только осветленных, то есть очищенных от механических примесей растворов; предельно допустимая концентрация механических примесей в ВР составляет 50 мг/л;
- подача на подкисление ВР кислоты, очищенной от механических примесей;
- при ремонтно-восстановительных работах в скважинах откачиваемые растворы направляются в специальную емкость для отделения механических примесей, после чего осветленные растворы подаются в общий коллектор ПР.

5.1.2. Обработка эксплуатационных блоков способом ПСВ

Обработка эксплуатационных блоков способом ПСВ подразделяется на три периода:

1. подготовка блоков к добыче;
2. обработка;
3. отключение (погашение) блоков или участков с выводом их из цикла ПСВ.

5.1.2.1. Период подготовки блока к добыче

Период подготовки блока к добыче металла включает в себя бурение эксплуатационно-разведочных, технологических и наблюдательных скважин, обвязку и оснащение их поверхностными коммуникациями, оборудование контрольно-измерительной аппаратурой, а также стадию закисления рудовмещающего горизонта.

Бурение эксплуатационно-разведочных, технологических, наблюдательных и других скважин осуществляется согласно утвержденному проекту горных работ, в котором определяется схема расположения скважин, а также их конструктивные особенности.

При выполнении буровых работ необходимо учитывать и выполнять следующие основные положения:

- эксплуатационная разведка должна производиться в объемах, обеспечивающих (совместно с разведочным бурением) правильное расположение запроектированных технологических скважин в плане и разрезе, а также обеспечивать дополнительное изучение вещественного состава пород и руд рудовмещающего горизонта;
- в случае, когда после бурения (или в процессе бурения) технологических скважин выявляются дополнительные данные, вызывающие необходимость изменения схемы расположения скважин в плане и разрезе, а также внесения в проектные конструкции скважин соответствующих изменений - добычным предприятием должен составляться дополнительный проект, который согласовывается с недропользователем.

Обвязка скважин поверхностными коммуникациями включает:

- обвязку всех закачных и откачных скважин необходимыми трубопроводами;

- герметизацию устьев закачных скважин во избежание их перелива в режиме свободного налива;
- сооружение локальной установки для приема пластовых вод и непродуктивных растворов из откачных скважин и последующей доводки их до заданной кислотности перед подачей в закачные скважины;
- монтаж, при необходимости, расходных пунктов кислоты;
- подвод к локальной установке кислотопровода с системой дозировки кислоты;
- монтаж нагнетательных трубопроводов, магистралей к узлу сорбции, воздухопроводов от компрессорной станции и др.;
- монтаж пескоуловителей - отстойников на основных магистралях откачных и рабочих растворов;
- монтаж раствороподъемных (насосных или эрлифтных) установок на откачных скважинах;
- установку на каждой технологической скважине, а также на основных магистралях расходомеров для определения дебитов и приемистости скважин, эксплуатационных блоков и участков;
- сооружение ЛЭП, автодорог, переходов, ограждений и других внутренних коммуникаций.

Конструктивное решение основных узлов и оборудования эксплуатационных блоков и участков осуществляется по проектам, выполненным предприятием и согласованным с недропользователем.

После завершения всех подготовительных работ на новом эксплуатационном блоке составляется акт о его готовности к вводу в эксплуатацию и, после утверждения акта руководством добычного предприятия, начинается закисление блока.

Закисление блока - процесс, необходимый для создания в рудовмещающем горизонте геохимической и гидродинамической обстановки, обеспечивающей процесс перевода урана в раствор, что в общем случае (в рудах и породах с малой карбонатностью - менее 1,5% по CO_2 и достаточно равномерной их проницаемостью в плане и разрезе) происходит при значениях pH около 2-3. Поскольку вытеснение пластовых вод в эксплуатационном блоке, как правило, носит не «поршневой», а рассредоточенный характер, рудовмещающий горизонт закисляется неравномерно. При этом наиболее быстро закисляются пропластки рудовмещающего горизонта с большими коэффициентами фильтрации и меньшей карбонатностью.

В указанных условиях окончание стадии закисления определяется условно, поскольку она совмещается во времени со стадией отработки блока (полное закисление эксплуатационного блока со снижением величины pH до 2 - 3 нередко достигается при 30 - 50 и более процентах отработки запасов блока). Поэтому, за окончание периода закисления эксплуатационного блока условно принимается момент времени, соответствующий появлению в большинстве (70% и более) откачных скважин продуктивных растворов и подключение блока к добыче.

В зависимости от морфологических, геотехнологических и гидрогеологических условий залегания рудных залежей выделено четыре основных модификации режима закисления и подачи закачных растворов в эксплуатационные блоки:

- руды и вмещающие их породы с малым содержанием карбонатов (до 1,5% по CO_2) закисляются растворами с концентрацией кислоты 15 - 20 г/л;
- руды и вмещающие их породы с повышенной карбонатностью (1,5 - 2.0 % по CO_2) закисляются растворами с концентрацией кислоты 10-15 г/л;
- на начальном этапе закисления (5-10 суток), с целью сокращения кольматационных явлений, применяются кислоты с концентрацией на уровне 5-7 г/л;
- в отдельных случаях (при закислении вновь подготовленного к отработке эксплуатационного блока за счет проникновения в него растворов из соседних обрабатываемых блоков и появления в большинстве его откачных скважин

продуктивных растворов) обработка блока может быть начата без стадии закисления.

Подача закачных растворов в эксплуатационные блоки на стадии закисления, в зависимости от системы обработки, осуществляется различными способами - прямым, опережающим, пульсирующим, с реверсированием, пассивным и т.д.

При прямом способе подача кислых растворов в закачные скважины производится одновременно с непрерывной откачкой пластовых вод из откачных скважин. При этом способе необходимо соблюдать общий баланс растворов. Количество подаваемых растворов в рудовмещающий горизонт каждого блока, и участка в целом, должно соответствовать количеству откачиваемых пластовых вод, что реализуется через контроль за приемистостью закачных и дебитом откачных скважин и обеспечением стабильности этих параметров.

Завершением процесса закисления при такой подаче растворов считается появление в большинстве откачных скважин продуктивных растворов и подключение блока к добыче.

При опережающем способе закисления блока подача закачных растворов производится в предварительно пробуренные откачные скважины до бурения закачных путем свободного налива или под соответствующим давлением.

Продолжительность опережающего режима закисления определяется временным периодом, необходимым для прохождения фронтом закисления половины расстояния между откачными и закачными скважинами (по данным наблюдательных скважин или согласно расчету).

После введения в работу закачных скважин одновременно с подачей кислых растворов в закачные скважины, в откачные необходимо закачивать в течение 3-7 суток маточники сорбции, чтобы отжать от откачных скважин фронт растворов с высокой кислотностью. Такой подход позволяет избавиться от большой остаточной кислотности в продуктивных растворах, после запуска режима откачки.

Описанный способ позволяет ускорить подготовку блока за счет совмещения во времени стадий закисления и разбуривания закачных скважин. При этом исключается необходимость выполнения откачки непродуктивных растворов и снижается степень коагуляционных процессов в откачных скважинах.

Пульсирующая подача закачных растворов применяется при однорядной системе обработки узких (до 50 м в плане) залежей или отдельных, небольших по площади, изолированных рудных тел. В таких случаях расстояние от центра закачки до границы рудного тела составляет около 20 - 25 м и закисление блока производится через универсальные скважины, работающие в переменном режиме «закачка-откачка». Закисление блока считается законченным, когда в наблюдательных скважинах, пробуренных вдоль контура обрабатываемых залежей, появляются растворы со значениями pH менее 4-х.

Реверсирование потока закачных растворов на стадии закисления должно производиться преимущественно в эксплуатационных блоках, разбуренных продольной прямоугольной системой скважин. Закисление блока при реверсировании потока растворов считается завершенным, если в наблюдательных скважинах, пробуренных между рядами откачных и закачных скважин, кислотность закачных растворов достигла значений pH 2,5-3,0.

При *пассивном (пульсационно-статическом)* способе, закачные растворы подаются во все скважины блока наливом либо под давлением и в объеме, определенным предварительным расчетом. Затем блок отстаивается около месяца, после чего все скважины включаются в режиме откачки. Для полной обработки блока необходимо три - четыре таких цикла. Во время отстаивания блока, для обогащения его кислородом, эффективна подача в горизонт воздуха.

В отдельных случаях допускается закисление блоков отдельными частями с использованием эффекта растекания растворов и т.д.

Из вышеизложенного видно, что методика закисления эксплуатационных блоков должна определяться в зависимости от природных условий залегания рудных залежей и схем расположения технологических скважин.

Режимы закисления эксплуатационных блоков и способы подачи в них рабочих растворов должны оговариваться в проектах эксплуатационных работ, а также в паспортах отработки блоков.

Без утверждения проекта отработки блока его закисление запрещается.

5.1.2.2. Период отработки блоков

Период отработки эксплуатационных блоков подразделяется на две стадии - активное выщелачивание и доработка блока.

Стадия активного выщелачивания представляет собой процесс массового перехода урана в раствор и перенос его продуцирующими растворами к разгрузочным скважинам. На этой стадии концентрация кислоты в закачных растворах устанавливается в зависимости от карбонатности руд и вмещающих их пород.

При содержании карбонатов до 1,5 % по CO_2 извлечение металла из недр до 70 - 80% производится сернокислыми растворами с содержанием кислоты 7 -15 г/л. Показатель рН откачных растворов необходимо поддерживать на уровне 2,0, увеличивая кислотность закачных растворов в случае повышения рН откачных и наоборот.

При содержании карбонатов выше 1,5% по CO_2 , наиболее эффективно металл выщелачивается при рН более 5,5 с использованием слабокислотных режимов выщелачивания - порядка 5 -10 г/л за счет так называемого «бикарбонатного эффекта».

С целью обеспечения оптимальности процесса ПСВ в период активного выщелачивания целесообразно поддерживать величину ОВП (окислительно-восстановительного потенциала) в области значений около 400 мВ и более. Увеличение ОВП выше значения 500 мВ не приводит к положительному эффекту.

Выщелачивание урана выполняется оборотными растворами, доукрепленными после процесса сорбции, а также доукрепленными непродуктивными растворами, откачиваемыми из закисляющихся блоков. Как и в процессе закисления блоков, в период активного выщелачивания должно обеспечиваться гидродинамическое равновесие (баланс растворов), как по отдельным эксплуатационным блокам, так и по участку в целом. В этом случае, система скважин блоков и участков работает в стационарном режиме фильтрации, что позволяет максимально локализовать зону циркуляции растворов в плане и разрезе рудной залежи и, как следствие, -достичь минимального разубоживания продуктивных растворов.

При отрицательном балансе растворов (откачка превышает закачку) продуктивные растворы разубоживаются за счет привлечения пластовых вод из безрудной (законтурной) части рудовмещающего горизонта. При положительном балансе (закачка превышает откачку) происходит утечка закачных растворов за пределы рудных залежей, что приводит к потерям металла и повышенным расходам выщелачивающего реагента.

В общем случае, как отрицательный, так и положительный дебаланс растворов в эксплуатационных блоках создает условия для перетекания закачных и продуктивных растворов из блока в блок. Это приводит к удлинению траекторий движения продуцирующих растворов и, следовательно, к увеличению сроков отработки блоков. Контроль процесса ПСВ в такой ситуации существенно усложняется и, практически, исключает возможность поблочного учета добычи металла.

Особенно важным обстоятельством при отработке эксплуатационных блоков является соблюдение заданного режима работы откачных и закачных скважин. Необходимо обеспечивать равномерную по площади блока подачу закачных и откачку продуктивных растворов, что может быть достигнуто следующими основными мероприятиями:

- расчетом оптимального соотношения и расположения откачных и закачных скважин по площади эксплуатационного блока, в соответствии с их дебитами и приемистостью;
- строгим соблюдением заданных параметров дебита и приемистости скважин (корректная регулировка) и своевременным выполнением РВР;
- восстановлением (ремонт) технологических скважин либо бурением новых скважин взамен вышедших из строя;
- бурением дополнительных технологических скважин на участках эксплуатационного блока, где дебиты и приемистость скважин снижаются до минимальных величин в результате интенсивной кольтматации фильтров и прифильтровых зон.

Выполнение перечисленных работ является одним из основных и обязательных требований к функционированию эксплуатационной службы предприятия. Неравномерная по площади проработка эксплуатационного блока технологическими растворами вызывает следующие негативные последствия:

- неравномерное выщелачивание урана в блоке и образование целиков, выявление которых как на площади блока, так и, особенно, участка, требует неоправданно больших затрат на контрольное бурение;
- увеличение сроков отработки блока в целом из-за более длительной отработки его отдельных частей;
- повышение удельного расхода кислоты и показателя Ж:Т, снижение концентрации металла в продуктивных растворах и, как следствие, повышение расхода электроэнергии, сжатого воздуха, других материальных и финансовых затрат на единицу выпускаемой продукции.

Гидродинамическое равновесие по отдельным скважинам, рядам, ячейкам скважин, эксплуатационным блокам, участкам поддерживается по данным расходомеров, пьезометров и другой контрольно-измерительной аппаратуры, установленной в точках измерения в соответствии с проектом работ.

Периодичность всех видов контроля (геологического, гидрогеологического, геофизического, технологического) изложена в соответствующих разделах инструкции.

5.1.2.3. Доработка эксплуатационного блока.

Доработка эксплуатационного блока или участка - это период времени, относящийся к завершающей стадии работ по добыче урана, характеризующийся, как правило, резким снижением содержания металла в продуктивных растворах после отработки 70-80% запасов в недрах.

На этой стадии концентрация кислоты в рабочих растворах должна постоянно снижаться для руд с любой карбонатностью вплоть до маточников. Маточными растворами завершается отработка блока путем вытеснения из рудовмещающих водоносных горизонтов продуцирующих растворов с повышенной кислотностью.

В этот период не рекомендуется поднимать производительность блока по откачке с целью предотвращения затягивания в его контур растворов из соседних блоков.

Категорически запрещается произвольно отключать отдельные откачные и закачные скважины в пределах блока от системы непрерывной эксплуатации при снижении содержания металла в откачных растворах. Исключение откачных или закачных скважин из общей системы блока выполняется только после системного анализа полученных параметров отработки блока (степени отработанности блока или участка, оценки данных нейтронного каротажа в районе отключаемых скважин и т.д.) и составления соответствующего акта, утверждаемого главным инженером предприятия.

Отработку блока или участка следует считать завершённой при устойчивом снижении концентрации металла ниже минимально-промышленного.

Основным документом по эксплуатационному блоку является «Паспорт эксплуатационного блока», в котором фиксируются все данные о блоке, начиная от периода подготовки его к эксплуатации до полной отработки и погашения.

Основным документом по эксплуатационному участку является «План отработки участка» и разрезы к нему в масштабах 1:1000 -1:2000, на которых фиксируются все пробуренные и перебуренные на участке скважины, поверхностные коммуникации, места установки контрольно-измерительной аппаратуры, степень отработанности отдельных эксплуатационных блоков и др.

План отработки участка и разрезы к нему являются основными документами службы эксплуатации, которые систематически пополняются по мере расширения работ на участке.

5.1.2.4. Период отключения (погашения) блоков с выводом их из цикла ПСВ.

Эксплуатационный участок, после погашения его запасов подлежит ликвидации. Основными показателями завершения отработки запасов блоков участка являются необратимое снижение содержания полезного компонента в добываемых растворах ниже рассчитанной величины минимально-промышленного значения, а также - количество металла, извлеченного из недр.

После завершения отработки на участке, при необходимости, производится выборочное контрольное бурение и реализуется комплекс гидрогеологических и геофизических исследований, имеющих цель:

- подтверждение полноты отработки участка;
- выделение площадей с сохранившимися в недрах продуктивными растворами;

Объемы этих работ определяются специальным разделом проекта горных работ.

Решение о ликвидации участка принимается постоянной комиссией, назначенной директором добычного предприятия, под председательством главного инженера и включающей представителей геологической, геотехнологической, гидрогеологической и буровой служб, а также отдела ТБ и представителя лаборатории по охране окружающей среды. Ликвидация участка производится на основании акта, отражающего решение комиссии о ликвидации. К акту прилагаются: план участка с указанием контура балансовых геологических и эксплуатационных запасов, расположением технологических (действующих и выведенных из работы), наблюдательных и контрольных скважин, материалы контрольного бурения (если такое проводилось), гидрогеологических и геофизических работ, а также программа мероприятий по ликвидации участка и рекультивации отработанных площадей.

Предусмотренные программой мероприятия, в соответствии со сроками их выполнения и физическими объемами, включаются в годовой проект основной деятельности предприятия и утверждаются недропользователем.

5.2. ОСНОВНЫЕ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Для правильного ведения процесса выщелачивания, соблюдения технологического режима, анализа работы полигона, необходимо выполнять расчеты следующих геотехнологических параметров: степени извлечения урана, общего и удельного расхода реагента, отношения Ж : Т, среднего содержания урана в продуктивных растворах (ПР), себестоимости 1 кг добытого урана и т.д.

Отношение Ж: Т (обычно обозначается f) рассчитывается:

$$Ж : Т = \frac{\sum_{i=0}^{i=t} Q_{BP}}{ГРМ} \quad (5.1)$$

где: Q_{BP} - количество поданного в блок (участок, ячейку) выщелачивающего раствора (BP) за время t , [м³];

GPM - горнорудная масса, [т].

$$GPM = S M_3 \delta, [т] \quad (5.2)$$

где: S - выщелачиваемая площадь блока (участка, ячейки), [м²];

M_3 - эффективная мощность рудовмещающего водоносного горизонта, м;

δ - объемная масса рудовмещающих пород и руд, [т/м³].

Основная трудность расчета GPM возникает при определении M_3 для случаев, когда фильтры технологических скважин не соприкасаются с водоупорами. В таких ситуациях применяются различные методы и приемы определения эффективной мощности (использование данных по наблюдательным и контрольным скважинам, модельные расчеты, имеющиеся аналоги по другим блокам и т.д.).

Однако, этот параметр должен быть обязательно обоснован в проекте горных работ.

Среднемесячную концентрацию урана и кислоты в ПР по блоку ($C_{U-ПР}$, $C_{K-ПР}$) вычисляют, исходя из среднемесячных концентраций урана и кислоты по скважинам:

$$C_{U-ПР} (C_{K-ПР}) = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} C_{ПР} \cdot Q_{ПР}}{\sum_{i=1}^{i=m} Q_{ПР}}, [г / л] \quad (5.3)$$

где: $C_{ПР}$ - среднемесячная концентрация урана (кислоты) в продуктивном растворе по скважинам, [г/л];

$Q_{ПР}$ - объем продуктивных растворов по скважинам, [м³];

m - количество скважин в блоке.

Среднемесячное содержание кислоты в ВР по блоку ($C_{K-ВР}$) определяется как среднеарифметическое, исходя из среднесуточных концентраций кислоты и объема выщелачивающих растворов за сутки:

$$C_{K-ВР} = \frac{\sum C_{iВР} \cdot Q_{iВР}}{Q_{ВР}}, [г / л] \quad (5.4)$$

где: $C_{iВР}$ - среднесуточная концентрация кислоты в выщелачивающих растворах блока поданным лабораторного анализа, [г/л];

$Q_{iВР}$ - объем выщелачивающих растворов по блоку за сутки, [м³].

$Q_{ВР}$ - объем выщелачивающих растворов по блоку за месяц, [м³].

Расход кислоты, поданной в блок за определенный период времени, определяют как разность весовых количеств кислоты, закаченной в блок с выщелачивающими растворами и откаченной из блока с продуктивными растворами.

$$Q_K = Q_{ВР} \cdot C_{K-ВР} - Q_{ПР} \cdot C_{K-ПР}, [кг] \quad (5.5)$$

где: Q_K - количество поданной в блок 100% кислоты за время t , кг;

$Q_{ВР}$ и $Q_{ПР}$ - количество поданных в блок выщелачивающих растворов и откаченных из блока продуктивных растворов за время t , [м³];

$C_{K-ВР}$ и $C_{K-ПР}$ - концентрация кислоты в выщелачивающих и продуктивных растворах соответственно, [г/л].

Рассчитанный расход кислоты должен соответствовать реальным показаниям контрольных приборов (счетчиков, расходомеров).

Для всех расчетов используется концентрация кислоты, равная 100%. Чтобы пересчитать количество кислоты, содержащееся в техническом продукте (92.5%) на содержание 100%, пользуются формулой:

$$Q_K(100\%) = Q_K(92.5\%) \cdot 0.925, \text{ кг}$$

$$Q_K(92.5\%) = Q_K(100\%) \cdot 1.08, \text{ кг}$$

Удельный расход кислоты (q_k) на килограмм добытого урана рассчитывается:

$$q_k = \frac{\sum Q_K}{\sum P_U}, [кг/кг] \quad (5.6)$$

где: $\sum Q_k$ - суммарное количество поданной в блок кислоты, [кг];
 $\sum P_U$ - суммарное количество добытого урана из блока, [кг].

Удельный расход кислоты (d_k) на тонну горнорудной массы (реагентоемкость или кислотоёмкость пород) рассчитывается:

$$dk = \frac{\sum Q_k}{ГРМ}, [кг / Т] \quad (5.7)$$

где: $\sum Q_k$ - суммарное количество поданной в блок кислоты, [кг];
 ГРМ - горнорудная масса блока, [Т].

Добытый уран из недр (P_U) определяется как количество урана, полученного в продуктивных растворах за определенный промежуток времени, за минусом урана, закаченного в блок с выщелачивающими растворами.

$$P_U = Q_{ПР} \cdot C_{U,ПР} - Q_{ВР} \cdot C_{U,ВР}, [кг] \quad (5.8)$$

где: $Q_{ПР}$ и $Q_{ВР}$ - количество продуктивных растворов, добытых из блока и количество поданных в блок выщелачивающих растворов за определенное время, [м³];

$C_{U,ПР}$ и $C_{U,ВР}$ - концентрация урана в продуктивных и выщелачивающих растворах соответственно, [г/л].

Сумма добытого из всех блоков урана $\sum P_U$ должна быть равна сумме отгруженного (упакованного) урана и урана, находящегося в аппаратах перерабатывающего комплекса (НЗП):

$$\sum P_U = U_{ОТ} + U_{НЗП}, [кг] \quad (5.9)$$

где: $U_{ОТ}$ - уран, выгруженный в контейнеры, [кг];

$U_{НЗП}$ - уран, находящийся в переработке, [кг].

Извлечение (ε) **урана** определяют как отношение суммы добытого из блока урана к имеющимся его запасам в блоке, выраженное в процентах.

$$\varepsilon = \frac{\sum P_U}{P} \cdot 100, \% \quad (5.10)$$

где $\sum P_U$ - сумма добытого из блока урана, [кг]

P - запасы урана в блоке, [кг].

5.3. ТРЕБОВАНИЯ К ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ КОНТРОЛЮ ПРОЦЕССА ПСВ

Задачей геотехнологического контроля является получение и систематизация информации о динамике движения растворов, химизме процесса, изменении концентрации урана в растворах и др., необходимой для управления процессом ПСВ.

Объекты контроля, контролируемые параметры, средства и методы контроля приведены в таблице 5.1.

Методика проведения гидрогеологических работ, наблюдений и отбора проб изложена в разделе по гидрогеологическому обслуживанию настоящей инструкции.

Таблица 5.1

**Геотехнологический контроль процесса подземного скважинного
выщелачивания**

Объект контроля	Контролируемые параметры	Периодичность пробоотбора и измерения	Средства и методы контроля
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Продуктивный Раствор (ПР) (блок)	Расход раствора	Непрерывно	Средства КИПиА, интегрирование, передача информации на пульт оператора ПВ и в базу данных ЭВМ
	Содержание урана, H ₂ SO ₄ , рН, Eh	Дискретные пробы 1 – 2 раза в смену	Химанализ
		Среднесуточная проба	Химанализ, передача информации в базу данных ЭВМ
Выщелачивающий раствор (ВР) (блок)	Расход раствора	Непрерывно	Средства КИПиА, интегрирование, передача информации на пульт оператора ПВ и в базу данных ЭВМ
	Содержание урана, H ₂ SO ₄	Дискретные пробы 1 – 2 раза в смену	Химанализ
		Среднесуточная проба	Химанализ, передача информации в базу данных ЭВМ
	Сокращенный химанализ	Отбор проб дискретно от 1 раза в 10 суток до 1 раза в месяц	Химанализ, передача информации в базу данных ЭВМ
	Полный химанализ	Отбор проб дискретно от 1 раза в месяц до 1 раза в год	Химанализ, передача информации в базу данных ЭВМ
	Содержание мех. взвесей	Дискретные пробы 1 раз в месяц	Весовой метод
Закачная скважина	Расход закачного раствора	Непрерывно	Средства КИПиА, передача информации в базу данных ЭВМ
	Динамический уровень	Дискретно, 1 раз в месяц	Уровнемер нестандартный, передача информации в базу данных ЭВМ
	Глубина скважины	Дискретно, 1 раз в год и во время РВР	ГИС, передача информации в базу данных ЭВМ
	Целостность обсадной колонны, работа фильтра	1 раз в год и при РВР	Служба ГИС (ТК, ИК, расходометрия), передача информации в базу данных ЭВМ
Откачная	Дебит откачного	Дискретно, от 1 раза	Средства КИПиА,

скважина	раствора	в смену (или непрерывно)	передача информации в базу данных ЭВМ
	Время работы погружного электронасоса	Непрерывно	Средства КИПиА, интегрирование, передача информации на пульт оператора ПВ и в базу данных ЭВМ
	Динамический уровень	Дискретно, 1 раз в месяц	Уровнемер нестандартный, передача информации в базу данных ЭВМ
	Глубина скважины	Дискретно, 1 раз в год и во время ППР и РВР	ГИС, передача информации в базу данных ЭВМ
	Содержание урана, H ₂ SO ₄ , pH, Eh	Отбор проб дискретно от 1 раза в месяц до 10 дней	Химанализ, передача информации в базу данных ЭВМ
	Сокращенный химанализ	Отбор проб дискретно от 1 раза в 10 суток до 1 раза в месяц	Химанализ, передача информации в базу данных ЭВМ
	Полный химанализ	Отбор проб дискретно от 1 раза в месяц до 1 раза в год	Химанализ, передача информации в базу данных ЭВМ
	Содержание мех. взвесей	Дискретные пробы 1 раз в месяц	Весовой метод
	Целостность обсадной колонны, работа фильтра	1 раз в год и при РВР	Служба ГИС (ТК, ИК, расходометрия), передача информации в базу данных ЭВМ
Наблюдательная скважина	Динамический уровень	Дискретно, 1 раз в месяц	Уровнемер нестандартный, передача информации в базу данных ЭВМ
	Глубина скважины	Дискретно, 1 раз в год	ГИС, передача информации в базу данных ЭВМ
	Сокращенный химанализ	Отбор проб дискретно от 1 раза в 5 суток до 1 раза в месяц	Химанализ, передача информации в базу данных ЭВМ
	Полный химанализ	Отбор проб дискретно от 1 раза в месяц до 1 раза в год	Химанализ, передача информации в базу данных ЭВМ
	Целостность обсадной колонны, закисленность разреза	1 раз в год	Служба ГИС (ТК, ИК, расходометрия), передача информации в базу данных ЭВМ
Узел приготовления	Расход кислоты	Непрерывно	Средства КИПиА, интегрирование,

закачных растворов			передача информации на пульт оператора ПВ и в базу данных ЭВМ
	Расход раствора	Непрерывно	Средства КИПиА, интегрирование, передача информации на пульт оператора ПВ и в базу данных ЭВМ
	Содержание H ₂ SO ₄	Среднесуточная проба	Химанализ, передача информации в базу данных ЭВМ
	Давление в напорных трубопроводах	Непрерывно	Средства КИПиА (манометры), передача информации на пульт оператора ПВ
	Уровень в расходных емкостях кислоты	Непрерывно	Средства КИПиА (сигнализация), передача информации на пульт оператора ПВ
Насосные станции и отстойники	Работа электронасосов	Непрерывно	Средства КИПиА (сигнализация), передача информации на пульт оператора ПВ
	Уровень в отстойниках	Непрерывно	Средства КИПиА (сигнализация), передача информации на пульт оператора ПВ
Кислотное хозяйство	Уровень в емкостях кислоты и зумпфах	Непрерывно	Средства КИПиА (сигнализация), передача информации на пульт оператора ПВ
	Уровень в отстойниках	Непрерывно	Средства КИПиА (сигнализация), передача информации на пульт оператора ПВ
	Давление в напорных трубопроводах	Непрерывно	Средства КИПиА (манометры), передача информации на пульт оператора ПВ
	Целостность емкостей	Ежесменно	Визуально

5.4. ПЛАНИРОВАНИЕ ДОБЫЧИ УРАНА НА РУДНИКЕ ПСВ

Для оперативного планирования и расчета плановых технико-экономических показателей в годовом Проекте горных работ рудника ПСВ приводится график движения вскрытых, подготовленных и готовых к добыче запасов. Нормативы обеспеченности рудника всеми категориями запасов определяются в составе Проекта таким образом, чтобы обеспечить выполнение намеченных производственных планов по добыче.

В разделе настоящей Инструкции по геологическому обеспечению работ детально описаны способы определения названных нормативов. В общем же виде, любой,

используемый на практике расчет коэффициента обеспеченности готовыми запасами, должен быть близок к условию:

$$K_{обесн} = \frac{D_1 \times \sum_{n=1}^{n=N} \frac{n}{N} + N(D_2 - D_1)}{D_2} \quad (5.11)$$

где: N - средний срок отработки блока, лет;
D₁ - объем добычи текущего года, т;
D₂ - объем добычи планируемого года, т;
n - фактическое время [лет] работы блока

Формула (5.11) позволяет определять необходимый коэффициент обеспеченности готовыми запасами рудника в любой ситуации: в условиях растущих объемов добычи, стабильной работы рудника и на спаде производства.

В составе рабочего проекта на отработку эксплуатационного блока ПСВ для планирования добычи прогнозируется содержание урана в продуктивных растворах (в зависимости от кондиции руд, производительности скважин по растворам, от заданного расхода реагента, типа геолого-гидрогеологического разреза продуктивного горизонта и т.п.) и строится прогнозная кривая изменения концентрации урана в продуктивном растворе и скорости отработки запасов в зависимости от Ж:Т и (или) времени, т.н. циклограмма.

В процессе эксплуатации блоков определяются, систематизируются и анализируются оперативные геотехнологические данные на текущий момент и на период с начала отработки, строятся фактические кривые: изменения концентрации урана во времени и (или) в зависимости от Ж:Т, фактический расход растворителя, темпы отбора продуктивных растворов и подачи выщелачивающих растворов и т.д.

Как правило, эти материалы в обобщенном виде представлены в банке данных по эксплуатационным блокам и отражаются в паспортах на каждый эксплуатационный блок.

На основании этого проводится сопоставительный анализ фактических данных с прогнозными (проектными). Выявляется характер изменения основных геотехнологических показателей по каждому эксплуатационному блоку и на основании этих данных прогнозируется средняя концентрация урана в продуктивном растворе, а также добыча урана по каждому эксплуатационному блоку на последующий период времени (месяц, квартал).

В конечном итоге принимаются решения о корректировке отдельных параметров работы блока, как-то: изменение дебитов скважин (при возможности), увеличение (уменьшение) кислотности рабочих растворов и сроков необходимого ввода в эксплуатацию новых технологических блоков.

Подробный алгоритм планирования добычи урана легко поддается автоматизации с использованием компьютерной техники при разработке комплекса специализированных программ. Подобная программа разработана в НАК «Казатомпром» под названием «Автоматизированная информационная система управления добычей металлов - «Рудник».

5.5. РАСТВОРОПОДЪЕМ

В качестве средств подъема растворов на участках ПСВ используются эрлифты и погружные центробежные электронасосы.

Эрлифтный раствороподъем наиболее успешно применяется в условиях неглубокого залегания статического уровня подземных вод (от 0 до 30-40 м от поверхности).

Применение эрлифтов на участках с более низким положением статического уровня подземных вод, а также близким расположением рудных залежей к статическому уровню подземных вод, не позволяющему выдерживать оптимальный коэффициент его заглубки,

вызывает повышенные расходы воздуха или необходимость бурения специальных откачных скважин с перебором ниже рудного горизонта, необходимого для нормальной работы эрлифта.

Установка эрлифтов в скважинах со статическим уровнем подземных вод, залегающим ниже 40 м от поверхности, нецелесообразна.

В скважинах небольшого диаметра, обсаженных трубами диаметром порядка 100 мм, как правило, применяются эрлифты простых систем - кольцевой, одно- и двухрядный, центральный двухрядный и др.

Эффективность работы эрлифта (его производительность и удельный расход сжатого воздуха) зависит от степени разгазированной поднимаемой водо-воздушной смеси, от площади сечения водоподъемного пространства (кольцевого в эрлифтах центральной системы и цилиндрического в эрлифтах кольцевой системы), от глубины загрузки смесителя под динамический уровень и высоты подъема жидкости.

Разгазирование откачиваемой жидкости обеспечивается при помощи смесителя (форсунки или диспергатора) которым, обязательно, оборудуется каждая эрлифтная установка. В эрлифтах центральной системы смеситель-диспергатор устраивается в нижней части воздухопроводной трубы путем ее перфорации на длину около 1,5 м горизонтальными рядами отверстий с переменным шагом от 125 мм (в верхней части смесителя) до 30 мм (в нижней его части).

Расстояние между центрами отверстий в ряду составляет 8-10 мм. На нижний конец смесителя наращивается труба того же диаметра длиной 1,5 - 2,0 м. Конец трубы оборудован заглушкой. Могут применяться и другие конструкции диспергаторов, установка которых может осуществляться после утверждения проекта главным инженером добычного предприятия.

Величина сечения водоприемного пространства определяется разностью диаметров эксплуатационной (воздушной) и воздухоподающей колонны в эрлифтах центральной системы или диаметром водоподъемной колонны в эрлифтах кольцевой параллельной системы.

В табл. 5.2 приведены расчетные диаметры водоподъемных и воздушных труб эрлифтов.

Таблица 5.2

Расчетные диаметры водоподъемных и воздушных труб эрлифтов

Производит., м ³ /час	При центральной системе, мм			При параллельной системе, мм		
	Условный диаметр скв., мм	Водоприемная труба, диам.	Воздухопровод. труба, диам	Условный диаметр скв., мм	Водоприемная труба, диам.	Воздухопровод. труба, диам
2	75	38	13	75	32	13
5	100	38	13	100	32	13
10	100	51	19	125	38	19
15	100	57	19	185	51	19
20	150	76	19 - 25	150	63	19
50	150	127	25 - 32	200	102	25

Глубина установки смесителя эрлифта определяется высотой подъема жидкости (т.е. расстоянием от уровня разлива водовоздушной смеси до динамического уровня) по формуле:

$$H = k \cdot h \quad (5.12)$$

где H – глубина установки смесителя (от уровня налива), [м];

h - высота подъема жидкости, [м]

k - коэффициент погружения.

Наиболее эффективна работа эрлифта при значении «к» от 2 до 2.5. В случае невозможности инструментального замера глубины динамического уровня, приближенную его величину определяют с использованием манометра, установленного на воздушной трубе устья скважины по формуле:

$$h_d = h_c + 10(P_n - P_p) \quad (5.13)$$

где h_d – глубина динамического уровня [м]

h_c – глубина статистического уровня [м]

P_n – пусковое давление [атм]

P_p – рабочее давление [атм]

Удельный расход сжатого воздуха (в м³ на 1 м³ раствора) ориентировочно рассчитывается по формуле:

$$V_o = \frac{h}{Cx \lg \frac{h(k-1)-10}{10}} \quad (5.14)$$

где: h – высота подъема жидкости [м]

k – коэффициент погружения в долях ед.;

C – эмпирический коэффициент, значение которого определяется по таблице 5.3.

Таблица 5.3

Определение эмпирического коэффициента для расчета удельного расхода воздуха при эрлифте

К	2.85	2.5	2.2	2.0	1.8	1.7	1.55
С	13.6	13.1	12.4	11.5	10.0	9.0	8.0

Насосный раствороподъем наиболее успешно применим в откачных скважинах, пробуренных на участках, где отсутствует интенсивная кольматация фильтров и статический уровень достаточно низкий.

Откачная скважина при этом должна соответствовать следующим техническим требованиям:

- температура откачиваемого раствора в скважине при эксплуатации насосов не должна превышать 50° С;
- эксплуатационная колонна не должна иметь вмятин, трещин, разрывов и других нарушений;
- ось скважины должна быть прямолинейной; зенитное отклонение оси скважины от вертикали не должно превышать 1° на 100 м ее глубины;
- внутренний диаметр эксплуатационной колонны скважин должен быть: при диаметре насосов 4 дюйма - не менее 100/110 мм, при диаметре насосов 6 дюймов - не менее 150/160 мм;
- величина дебита скважины должно соответствовать средней величине рабочей области насоса;
- динамический уровень жидкости в скважине должен быть не менее чем на 3 метра выше установленного электронасоса.

5.6. ЭНЕРГО- И ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЕ

Питание электроустановок, находящихся на эксплуатационных участках, осуществляется по воздушным и кабельным линиям 6-10 кВ. Воздушные линии, проходящие по технологическим участкам, должны удовлетворять требованиям ПУЭ, а их эксплуатация должна производиться в соответствии с «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

Понижение напряжения с 6 - 10 кВ до 0,4 кВ, которое является рабочим для технологического оборудования, осуществляется на участковых трансформаторных подстанциях типа КТПН 6-10 кВ мощностью от 100 до 630 кВА.

5.7. ОТЧЕТНОСТЬ

По результатам эксплуатационных работ добычным предприятием составляется технический отчет (месячный, квартальный, годовой) по формам ТО-1, ТО-25 ПВП, в котором, кроме отчетного периода, приводятся накопительные данные с начала года. Отчет сопровождается краткой пояснительной запиской и, по необходимости, соответствующими графическими приложениями.

Кроме этого, предприятием составляется геолого-производственный отчет по результатам года, где отражаются все показатели выполнения ГПР и данные по эксплуатационным работам.

Вся отчетная документация направляется недропользователю.

А. ТЕКСТОВЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ К РАЗДЕЛУ 5.

ЖУРНАЛ УЧЕТА КИСЛОТЫ (92,5%)

За _____ месяц _____ года

Дата	Уровень в емкостях, м		Остаток	Приход	Расход	Расход 100%
	1	2				
1						
2						
31						
Итого						

АКТ НЗП

На 25 число _____ месяца _____ года

Позиции	Смола				Раствор		Кол-во Урана, кг
	Маркшейд. замер, м	Объем колонны, м ³					
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
колонны							
1							
2							
емкость							
1							
2							
Итого НЗП							
В контейнере							
Добыто из недр							

Приложение 5.3

ОТЧЕТНАЯ ТАБЛИЦА РАБОТЫ ПОЛИГОНА _____ МЕСЯЦ _____ ГОДА

Номер блока	ГРМ Блока тонн	Запасы Блока тонн	Время Работы Блока мес.	Количество скважин, штук			Производительность Скважин, м ³ /ч		Добыто продуктивных растворов, тыс. м ³		Средняя концентрация, тыс. м ³		Кол-во урана в ПР		
				Всего сооружен	Из них в работе		откачных	закачных	месяц	нараст	месяц	общая	кг месяц	тонн нараст.	
					всего	откачных									закачных
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>
1															
2															
11															
Итого															

Номер блока	Подано Урана в ВР, кг	Добыто урана из недр			Выпуск урана в готовом продукте		Подано выщелачивающих растворов, тыс. м ³		Ж/Т (ВР/ГРМ)	Расход кислоты				Себестоимость урана, тенге/кг	
		кг за месяц	тонн с нараст.	извлечен., %	Кг за месяц	тонн с нараст	месяц	с нараст		тонн		удельный			
										месяц	нараст	На ГРМ кг/т	На 1 кг/кг урана	месяц	общая
<i>1</i>	<i>17</i>	<i>18</i>	<i>19</i>	<i>20</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>23</i>	<i>24</i>	<i>25</i>	<i>26</i>	<i>27</i>	<i>28</i>	<i>29</i>	<i>30</i>	<i>31</i>
1															
2															
11															
Итого															

6. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

6.1. КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ И ПЕРИОДИЧНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ ГИС

Виды и периодичность геофизических исследований скважин зависят от задач, которые необходимо решать на каждом этапе работ на месторождении, и от условий, в которых их нужно проводить.

При отработке месторождений способом ПСВ выделяют следующие этапы работ:

1. Эксплуатационная разведка;
2. Подготовка участка к эксплуатации;
3. Эксплуатация участка;
4. Ликвидация участка.

Геофизические исследования скважин выполняются для решения следующих задач.

1. Геотехнологические:

- определение параметров рудных пересечений (мощность, содержание);
- определение глубины залегания рудных тел;
- литолого-фациальное расчленение разреза;
- определение эффективной мощности проницаемых пород продуктивного горизонта;
- определение коэффициентов фильтрации рудовмещающего горизонта;
- изучение распространения технологических растворов в разрезе скважины и в плане блока;
- изучение динамики выщелачивания урана в процессе отработки;

2. Технические:

- определение азимутальных отклонений и углов наклона скважины;
- определение истинного диаметра скважины;
- определение целостности обсадных колонн из полиэтиленовых труб;
- определение интервала размещения фильтров и контроль правильности их установки;
- изучение приемистости фильтров;
 - контроль цементации и качества гидроизоляции рудовмещающего горизонта;
 - определение границ и качества гравийной обсыпки фильтровой зоны;
 - оценка расхода технологических растворов в местах нарушения обсадной колонны.

3. Экологические:

- контроль за растеканием растворов в вышележащие водоносные горизонты;
- изучение динамики восстановления среды после завершения процесса отработки.

Для решения геотехнологических, технических и экологических задач на различных этапах проведения работ применяются следующие геофизические методы исследования скважин:

- гамма-каротаж (ГК);
- каротаж методом мгновенных нейтронов деления (КНД-м);
- нейтрон-нейтронный каротаж (ННК);
- гамма-гамма каротаж плотностной (ГГК-П);
- электрокаротаж методами кажущегося сопротивления (КС) и самопроизвольной поляризации (ПС);
- индукционный каротаж (ИК);
- токовый каротаж (ТК);
- инклинометрия (ИНК);
- кавернометрия (КМ);
- термометрия (ТМ);

- расходометрия (РХ);
- гидрогеохимический каротаж (ГХК).

6.2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ

6.2.1. Гамма-каротаж (интегральный).

Гамма-каротаж основан на регистрации гамма-излучения естественных радиоактивных элементов (ЕРЭ), содержащихся в горных породах, пересеченных скважиной. Измеряемая величина - скорость счета гамма-квантов в импульсах в минуту [имп/мин]. Основная расчетная величина - мощность экспозиционной дозы (МЭД) в микрорентгенах в час [мкР/ч].

Измеряемая величина определяется концентрацией, составом и пространственным распределением ЕРЭ, плотностью ρ и эффективным атомным номером $Z_{эфф}$ пород.

Гамма-каротаж является одним из основных методов работ, проводимых на радиоактивные руды.

При проведении гамма-каротажа на урановых месторождениях используются скважинные приборы с кристаллическими детекторами (NaJ(Tl)) размерами 30x70, 18x40, окруженные свинцовыми экранами 0,9 -1,1 мм и 1.3 -1,5 мм соответственно. Использование свинцовых экранов позволяет существенно уменьшить зависимость результатов измерений от значений $Z_{эфф}$ в пределах продуктивных горизонтов, т.е. устранить влияние литологического состава пород на результаты измерений. Это дает возможность с высокой степенью точности и достоверности определять мощность, концентрацию и стволовые запасы урана в скважинах.

Минимальные требования к методическому обеспечению заключаются в наличии зависимостей:

- градуировочных, позволяющих перейти от скорости счета (в имп/мин) к мощности экспозиционной дозы, выраженной в микрорентгенах в час, или к эквивалентной массовой доле урана, выраженной в промилле урана (ppmU); $1 \text{ ppmU} = 1 \text{ г/т уран} = 1 \cdot 10^{-4} \% \text{ урана}$;
- поправочных, учитывающих влияние на МЭД бурового раствора, влажности руд, обсадной колонны;
- сдвига радиоактивного равновесия между ураном, радием и радоном.

Система метрологического обеспечения метода включает:

- установку нижнего энергетического порога регистрации гамма-излучения - 20 ± 5 кэВ;
- определение цены деления и нелинейности;
- определение пересчетного коэффициента K_0 .

Для проведения гамма-каротажа используется комплексный скважинный прибор, позволяющий одновременно выполнять электрокаротаж в модификациях кажущихся сопротивлений и естественного электрического поля.

Основным документом, регламентирующим методику, технику проведения гамма-каротажных работ и интерпретацию полученных результатов, является "Инструкция по гамма-каротажу на пластово-инфильтрационных месторождениях урана", Алматы, 2009 г. [1].

6.2.2. Электрокаротаж (КС, ПС).

Электрический каротаж - это метод исследования горных пород, основанный на регистрации параметров естественного или искусственного электрических полей.

Электрический каротаж, основанный на регистрации параметров естественного электрического поля, представляет собой каротаж потенциалов самопроизвольной поляризации (ПС). Измеряемой величиной является разность электрического потенциала

ПС (ΔU_{nc}). Единица измерения - милливольт (мВ). Электрический каротаж, основанный на регистрации параметров искусственно создаваемого электрического поля, включает:

- боковое каротажное зондирование, (БКЗ);
- боковой каротаж (БК);
- боковой микрокаротаж (БМК);
- стандартный каротаж (СК).

Все они объединяются под общим названием «каротаж сопротивлений» (КС).

Измеряемой величиной является кажущееся удельное электрическое сопротивление (ρ_k) среды. Единица измерения - [ом*метр]. При обработке месторождений урана выполняется стандартный электрокаротаж подошвенными или кровельными градиент-зондами, длины которых выбраны постоянными для данного района (месторождения) работ.

В скважинах, заполненных промывочной жидкостью на непроводящей основе, а также обсаженных полиэтиленовыми (непроводящими) трубами, электрокаротаж с целью литолого-стратиграфического расчленения разреза скважин не выполняется.

Данные стандартного электрокаротажа при обработке месторождений урана являются одними из основных для получения информации о литолого-стратиграфическом и фациально-литологическом строении разреза скважин. Кроме того, эти данные используются для оценки фильтрационных свойств пород, слагающих рудовмещающий горизонт.

Минимальные требования к методическому обеспечению заключаются в наличии корреляционных зависимостей, связывающих геоэлектрические, гранулометрические параметры с фильтрационными свойствами пород.

Метрологическое обеспечение стандартного каротажа заключается в оценке постоянства кажущихся сопротивлений (ρ_k), полученных над опорным геоэлектрическим горизонтом. Сравниваются значения, полученные в идентичных условиях измерений с учетом данных о диаметре скважин и плотности бурового раствора.

6.2.3. Индукционный каротаж (ИК).

Основан на измерении кажущейся удельной электрической проводимости δ_k пород в переменном электромагнитном поле, в частотном диапазоне от десятков до сотен килогерц. В методе реализованы варианты измерения как активной компоненты кажущейся удельной электрической проводимости δ_π^a , которая пропорциональна ЭДС, так и реактивной компоненты δ_π^p , пропорциональной ЭДС, сдвинутой по фазе относительно тока генераторной цепи зонда. Единица измерения - сименс на метр (См/м), дробная - миллисименс на метр (мСм/м).

Типовые условия применения метода - скважины, заполненные любой промывочной жидкостью и вскрывшие породы с удельным электрическим сопротивлением менее 500 ом. Является основным методом при определении мест перетоков технологических растворов из продуктивных в вышележащие горизонты и оценке их растекания в процессе ПСВ.

Минимальные требования к методическому обеспечению заключаются в наличии зависимостей, отражающих влияние на показание зонда диаметра скважины и удельного сопротивления промывочной жидкости.

Метрологическое обеспечение работ - аналогично стандартному электрокаротажу.

6.2.4. Инклинометрия.

Инклинометрия - это измерения зенитного угла и азимута скважины в зависимости от её глубины, с целью определения изменения траектории ствола скважины в пространстве от ее начального положения.

Единица измерения - градус. Измерения выполняются магнитными инклинометрами при подъеме скважинного прибора в не обсаженных скважинах или в скважинах с обсадкой из немагнитных материалов. Шаг измерения - кратный 10 м. Как правило, равен 20 м.

Требования к методическому обеспечению заключаются в наличии программ расчета координат точек пересечения ствола скважины с кровлей (подошвой) рудовмещающего горизонта.

Метрологическое обеспечение - ежемесячное градуирование с использованием градуировочного устройства УСИ-2.

Основным документом, регламентирующим методику, технику проведения каротажа методом инклинометрии и интерпретацию полученных результатов, является «Техническая инструкция по проведению исследований в скважинах на пластово-инфильтрационных месторождениях урана», Алматы, 2010 г [3].

6.2.5. Нейтрон-нейтронный каротаж.

Нейтронный каротаж основан на облучении горной породы и скважины потоком быстрых нейтронов и измерении плотностей потоков вторичного излучения надтепловых и тепловых нейтронов, образующихся в результате ядерных реакций рассеяния и захвата нейтронов. Измеряемая величина - скорость счета в импульсах в минуту [имп/мин]; расчетная величина - водородсодержание пород в стандартных условиях в процентах (%).

В зависимости от регистрируемого излучения различают: нейтронный каротаж по надтепловым нейтронам - ННК-нт; нейтронный каротаж по тепловым нейтронам ННК-т; нейтронный гамма-каротаж НГК.

При обработке месторождений урановых руд методом ПСВ используется ННК-т с целью литологического расчленения пород в условиях насыщения рудовмещающего горизонта продуктивными растворами. Измерительный зонд НК содержит ампульный источник нейтронов и один детектор тепловых нейтронов. ННК-т может быть выполнен как в обсаженных, так и в не обсаженных скважинах.

Минимальные требования к методическому обеспечению заключаются в наличии визуально устанавливаемых корреляционных полуколичественных соотношений между скоростью счета ННК и литологическим составом пород рудовмещающего горизонта. Эта связь обусловлена различием коэффициента пористости пород различного литологического состава.

Метрологическое обеспечение работ - поверочная установка УП-НК, содержащая три имитатора пористого пласта (ИПП) и емкость с пресной водой.

6.2.6. Каротаж по мгновенным нейтронам деления (КНД-м).

КНД-м основан на измерении нестационарных нейтронных полей, создаваемых скважинным импульсным генератором быстрых нейтронов длительностью импульса 2 мкс с энергией 14 МэВ. Принципиальное отличие КНД-м от импульсного нейтронного каротажа (ИНК) заключается в том, что при КНД-м измеряется плотность потока нейтронов не от первичного импульсного генератора после их замедления до уровня надтепловых энергий, а плотность потока мгновенных нейтронов деления, генератором которых является урановая руда, содержащая изотоп уран-235. Мгновенные нейтроны (быстрые) с энергией 2 МэВ начинают генерироваться урановой рудой в результате воздействия на нее нейтронов импульсного генератора после достижения ими уровня тепловых энергий. Таким образом, урановая руда, содержащая изотоп ура-на-235 является своего рода природным генератором быстрых мгновенных нейтронов, работа которого провоцируется импульсным скважинным генератором. Выход мгновенных нейтронов (n/c) в данном случае пропорционален концентрации урана-235 в общей рудной массе.

Для урановых месторождений соотношение изотопов урана-235, урана-238 и урана-234 в рудах постоянно, поэтому измеренный сигнал одновременно может служить и мерой концентрации природного урана.

Измеряемыми величинами являются:

- скорости счета плотности потока надтепловых нейтронов в имп/мин. в заданных временных интервалах (окнах);
- время жизни нейтронов t , [мкс].

КНД-м может проводиться по однозондовой или двухзондовой методике. Если влажности силикатных руд и вмещающих пород существенно различаются (более чем на 5%) - более благоприятные условия для интерпретации результатов при мощности рудных интервалов менее 1,0 м создаются по однозондовой методике.

Расчетной величиной является массовая доля урана в рудных телах.

Максимальные требования к *методическому и программному обеспечению* заключаются в наличии алгоритмов и зависимостей:

- поправочных, учитывающих отклонение условий измерений от стандартных;
- программного обеспечения, которое должно сопровождать регистрацию и обработку данных до получения конечных характеристик (массовая доля урана в рудных интервалах).

Метрологическое обеспечение - наличие двух моделей типа СОСВУРТ (фоновая и рудная) и контрольно-поверочной скважины.

Основным документом, регламентирующим методику, технику проведения каротажа методом мгновенных нейтронов деления и интерпретацию полученных результатов, является «Инструкция по каротажу методом мгновенных нейтронов деления при подготовке и эксплуатации пластово-инфильтрационных месторождений урана», Алматы, 2003 г [2].

6.2.7. Гамма-гамма плотностной каротаж.

Гамма-гамма-плотностной каротаж (ГГК-п) - исследования, основанные на регистрации плотности потока гамма-излучения, рассеянного горной породой при её облучении стационарным ампульным источником гамма-квантов.

Измеряемая величина - скорость счета [имп/с⁻¹]. Основные расчетные величины - объемная плотность ρ пород, [г/см³], поправка $\Delta\rho$ на влияние промежуточной среды между прибором и породой, [г/см³].

Благоприятные условия применения метода - вертикальные и наклонные скважины; незначительная кавернозность ствола скважины; тонкие глинистые корки или их отсутствие. Минимальные требования к методическому обеспечению заключаются в наличии зависимостей:

- калибровочных - устанавливающих связь между объемной плотностью и показаниями (скоростями счета) короткого и длинного зондов в стандартных условиях измерений;
- поправочных - учитывающих отклонение условий измерения от стандартных и влияние фона естественного гамма-излучения.

Метрологическое обеспечение - наличие стандартных образцов плотности и от одного до трех имитаторов глинистой корки, аттестованные в установленном порядке.

6.2.8. Кавернометрия (КМ).

Кавернометрия - метод ГИС, позволяющий определять среднее значение диаметра скважины и его изменения по стволу скважины.

Измеряемая величина - диаметр скважины в миллиметрах [мм].

Метрологическое обеспечение - первичные периодические и полевые калибровки. Основное средство периодических калибровок - набор (не менее 2-х) образцовых колец с погрешностью определения диаметров не более $\pm 1,0$ мм.

Основным документом, регламентирующим методику, технику проведения каротажа методом кавернометрии и интерпретацию полученных результатов, является «Техническая инструкция по проведению исследований в скважинах на пластово-инфильтрационных месторождениях урана», Алматы, 2010 г [3].

6.2.9. Токовый каротаж (ТК).

Токовый каротаж - вид исследований, основанный на измерении силы тока в цепи между двумя электродами, один из которых «А» движется по стволу скважины, а второй «В» расположен на поверхности земли. Измеряемая величина - сила тока [мА]. Метод применяется для определения мест нарушения гидроизоляции обсадной колонны в случае использования для этих целей труб, изготовленных из полиэтилена. Места нарушения гидроизоляции во всех случаях соответствуют местам нарушения электроизоляции, фиксируемым поданным токового каротажа, четко выраженным аномальным увеличением силы тока в цепи АВ в интервалах нарушения целостности обсадных труб. Метод относится к качественным, индикаторным.

Основным документом, регламентирующим методику, технику проведения токового каротажа и интерпретацию полученных результатов, является «Техническая инструкция по проведению исследований в скважинах на пластово-инфильтрационных месторождениях урана», Алматы, 2010 г [3].

6.2.10. Термометрия (ТМ).

Метод заключается в изучении естественных и искусственных тепловых полей в скважине в установившемся и неустойчивом режимах. Измеряемая величина - температура (разность температур) в градусах Цельсия [$^{\circ}\text{C}$].

Метрологическое обеспечение - периодические калибровки, выполняемые в баках с водой, имеющей различные температуры, устанавливаемые с помощью образцовых ртутных термометров.

Основным документом, регламентирующим методику, технику проведения каротажа методом термометрии и интерпретацию полученных результатов, является «Техническая инструкция по проведению исследований в скважинах на пластово-инфильтрационных месторождениях урана», Алматы, 2010 г [3].

6.2.11. Расходомерия (Рх).

Расходомерия - метод ГИС, основанный на измерении скорости потока (расхода) жидкости по стволу скважины. Измерения точечные при неподвижном положении прибора (расходомера) в точке измерения.

Перемещение жидкости по стволу скважины вызывает вращение крыльчатки расходомера со скоростью вращения, пропорциональной скорости потока. Измеряемая величина - обороты в минуту [об/мин]. Расчетная величина - расход жидкости по стволу скважины в [$\text{м}^3/\text{час}$].

Основным документом, регламентирующим методику, технику проведения каротажа методом расходомерии и интерпретацию полученных результатов, является «Техническая инструкция по проведению исследований в скважинах на пластово-инфильтрационных месторождениях урана», Алматы, 2010 г [3].

6.2.12. Гидрогеохимический каротаж (ГХК)

Метод ГИС, позволяющий проводить непосредственно в обсаженной скважине измерение следующих параметров: давление, температура, глубина залегания уровня воды, рН, Eh, удельная электропроводность, растворенные газы (O₂, H₂S.) содержание отдельных компонентов - Na, NH₄, Ca, NO₃. С применением ГХК повышается достоверность гидрогеохимического опробования свойств природных и техногенных подземных вод в реальных термобарических и окислительно-восстановительных условиях рудоносных горизонтов, а также благодаря высокой детальности исследования всего столба воды (раствора) в скважине с дискретностью 10-20 см по его глубине. При таком детальном изменении одновременно 12-ти параметров сокращаются затраты на опробование и повышается их достоверность.

Гидрогеохимический каротаж используется для контроля за процессом ПСВ в недрах, для наблюдения за естественным восстановлением участков водоносных горизонтов, подвергшихся воздействию сернокислотного ПСВ и для мониторинга подземных вод в районе действующих и выведенных из эксплуатации участков ПСВ.

6.3. КОМПЛЕКСЫ ГИС НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ РАБОТ

Комплексы • ГИС определяются задачами, соответствующими назначению скважин и включают, в зависимости от этого, различные виды и методы ГИС.

Комплексы ГИС должны:

- включать в себя набор методов, обеспечивающих однозначное и достоверное решение всех поставленных перед ГИС задач для различных геолого-технологических ситуаций;
- включать методы, освоенные в отечественной практике и практике стран СНГ. По мере освоения и апробации новых методов комплексы могут дополняться;
- быть ориентированы на применение цифровой компьютеризированной каротажной техники и комбинированных скважинных приборов (модулей).

Комплексы ГИС, направленные на решение геологических задач, должны включать обязательные и дополнительные исследования. Обязательные исследования состоят из постоянной части, единой для решения задач для всех месторождений и на всех этапах работ, и изменяемой части, состав которой определяется геолого-техническими параметрами конкретных месторождений.

Рекомендуемые настоящей инструкцией комплексы и виды геофизических исследований могут быть дополнены или заменены в зависимости от конкретных условий обрабатываемого месторождения. Эти изменения должны быть апробированы и оформлены в виде Дополнения к данной инструкции и согласованы в НАК «Казатомпром».

6.3.1. Эксплуатационная разведка

Эксплуатационная разведка выполняется путем сгущения сети разведочных геологических скважин и дополнительного бурения скважин по периферии рудных тел для проектирования мест расположения технологических скважин.

На данной стадии **геологические задачи** решаются следующим комплексом геофизических исследований:

- гамма-каротаж;
- каротаж методом мгновенных нейтронов деления;
- электрокаротаж (КС, ПС);
- инклинометрия;

- кавернометрия;
- нейтрон-нейтронный каротаж.

Гамма-каротаж проводится для уточнения параметров рудных тел. При интерпретации гамма-каротажа используют определенный при разведке средний коэффициент радиоактивного равновесия (K_{pp}) для всего месторождения или для рудного тела (блока), в пределах которого пробурены данные скважины. Конкретное значение K_{pp} должно соответствовать тому, которое применялось при подсчете запасов при сдаче объекта в ГКЗ. Поправка на отжатие радона в пласт (P_{RH}) берется аналогичным способом. При бурении на стадии доразведки и эксплуатационной разведки скважин с кондиционным выходом керна уточняют значения K_{pp} и P_{RH} . Для уточнения значения K_{pp} и P_{RH} также используются данные КНД-м. Решение об использовании уточненных значений K_{pp} и P_{RH} принимается в каждом конкретном случае при расхождении в данных подсчета запасов, определенных при геологической разведке и эксплуатационной разведке, более чем на 20% в целом по залежи.

Результаты интерпретации гамма-каротажа технологических скважин со средними поправками, определенными при разведке, используют при подсчете запасов урана по эксплуатационным блокам. Этот подсчет запасов предназначен для планирования добычных работ, а после отработки отдельного рудного тела (залежи) - для списания запасов.

Каротаж методом мгновенных нейтронов деления (КНД-м) проводится для прямого определения урана в стволе скважины. Решение о проведении и объемах КНД-м принимается геологической службой в каждом конкретном случае. Поданным КНД-м уточняется морфология рудных залежей в сложной радиологической обстановке с целью исключения радиевых ореолов из отработки. Данные КНД-м используются для получения информации о нарушениях радиоактивного равновесия по скважинам без ядерного опробования, определения суммарной поправки на нарушение радиоактивного равновесия и отжатия радона. При применении двухзондового скважинного снаряда поданным КНД-м возможно определение влажности, объемного веса, глинистости пород в условиях естественного залегания.

Электрокаротаж (КС, ПС) на данной стадии используется для литологического расчленения пород, выделения фациальных разностей проницаемых пород продуктивного горизонта, для определения границ верхнего, нижнего и промежуточных водоупоров. Данные электрокаротажа КС, ПС используются для расчетов послойных коэффициентов фильтрации продуктивной толщи. Для расчетов коэффициентов фильтрации по электрокаротажу используются зависимости между величинами кажущегося сопротивления (или $\alpha_{ПС}$) и гранулометрическим составом пород, а также коэффициентами фильтрации, определенными по данным откачек гидрогеологических скважин. Такие зависимости устанавливаются на стадии детальной геологической разведки для скважин малого диаметра и проверяются в технологических скважинах большого диаметра. По результатам уточнения находятся переходные коэффициенты, позволяющие использовать имеющиеся зависимости.

Инклинометрия проводится с целью определения истинного положения ствола скважины в пространстве.

Кавернометрия проводится с целью определения истинного диаметра скважины в пределах рудного горизонта для введения поправки при интерпретации результатов гамма-каротажа на поглощение гамма-излучения промывочной жидкостью. Дополнительно данные кавернометрии используются для выделения в песчано-глинистом разрезе проницаемых интервалов. На интервале песчаных пород с высокой проницаемостью диаметр скважины уменьшается на толщину глинистой корки. Это обусловлено тем, что в породах, в которые проникает фильтрат промывочной жидкости, диаметр скважины уменьшается из-за накопления на ее стенках глинистой корки.

Нейтрон-нейтронный каротаж на данной стадии используется для литологического расчленения разреза в зоне уже закисленных пород, когда методами электрокаротажа невозможно провести расчленение разреза.

Конечным документом интерпретации результатов ГИС является геологический паспорт скважины по форме, приведенной в разделе 3.3 настоящей Инструкции.

6.3.2. Подготовка участка к эксплуатации

Подготовка участка к эксплуатации заключается в сооружении и освоении сети технологических и наблюдательных скважин. Проходка ствола скважины выполняется в два этапа - пилот-скважина и последующее расширение до конечного диаметра. На данном этапе кроме **геологических задач** геофизическими исследованиями решаются **и технические задачи**.

На первом этапе (после бурения пилот-скважины) проводится следующий комплекс геофизических исследований:

- гамма-каротаж;
- каротаж методом мгновенных нейтронов деления;
- электрокаротаж (КС, ПС);
- инклинометрия;
- кавернометрия.

Задачи, решаемые данными методами, аналогичны задачам этапа эксплуатационной разведки. В части скважин желательно проводить определение урана методом КНД, если другие методы не обеспечивают полноты решаемых задач. Данные по наблюдательным скважинам позволяют проследить ход процесса выщелачивания, связать изменения остаточного содержания урана с расходом кислоты и таким образом получить исходные данные для расчетов оптимального времени работы участка. Выполнение гамма-каротажа в наблюдательных скважинах обеспечивает контроль распределения радия в процессе выщелачивания. Это необходимо для обоснования возможности использования результатов гамма-каротажа контрольных скважин при определении исходного содержания урана.

Инклинометрия проводится в процессе проходки технологических скважин с целью контроля азимутальных и угловых отклонений стволов сооружаемых скважин. Каротаж может проводиться многократно в режиме "сопровождения" по мере углубления скважины. Интервалы глубин, на которых проводится инклинометрия, должны задаваться в техническом задании на сооружение скважины. При отклонении траектории ствола скважины от проектного положения на величину, большую допустимой, скважина бракуется и другие виды каротажа не выполняются.

На втором этапе (после разбуривания скважины) для расчета необходимого количества цемента и определения объема зоны гравийной обсыпки фильтров дополнительно проводится кавернометрия.

После сооружения и освоения скважин проводится комплекс геофизических исследований от решаемых задач:

- токовый каротаж (ТК);
- индукционный каротаж (ИК);
- термометрия (ТМ);
- гамма-гамма каротаж плотностной (ГГК-П);
- расходомерия;
- гидрогеохимический каротаж (ГХК).

Токовый каротаж выполняется дважды: сразу после обсадки скважины с целью определения целостности обсадной колонны полиэтиленовых труб и правильности установки фильтров, и после освоения скважины, для определения чистоты фильтров и повторной проверки целостности обсадной колонны. Данный метод очень чувствителен и позволяет выявить даже незначительные повреждения обсадной колонны. Поэтому при

обнаружении нарушений токовым каротажем нужно дополнительно провести расходомерию для оценки объема перетока жидкости через обнаруженное нарушение.

Индукционный каротаж проводится в целях определения электропроводимости пород перед закислением. Эти результаты индукционного каротажа являются исходными для последующей интерпретации на стадии закисления и эксплуатации.

Гидрогеохимический каротаж проводится для определения исходных параметров перед закислением с целью контроля их дальнейшего изменения.

Во всех сооружаемых скважинах, где проводится гидроизоляция затрубного пространства цементированием, выполняется термометрия для определения местоположения цементного кольца. Эти результаты термометрии являются исходными для решения некоторых вопросов контроля за дальнейшим ходом процесса ПСВ.

Гамма-гамма каротаж плотностной проводится для уточнения качества цементации, контроля уровня и качества гравийной обсыпки зоны фильтров технологических скважин. ГГК-П проводится во всех технологических скважинах, сооружаемых с гравийной обсыпкой.

Расходомерия проводится после освоения скважины для определения состояния прифильтровой и фильтровой зоны.

Конечным документом интерпретации результатов ГИС является геотехнологический паспорт скважины (Приложение 6.6 настоящего раздела).

6.3.3. Эксплуатация участка.

На этапе эксплуатации участка геофизическими методами решаются **геотехнологические и технические** задачи. Систематически контролируется техническое состояние скважин, определяется распространение технологических растворов по площади участка и их проникновение за водоупоры, отслеживается ход процесса выщелачивания.

На этапе эксплуатации участка в комплекс геофизических исследований скважин входят:

- токовый каротаж;
- индукционный каротаж;
- гамма-каротаж;
- каротаж методом мгновенных нейтронов деления;
- термометрия;
- расходомерия;
- гидрогеохимический каротаж.

Токовый каротаж проводится в технологических скважинах с полиэтиленовыми обсадными трубами для определения целостности обсадной колонны и степени запесоченности фильтровой зоны. Токовый каротаж проводится во всех технологических скважинах не реже одного раза в год. Периодичность проведения может корректироваться в зависимости от количества и частоты обнаружения нарушений на контролируемом блоке и по заявкам ответственной службы. При обнаружении нарушения целостности труб проводят расходомерию для количественной оценки потерь технологических растворов или их разубоживания пластовыми водами.

При невозможности проведения токового каротажа он может быть заменен каротажем КС обсадки.

Индукционный каротаж проводится для контроля за растеканием технологических растворов по площади участка и за проникновением раствора выше водоупорного горизонта. ИК проводится во всех наблюдательных и, при необходимости, в технологических скважинах, обсаженных полиэтиленовыми трубами. Периодичность проведения ИК на обрабатываемом блоке - раз в квартал на начальном этапе и не реже одного раза в год до конца отработки. Сопоставление графиков индукционного каротажа,

полученных до и после закисления, позволяет определить зоны распространения кислых растворов. Распространение кислых растворов по мощности продуктивного горизонта может быть связано как с вертикальной составляющей фильтрации, так и с затрубной циркуляцией раствора.

Гамма-каротаж периодически проводится в наблюдательных скважинах для получения информации о перемещении радия при выщелачивании урана. Это необходимо для обоснования возможности использования результатов гамма-каротажа контрольных скважин при определении исходного содержания урана. Периодичность проведения гамма-каротажа зависит от скорости протекания процесса выщелачивания, и каждое последующее измерение делается после уменьшения остаточного содержания урана на 15-20%.

Гамма-каротаж в закачных технологических скважинах проводится по результатам электрокаротажа, которые предполагают нарушение целостности обсадной колонны. Появление технологических растворов в затрубном пространстве, как правило, сопровождается гамма-аномалиями.

Каротаж методом мгновенных нейтронов деления позволяет следить за изменениями содержания урана или его перераспределением между песчаными и глинистыми разностями пород. Одновременно можно получить информацию о ходе процесса выщелачивания по измерениям в наблюдательных скважинах. По отдельным наблюдательным скважинам затруднительно оценить количество урана, оставшегося в рудном горизонте, но ход процесса выщелачивания во времени характеризуется достаточно надежно. Для этого необходимо располагать наблюдательные скважины в местах, для которых, по данным гидродинамических расчетов, характерен усредненный ход процесса выщелачивания. По результатам КНД-м в наблюдательных скважинах возможна оценка доли урана, выщелачиваемого из технологического забаланса. Измерения КНД-м в законтурных наблюдательных скважинах дают информацию о дополнительном извлечении урана из этого пространства и о возможном переотложении урана.

Термометрия в комплексе с индукционным каротажом позволяет проследить распространение кислых растворов по горизонту. Периодичность проведения метода аналогична периодичности индукционного каротажа. По данным термометрии также определяются места поступления затрубных растворов в местах порыва обсадной колонны.

Расходомерия проводится с целью определения объема поглощаемой или приточной жидкости через нарушения колонн и технические отверстия. Контролируется профиль приемистости фильтров эксплуатационных скважин.

Гидрогеохимический каротаж проводится для контроля за изменением следующих параметров: удельной электропроводности E , pH , Eh , O_2 , H_2S , температуры, давления.

6.3.4. Ликвидация участка

Основными показателями завершения отработки запасов участка являются необратимое снижение содержания металла в продуктивных растворах до уровня, ниже бортового и достижение проектного уровня извлечения металла из недр. Отключению (погашению) эксплуатационных блоков в отдельных случаях (опытные и специальные полигоны) может предшествовать бурение контрольных скважин. При этом решаются **геологические** и **экологические** задачи следующим комплексом геофизических исследований скважин:

- гамма-каротаж;
- каротаж методом мгновенных нейтронов деления;
- электрокаротаж (КС, ПС);
- индукционный каротаж;
- расходомерия;

- гидрогеохимический каротаж.

Гамма-каротаж проводится для определения исходного содержания урана в скважине, если по результатам гамма-каротажа в наблюдательных скважинах, проведенного в процессе отработки участка, установлена сохранность распределения радия во время выщелачивания. В этом случае в данные гамма-каротажа вводятся средние поправки на отжатие радона и нарушение радиоактивного равновесия в руде, определенные до начала выщелачивания.

Каротаж методом мгновенных нейтронов деления проводится для оценки полноты отработки участка. Каротаж проводится в открытом стволе контрольных скважин. Сеть контрольных скважин должна быть достаточной для получения представительных результатов. Методом КНД-м подтверждается полнота отработки запасов металла эксплуатационного блока, выделяются площади с сохранившимися в недрах продуктивными растворами и определяется степень проникновения металла в смежные водоносные горизонты. Поданным КНД-м определяется остаточное содержание металла в недрах и, при благоприятных условиях, возможен расчет коэффициента извлечения металла из недр.

Электрокаротаж (КС. ПС) на данной стадии используется для литологического расчленения пород, для определения границ верхнего, нижнего и промежуточных водоупоров.

Индукционный каротаж проводится в контрольных скважинах, в том числе, пробуренных за контуром отработки. По данным ИК дается оценка остаточной закисленности пород, определяется степень проникновения в смежные водоносные горизонты кислых растворов и растекание технологических растворов в обрабатываемом продуктивном водоносном горизонте за пределы отработанного участка.

Индукционный каротаж, проводимый в целях слежения за процессом восстановления среды после отработки участка, проводится в подготовленных скважинах. Ввиду того, что фильтровая часть неработающей скважины подвергается процессу кольматации, перед проведением индукционного каротажа необходимо провести прокачку скважины. Работоспособность фильтров прокаченной скважины определяется методом расходомерии.

Гидрогеохимический каротаж проводится в наблюдательных скважинах с целью мониторинга восстановления среды после завершения отработки.

6.4. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГИС

Метрологическая поверка геофизической аппаратуры проводится в соответствии с ГОСТами и ОСТАми. В настоящее время на территории Республики Казахстан для метрологической поверки геофизической скважинной аппаратуры действуют и официально зарегистрированы в Реестре Системы сертификации геофизической продукции Госстандарта РК следующие методики:

- Стандарты Евро-Азиатского геофизического общества (СТ ЕАГО)
- ОСТы

1. Метрологическая поверка скважинных приборов гамма-каротажа проводится в соответствии с **ОСТ 41-06-164-81** «Прибор скважинный гамма-каротажа. Методы и средства поверки» (рег. № 022/10088 от 03.04.2002 г.)

2. Метрологическая поверка цифровых каротажных регистраторов проводится в соответствии с **СТ ЕАГО-078-01** «Регистраторы цифровые каротажные. Параметры, характеристики, требования. Методы контроля и испытаний» (рег. № ССПП 01.5.0.063).

3. Метрологическая поверка аппаратуры индукционного каротажа проводится в соответствии с **СТ ЕАГО-027-01** «Аппаратура индукционного каротажа. Параметры, характеристики, требования. Методы контроля и испытаний.» (рег. № ССПП.01.5.0.012).

4. Метрологическая поверка скважинных термометров проводится в соответствии с **ОСТ 39-174-84** «Термометры скважинные. Методика поверки». (рег. № 022/10089 от 03.04.2002 г.)

5. Метрологическая поверка каверномеров проводится в соответствии с **СТ ЕАГО - 032-01** «Аппаратура для кавернометрии и профилометрии. Параметры, характеристики, требования. Методы контроля и испытаний».(рег. № ССПП.01.5.0.014)

6. Метрологическая поверка инклинометров проводится в соответствии с **СТ ЕАГО-033-01** «Аппаратура для инклинометрии необсаженных скважин. Параметры, характеристики, требования. Методы контроля и испытаний» (рег. № ССПП. 01.5.0.013)

Ввиду того, что гамма-каротаж является основным видом ГИС для определения параметров, используемых для подсчета запасов урана, метрологическое обеспечение этих работ дается более подробно.

Система метрологического обеспечения гамма-каротажных работ (МО ГК) представляет собой комплекс технических и методических средств, обеспечивающих единство, достоверность и требуемую точность результатов измерений, охватывающих все модули информационно-измерительных систем гамма-каротажа (ИИС ГК). То есть, всю аппаратуру гамма-каротажа, включающую скважинный прибор, канал связи (каротажный кабель), наземную регистрирующую и вычислительную аппаратуру.

Основными технологическими операциями метрологического обеспечения этой аппаратуры являются градуирование, поверка и метрологическая аттестация.

Градуирование (эталонирование) - процесс построения индивидуальной статистической функции преобразования градуировочной характеристики гамма-каротажных радиометров. В результате градуирования получают зависимость между показаниями выходного сигнала и измеряемым информативным параметром входного сигнала.

Поверка - процесс определения погрешности средств измерения, проводимый с целью оценки их годности к эксплуатации путем сравнения фактических погрешностей каротажных радиометров с нормативными характеристиками. Поверка обязательна для всех средств измерений при выпуске их из производства и ремонта, а также в процессе эксплуатации и хранения через определенные межповерочные интервалы.

Метрологическая аттестация - исследование средств измерения, направленное на определение реальных метрологических характеристик средств измерения, не прошедших государственные приемочные испытания. Метрологической аттестации подвергаются средства измерений, выпускаемые единичными экземплярами или

разовыми мелкосерийными партиями, а также аттестуемые в качестве образцовых из числа рабочей аппаратуры.

Основная задача метрологического обеспечения - достижение единства измерений в уранодобывающей отрасли РК.

Система метрологического обеспечения гамма-каротажа.

Система метрологического обеспечения гамма-каротажа включает в себя:

- стандартные образцы: радиевые источники гамма-излучения - серии С-41, С-42, Р-1; источники моноэнергетического ионизирующего излучения - из таллия-204, либо америция-241;
- градуировочные установки типа ПГУ, УПЛ, УПП-1;
- стандартные образцы состава и свойств уранового рудного тела (СОСВУРТ);
- контрольно-поверочную скважину (КПС).

Стандартные образцы состава и свойств урановых рудных тел, пересеченных скважиной (СОСВУРТ), предназначены для обеспечения единства системы измерений и требуемой точности определения массовых долей урана в рудах в естественном залегании по результатам нейтронного метода (в том числе с аппаратурой АИНК-60) и метода гамма-каротажа (по радию).

Аттестуемыми характеристиками СОСВУРТ являются массовые доли урана и радия, плотность, влажность.

6.5. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ, ОТЧЕТНОСТЬ И ВЕДЕНИЕ ДОКУМЕНТАЦИИ

6.5.1. Организация работ.

Все геофизические работы на скважинах выполняются участком ГИС, состав которого определяется объемом работ в соответствии с утвержденным проектом и сметой.

Обязанности инженерно-технического персонала ГИС.

Начальник участка ГИС отвечает за своевременное проведение каротажа, его качество, следит за правильностью исполнения каротажных работ в соответствии с утвержденным проектом и настоящей инструкцией, контролирует ведение журнала заявок на ГИС, отвечает за соблюдение правил техники безопасности, составляет отчет о выполненной работе, внедряет передовые методы и организует занятия по повышению квалификации ИТР и рабочих.

Сменный инженер-геофизик (инженер-интерпретатор) производит приемку и оценку качества первичных материалов каротажей.

Сменный инженер-геофизик (или инженер-интерпретатор) производит оперативную интерпретацию данных каротажей с занесением результатов интерпретации в «Сводный журнал результатов ГИС...», обрабатывает материалы на ЭВМ с выдачей всех необходимых данных геологической службе добычного предприятия и осуществляет архивирование всех первичных каротажей и результатов их интерпретации на электронные носители для последующего ввода в базу данных «АтомГео».

Обязанности рабочих участка ГИС регламентируются инструкциями по профессиям и определяются начальником участка.

6.5.2. Основные требования к проведению каротажных работ в скважинах.

Главным документом, являющимся основанием для выезда каротажной бригады на каротаж скважины, служит заявка на каротаж, составленная лицом, ответственным за подачу такой заявки. Заявка фиксируется в специальном документе - «Журнал заявок на каротаж» (Приложение 6.1), который представляет собой официальный документ, регламентирующий административно-правовые отношения между геофизической, геологической и буровой службами. Все записи в журнале должны вестись с соблюдением строгой хронологической последовательности. Какие-либо подчистки, подтирки в записях

не допускаются. Ошибочно сделанная запись должна быть аккуратно зачеркнута, рядом выполнена правильная запись, подтвержденная подписью лица, допустившего или исправившего ошибку.

Геофизические исследования разрешается выполнять только в специально подготовленных, в соответствии с «Регламентом подготовки скважин и оформления заявок для проведения геофизических исследований» Алматы, 2010 г. [4], скважинах (Приложение 6.2). Подготовка скважин должна обеспечивать эффективную и безопасную, соответствующую требованиям эксплуатационной документации, эксплуатацию геофизической аппаратуры и оборудования в течение времени, необходимого для выполнения заявленного комплекса ГИС.

Готовность скважины подтверждается специальным актом, подписываемым представителями буровой службы (Приложение 6.3).

При отсутствии такого акта сменный инженер-геофизик не имеет права давать задание оператору каротажной станции для выезда на каротаж.

В процессе выполнения работ на скважине оператор каротажной станции обязан вести все необходимые при выполнении работ записи служебного, технического и эксплуатационного характера в специальном журнале, называемом «Аппаратурный (бортовой) журнал». Рекомендуемая форма журнала приводится в Приложении 6.4. В бортовом журнале фиксируются все возникшие при работе на скважине аварийные и нештатные ситуации, связанные с производством работ и эксплуатацией приборов и оборудования (отказ, поломки и т.д.). В нем, кроме того, должны фиксироваться все виды работ, выполняемые с использованием каротажной станции (градуировочные работы, работы по промеру кабеля и т.д.).

6.5.3. Отчетность.

Месячный отчет представляется Актом выполненных работ с указанием видов выполненных каротажных исследований, их объемов и стоимости.

Квартальные и годовые отчеты должны содержать:

- Методическую записку с кратким описанием использованной каротажной аппаратуры и оборудования, их технического состояния и методов поверки;
- Объемы выполненных работ.

Таблица 6.1.

Буровой участок

Месторождение	Объемы		Виды ГИС
	Скв.	П.м.	

Таблица 6.2

Геотехнологическое поле (ГТП)

Месторождение	Объемы		Виды ГИС
	Скв.	П.м.	

Таблица 6.3.

Результаты контрольных измерений по видам ГИС

Виды ГИС	Объем контроля, %	Погрешность		Причина	
		Доп.	факт	Не выполнения объема контроля	Расхождения
ГК					
КС					
ИК					
КМ					

Результаты работ:

- при ГПР.
- на ГТП.
- Результаты ОМР и внедрения нового оборудования.
- Выводы, предложения, проблемы.

Первичные материалы в подлинниках представляются проверяющей стороне по требованию.

6.5.4. Ведение документации.

При выполнении ГИС должна вестись следующая документация:

- дела скважин. Все материалы ГИС по скважине помещаются в отдельные папки, которые в свою очередь объединяются в архивные папки по признаку «залежь-блок-ряд (или ячейка)»;
- сводный журнал результатов ГИС и выполнения геотехнологических заданий в скважинах. (Приложение 6.5);
- журнал объемов ГИС;
- оперативный журнал геофизических исследований и задания конструкции скважин;
- журнал оперативной интерпретации ГИС на ГТП;
- журнал градуирования каротажных радиометров;
- журнал регистрации контроля ГК, КС, КМ, ИК;
- журнал проверок и настроек инклинометров;
- акты промера кабеля;
- журнал сменных заданий;
- бортовые журналы каротажных станций;
- журнал регистрации обработки ГИС на ЭВМ;
- копии месячных и годовых отчетов;
- документация и паспорта на И.И.И.;
- комплект инструкций и документации по охране труда и техники безопасности.

6.5.5. Оценка качества полевых материалов.

Результаты каротажа каждой скважины подлежат тщательному контролю, который осуществляется сменным инженером-геофизиком (или инженером-интерпретатором) при приемке материалов в обработку от операторов ГИС.

Проверяются все параметры, вводимые оператором ГИС и выводимые программами каротажа при проведении ГИС:

- стабильность работы аппаратуры по контрольным измерениям;
- скорость регистрации;
- градуировочные сигналы;

- количество отбитых 10-ти метровых меток;
- ТОМ, ЦПМ;
- сопротивление изоляции питающих и приемных линий;
- цифровая и аналоговая запись, а также соответствие состава полученной информации по скважине.

Погрешность регистрации данных каротажа, отклонение градуировочных записей от номинальных значений и расхождение первичных и контрольных измерений должны находиться в пределах, указанных в Инструкции для каждого вида измерений.

Качество материалов характеризуется двумя оценками «удовлетворительно» и «брак».

Удовлетворительное качество - результаты измерений полностью соответствуют требованиям настоящей Инструкции, результаты измерений не выходят за пределы допустимых погрешностей, но имеются дефекты в записи диаграмм (либо в записи информации на перфолентах и запоминающих устройствах), а также другие дефекты и упущения в первичной документации, не исключающие возможность использования полученной информации;

Брак - диаграммы (электронные файлы) содержат погрешности, превышающие допустимые, данные каротажа имеют упущения и помехи, которые нельзя устранить при обработке, а материалы нельзя использовать для решения задач, поставленных перед данным видом исследования.

В случае оценки «брак» - каротаж выполняется повторно.

6.6. РАДИОМЕТРИЧЕСКИЙ ПРОМЕР КЕРНА

Проводится для:

- привязки рудных интервалов по глубине;
- отбора проб керна для дальнейших анализов;
- контроля выхода керна по рудному интервалу при сопоставлении результатов промера с данными гамма-каротажа.

Радиометрический промер керна проводится переносным радиометром типа СРП-88 со сцинтилляционным детектором. Радиометр должен быть проградуирован и метрологически поверен.

Вначале ведется наблюдение за изменением скорости счета импульсов при последовательном перемещении детектора по всей длине керна. Керн для детальных измерений начинают отбирать за 3 - 4 метра до участков, в которых скорость счета импульсов соответствует мощности экспозиционной дозы гамма-излучения 100 мкр/час и более - для равновесных руд и 30 - 50 мкр/час - для руд с нарушенным радиоактивным равновесием в сторону недостатка радия. Заканчивают отбор керна после рудного интервала с выходом во вмещающие породы на 3 - 4 м.

Керн, вынутый из ящика, промеряют с двух сторон через интервалы в 10 см. Результаты измерений, за вычетом фонового значения, выражают в мкр/час и заносят в журнал по установленной форме.

Результаты измерений оформляют в виде графиков, сопоставление которых с кривыми гамма-каротажа позволяет оценить правильность расположения секций керна. Результаты замеров заносят в журнал радиометрических исследований керна.

По совместным результатам гамма-каротажа и промера керна отбирают пробы для дальнейших анализов.

ЖУРНАЛ
Радиометрических исследований керна

Наименование организации _____
Участок, блок, скважина № _____
Тип и номер прибора _____
Тип и номер детектора (ФЭУ, кристалл) _____
Натуральный фон на месте наблюдения в мкр/ч _____
Дата промера _____
Оператор (фамилия и подпись) _____

№ п/п	Интервал глубин по этикеткам		Длина Керна, м	Истинная Глубина точки измерения, м	Шаг Измерения, м	Средние показания прибора, имп/ску	Показания в мкр/ч	Примечание
	от	до						

Проверил

(дата, должность, подпись)

6.7. ЛАБОРАТОРНЫЕ АНАЛИЗЫ ПРОБ

6.7.1. Химический состав руд

Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей установление содержания основных (уран, радий) и попутных полезных компонентов и вредных примесей. Содержания определяются следующими видами анализа: рентгеноспектральным, радиометрическим, химическим, спектральным и другими, установленными государственными стандартами или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и разрешенными к применению на территории Республики Казахстан Техническим комитетом «Недропользование» при Государственном комитете по запасам полезных ископаемых Комитета по геологии и охране недр Министерства энергетики и природных ресурсов Республики Казахстан.

Для градуировки аналитической лабораторной аппаратуры используются стандартные образцы, указанные в отраслевой или государственной нормативно-технической документации (НТД); при отсутствии таких указаний используются стандартные образцы предприятия (СОП), изготовленные из руд разведанного и эксплуатируемого месторождения.

Все рядовые пробы, как правило, анализируются на уран, радий, а также на компоненты, содержание которых учитывается при оконтуривании рудных залежей по мощности (торий, калий).

Для выяснения степени окисления первичных руд и установления границы зоны окисления должны выполняться фазовые анализы.

Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями. Геологический контроль анализов проб следует осуществлять независимо от лабораторного контроля в течение всей эксплуатации месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные, попутные компоненты и вредные примеси.

Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализа зашифрованных контрольных проб в той же лаборатории, которая выполняет основные анализы.

Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей должен осуществляться внешний контроль в лаборатории, утвержденной в качестве контрольной министерством, производящим добычные работы. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящихся в основной лаборатории и прошедших внутренний контроль. При наличии стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, внутренний и внешний контроли следует осуществлять, включая их в зашифрованном виде в партию проб, которые сдаются на анализ в основную и контролируемую лабораторию.

Пробы, направленные на внутренний и внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождения и классы содержаний. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых компонентов, в том числе ураганые.

Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний. При выделении классов следует учитывать требования кондиций для подсчета запасов. Должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

Обработка данных внутреннего контроля по каждому классу содержаний производится по периодам (полугодие, год) отдельно по каждому методу анализа. Обработка данных внешнего контроля по каждому классу содержаний производится раз в год отдельно по каждому методу анализа. Оценка систематических расхождений по результатам анализа СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных.

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего контроля, не должна превышать значения, указанного в табл. 6.4. В противном случае результаты лаборатории бракуются, и все пробы подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. Одновременно, основной лабораторией должны быть выяснены причины брака и приняты меры по его устранению.

При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный

контроль. Этот контроль выполняется в лаборатории, утвержденной в качестве арбитражной министерством, проводящим добычные работы. На арбитражный контроль направляются хранящиеся в лаборатории аналитические дубликаты рядовых проб, по которым имеются результаты рядовых и внешних контрольных анализов. Контролю подлежат 30 - 40 проб по каждому классу содержаний, по которым выявлены систематические расхождения. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, их также следует включать в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10-15 результатов контрольных анализов.

При подтверждении арбитражным анализом систематических расхождений, следует выяснить причины и разработать мероприятия по их устранению либо принять решение о введении в результаты основных анализов соответствующего поправочного коэффициента. Без проведения арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

Таблица 6.4

Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности анализов основных компонентов по классам содержаний

Компоненты	Интервал содержаний компонентов в руде (%)	Допустимые относит. среднеквадр. отклонения (%)
U	0,5-0,99	3,2
	0,2-0,49	3,5
	0,1-0,19	4,6
	0,05-0,099	5,7
	0,02-0,099	6,8
	0,01-0,019	9,0
	0,005-0,0099	12
Ra (в единицах равновесного урана)	0,5-0,99	3,2
	0,2-0,49	3,5
	0,1-0,19	4,6
	0,05-0,099	5,7
	0,02-0,099	6,8
	0,01-0,019	9,0
Th	0,1-0,19	6,0
	0,05-0,099	7,5
	0,02-0,099	9,0
	0,01-0,019	11
	0,005-0,0099	15
	0,002-0,0049	18
	0,001-0,0019	24

6.7.2. Минеральный состав руд

Минеральный состав руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства изучаются с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализов. В процессе минералогических исследований должно быть изучено распределение основных и попутных компонентов, примесей и составлен баланс по формам минеральных соединений, а также гранулометрический состав и распределение урана по классам. Наряду с рудами, систематическому минералогическому изучению подвергаются также продукты их обогащения.

6.7.3. Лабораторные анализы определения основных элементов

6.7.3.1. Лабораторные анализы определения урана.

6.7.3.1.1. Определение урана в порошковых пробах проводится по методике, разработанной ВИМС и утвержденной Техническим комитетом № 21 «Недропользование» на базе Научного Совета при Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых Республики Казахстан. «МУ «Определение урана рентгеноспектральным флуоресцентным методом» [5].

Физическая основа метода заключается в измерении интенсивности флуоресцентной $L\alpha_1$ или $L\beta_1$ -линии урана, возникающей при облучении пробы смешанным первичным излучением, источником которого служит рентгеновская трубка с молибденовым или серебряным анодом, и интенсивности некогерентного, рассеянного на пробе, характеристического излучения молибдена или серебра. Для большей части горных пород и урановых руд интенсивность характеристического излучения урана и интенсивность некогерентного рассеяния в одинаковой степени зависят от матрицы пробы, что позволяет получать результаты, свободные от влияния матрицы.

Содержания урана в пробе рассчитывают по формуле:

$$C = K \frac{I_1 - I_\phi}{I_{нк}} \quad (6.1)$$

где: I_1 - измеренная суммарная интенсивность аналитической линии урана и фона, [имп/с];

I_ϕ - интенсивность фона, [имп/с]: $I_\phi = \alpha I_{нк} + b$

α и b - постоянные коэффициенты;

$I_{нк}$ - интенсивность некогерентного рассеянного излучения

$K\alpha$ -линий молибдена (серебра), [имп/с];

K - постоянный коэффициент, определяемый экспериментально по результатам измерений стандартного образца с известным содержанием урана.

Методика предназначена для определения урана в горных породах и урановых рудах при содержании его от 0.0001-0.0003 до 10%.

Подробно методика определения урана изложена в [3].

6.7.3.1.2. Определение урана в порошковых пробах также проводится по методике “Методика выполнения измерений содержания элементного состава проб горных пород, руд, грунтов и почв на рентгенрадиометрическом лабораторном приборе РЛП-21Т (рег. №KZ 07.00.00871-2008)”. Методика позволяет определять массовую долю химических элементов от калия (K) до урана (U) в диапазоне концентраций от 0,0013% до 56%.

Физическая основа метода заключается в измерении интенсивности характеристического излучения атомов урана, возникающем при облучении пробы излучением рентгеновской трубки с вольфрамовым катодом с использованием кадмиевой мишени. Интенсивность характеристического излучения урана пропорциональна его содержанию в пробе. Регистрация характеристического излучения испытуемых образцов проб производится полупроводниковым детектором.

Все измерения и обработка спектров производятся в автоматическом режиме с помощью интегрированного пакета прикладных программ.

6.7.3.2. Лабораторные анализы определения тория.

Определение тория в порошковых пробах проводится по методике, разработанной ВНИИФТРИ «Активность радионуклидов в объемных образцах. Методика выполнения измерений на гамма-спектрометре.» МИ 2143-91.

Определение содержания тория рассчитывается по его дочернему радионуклиду Pb-212 по линии 238,6 кэВ. Регистрация гамма-излучения производится полупроводниковым детектором.

Интенсивность гамма-излучения радионуклидов, находящихся в испытуемом образце, пропорциональна их содержанию.

Все измерения и обработка спектров производятся в автоматическом режиме с помощью интегрированного пакета прикладных программ. Конвертационный файл переводит удельную активность тория (Бк/кг) в его содержание (%).

Предел обнаружения тория зависит от времени измерения пробы и радионуклидного состава пробы.

6.7.3.3. Лабораторные анализы определения радия.

6.7.3.3.1. Определение Ra-226 в порошковых пробах проводится по методике, разработанной ВНИИФТРИ «Активность радионуклидов в объемных образцах. Методика выполнения измерений на гамма-спектрометре.» МИ 2143-91.

Определение содержания Ra-226 рассчитывается по его дочернему радионуклиду Bi-214 по линии 609,3 кэВ. Регистрация гамма-излучения производится полупроводниковым детектором.

Интенсивность гамма-излучения радионуклидов, находящихся в испытуемом образце, пропорциональна их содержанию.

Все измерения и обработка спектров производятся в автоматическом режиме с помощью интегрированного пакета прикладных программ. Конвертационный файл переводит удельную активность Ra-226 (Бк/кг) в его содержание (% равновесного урана).

Нижний предел обнаружения Ra-226 0,003 %.

6.7.3.3.2 Определение Ra-226 также может проводиться по методике KZ 07.00.00940-2009 «Методика выполнения измерений содержания Ra-226, в процентах равновесного урана, в пробах горных пород, руд, грунтов и почв гамма-спектрометрическим методом».

Определение содержания Ra-226 рассчитывается по его дочернему радионуклиду Bi-214 по линии 609,3 кэВ. Регистрация гамма-излучения производится полупроводниковым детектором.

Интенсивность гамма-излучения радионуклидов, находящихся в испытуемом образце, пропорциональна их содержанию.

Все измерения и обработка спектров производятся в автоматическом режиме с помощью интегрированного пакета прикладных программ. Конвертационный файл переводит удельную активность Ra-226 (Бк/кг) в его содержание (% равновесного урана).

Методика позволяет определять содержание Ra-226, в процентах равновесного урана, от 0,0033 % до 0,96 %.

А. ТЕКСТОВЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ К РАЗДЕЛУ 6

ЖУРНАЛ РЕГИСТРАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАЯВОК НА ГИС СКВАЖИН ДЛЯ БУРОВОГО ЦЕХА

Лист 1

№ п/п	№ скв.	№ агрегата	Конструкция скважины	Техническое состояние бурового оборудования	Параметры и тип раствора	Дата и время цементации или промывки	Дата и время подачи заявки	Дата, время готовности скважины к каротажу	Вид каротажа
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>

Лист 2

Фамилия подавшего заявку	Фамилия принявшего заявку	Дата и время выполнения каротажа	Простой бурового агрегата	Причина простоя бурового агрегата	Фамилия и подпись выполнившего каротаж	Примечание
<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>

РЕГЛАМЕНТ ПОДГОТОВКИ СКВАЖИН И ОФОРМЛЕНИЯ ЗАЯВОК ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Общие положения

1.1. Геофизические исследования и работы в скважинах должны проводиться с учетом требований «Правил промышленной безопасности при разработке рудных месторождений способами подземного скважинного и кучного выщелачивания», утвержденных приказом Министра энергетики и минеральных ресурсов Республики Казахстан № 79 от 6 марта 2006 года, «Методических рекомендаций по комплексу геофизических методов исследования скважин при подземном выщелачивании урана», Алматы, 2003 г., настоящего Регламента и действующих нормативных документов по охране труда и технике безопасности на эти виды работ.

1.2. Требования к технологии проведения геофизических исследований, а так же настоящий Регламент должны учитываться при составлении проектов отработки месторождения (или его части), планов развития горных работ на текущий год и заключении договоров на сооружение и ремонт разведочных и технологических скважин.

1.3. Геофизические исследования (каротаж) разрешается производить только в специально подготовленных скважинах. Подготовку скважины к проведению ГИС осуществляет буровая бригада.

1.4. Подготовленность скважины к проведению ГИС подтверждается Актом о готовности скважины к проведению геофизических исследований (Приложение № 1), который подписывают представители геологической и буровой служб Заказчика и производителя работ (геофизического предприятия).

1.5. Геофизические исследования в скважинах должны производиться в присутствии представителя буровой службы (сменный буровой мастер или бурильщик) под руководством оператора каротажной станции.

1.6. Оператор каротажной станции может привлекать работников буровой бригады для выполнения вспомогательных работ, связанных с проведением каротажа.

1.7. Проведение во время выполнения ГИС каких-либо ремонтно-профилактических работ на буровом агрегате запрещается.

2. Порядок оформления заявок на выполнение ГИС

2.1. Геофизические исследования в скважинах должны проводиться по заявкам диспетчерской или буровой службы Заказчика или другого лица, ответственного за подачу такой заявки. Заявка (вызов) должна быть зарегистрирована **в письменном виде** в журнале заявок и оформлена в соответствии с «Методическими рекомендациями по комплексу ГИС...» (г. Алматы 2003 г., п.5.2.1). Порядок подачи заявок, ответственные лица и другие условия должны быть обязательно оговорены в договорах на выполнение ГИС и на сооружение скважин или иных официальных документах, регламентирующих административно – правовые отношения между геофизической, геологической и буровой службами.

2.2. При вызове каротажного отряда **с базы** геофизического цеха и/или на время передачи смены дежурными бригадами (8:00 и 20:00 часов) заявка должна оформляться не менее чем за 3 часа до начала ГИС – время, необходимое для подготовки и переезда каротажного отряда на участок работ.

При вызове каротажного отряда с базы геофизического цеха без оформленной и зарегистрированной заявки выезд каротажного отряда на проведение ГИС запрещается.

2.3. При вызове для выполнения ГИС каротажного отряда, находящегося **на участке работ** и выполняющего каротаж на другой скважине, допускается принятие заявки напрямую от сменного бурового мастера в случае готовности скважины, подтвержденной Актом (см. п.1.4) и в случае согласия Заказчика. При этом оператор каротажной станции может принять заявку только на время окончания всех работ и операций на скважине, на которой проводится каротаж. Время ожидания бурового агрегата в таком случае не считается временем простоя.

2.4. О принятии заявки напрямую от сменного бурового мастера обязательно ставится в известность сменный инженер-геофизик и сменный геолог или диспетчер Заказчика, заявка фиксируется в буровом журнале и бортовом журнале каротажной станции и подтверждается подписями с последующим оформлением в журнале заявок (см. п.2.1).

2.5. Заявка на проведение ГИС обязательно должна содержать следующие сведения:

- наименование Заказчика, месторождения, участка, № скважины;
- тип скважины (разведочная, технологическая) и сведения о конструкции;
- проектная глубина или интервал исследований;
- заявляемый комплекс ГИС;
- состояние скважины;
- время начала работ;
- фамилию и должность ответственного за подачу заявки.

3. Подготовка буровой установки

3.1. Буровая установка должна иметь подъездные пути, обеспечивающие подъезд, передвижение и размещение каротажной станции и каротажного оборудования на рабочей площадке и обеспечивающие беспрепятственную эвакуацию каротажной станции в аварийных ситуациях своим ходом или буксировкой другими транспортными средствами.

3.2. Перед буровой установкой со стороны приемных мостков должна быть оборудована рабочая площадка размером не менее 9х4 м., пригодная для установки каротажной станции и геофизического оборудования.

3.3. Рабочая площадка и места (зоны) работы со скважинной аппаратурой должны удовлетворять следующим требованиям:

- возможность установки каротажной станции в горизонтальном положении;
- ось барабана лебедки подъемника должна быть горизонтальной и перпендикулярной к направлению движения кабеля к устью скважины;
- обеспечивать возможность расположения каротажной станции таким образом, чтобы исключить скопление отработанных газов при работе двигателей внутреннего сгорания;
- обеспечивать постоянную видимость с места машиниста подъемника мостков, устья скважин (блок-баланса) и пути движения геофизического кабеля;
- освещенность в темное время суток для зон, где выполняются работы с геофизическим оборудованием и на устье скважины, участков транспортировки приборов к устью скважины и трассы движения геофизического кабеля должна быть достаточной для безопасного проведения работ. **При недостаточном освещении**

рабочей площадки буровой и устья скважины проведение геофизических работ в ночное время запрещается;

- все посторонние предметы между рабочей площадкой и устьем скважины, препятствующие свободному движению кабеля, должны быть удалены;
- буровая лебедка и ее привод на время проведения каротажа должны быть исправными и обесточены;
- буровой инструмент и инвентарь должны быть размещены и закреплены так, чтобы не мешать обслуживающему персоналу при проведении ГИС;
- пол буровой и приемные мостки очищены от промывочной жидкости, смазочных материалов, снега, льда и т.п., при необходимости посыпаны песком; сходни приемных мостков должны иметь ребристую поверхность и поперечные рейки, предотвращающие скольжение обслуживающего персонала;
- обустройство устья скважины должно обеспечивать удобство спуска и извлечение скважинных приборов;
- направляющий блок или наземный блок-баланс должны жестко крепиться у устья скважины. Не допускается их крепление канатными скрутками или тяжелыми предметами;
- к устью скважин, бурящихся на глинистом растворе, с помощью гибкого шланга должна быть подведена техническая вода (горячая вода при работе в условиях отрицательных температур и при бурении на промывочных жидкостях с нефтяной основой).

3.4. Для проведения геофизических работ электрооборудование буровой установки должно соответствовать требованиям ПУЭ, ПТЭ и ПТБ и обеспечивать следующие дополнительные условия:

- для подключения геофизического оборудования и аппаратуры к силовой сети буровой установки должна иметься унифицированная трех полюсная розетка (в исполнении, пригодном для наружной установки) на напряжение 220 вольт с заземляющим контактом, расположенная в легкодоступном месте.
- должно быть обозначено место для подсоединения к контуру заземления буровой установки заземляющего каротажную станцию провода, обеспечивающее подключение с помощью винтовых соединений или струбцин. Суммарная величина сопротивления заземляющего провода и контура заземления буровой установки не должна превышать 10 Ом.
- должно быть обеспечены условия для прокладывания силового кабеля, соединяющего геофизическое оборудование с электросетью, на козлах или подставках на высоте не менее 0,5 м от поверхности земли (в местах проходов - подвешиваться на высоте 2 м.);

Примечание. *Допускается подключать кабель к источнику питания только по окончании сборки рабочей электрической схемы станции. О моменте подключения должны быть оповещены все работники, занятые каротажем. Подключение с соблюдением правил по электробезопасности должно производиться лицом, имеющим на это право.*

3.5. При производстве каротажных работ на буровой запрещается:

- производить без разрешения оператора ремонт бурового оборудования;
- включать без разрешения оператора буровую лебедку и различные силовые агрегаты;
- переносить и передвигать по полу буровой тяжелые предметы и буровое оборудование;
- производить электросварочные работы в радиусе до 400м, а в отдельных случаях и на большем расстоянии;

- проводить демонтаж бурового оборудования.

3.6. Геофизический персонал при нахождении и работе на буровой установке должен быть обеспечен защитными касками с подшлемниками и предохранительными поясами при работе на высоте более 1,3 м.

3.7. При выполнении дополнительных работ буровой бригады по обеспечению проведения геофизических работ (повторная проработка скважины, извлечение оставленных в скважине приборов при помощи бурового снаряда и тому подобное) геофизический персонал может находиться на буровой установке только с согласия руководителя буровых работ.

4. Подготовка скважины к каротажу

4.1. Подготовка скважины должна обеспечивать безопасную и удобную эксплуатацию наземного геофизического оборудования и беспрепятственное перемещение (спуск-подъем) каротажных зондов и скважинных приборов в течение времени, необходимого для проведения всего комплекса геофизических исследований.

4.2. Для подготовки скважины необходимо:

- проработать ствол скважины долотом номинального диаметра на всех интервалах изменения диаметров бурильного инструмента с целью ликвидации уступов, резких переходов от одного диаметра к другому, мест сужения и пробок;

- обеспечить однородность промывочной жидкости по всему стволу скважины;

- привести параметры промывочной жидкости в соответствие с требованиями геолого-технического наряда на бурение скважин:

- плотность промывочной жидкости — не более $1,2 \text{ г/см}^3$, при самоизливе — не более $1,27 \text{ г/см}^3$;

- вязкость промывочной жидкости — не более 30 с;

4.3. Запрещается проведение геофизических исследований в скважинах, заполненных промывочной жидкостью с вязкостью более 60 с. и жидкостью, содержащей больше 5 % песка или обломков твердых пород, в поглощающих (с понижением уровня более 15 м/ч), переливающих или газифицирующих скважинах.

4.4. В скважинах, в которых в процессе проходки выявлены осложнения, перед началом работ необходимо выполнить контрольный спуск шаблона на геофизическом кабеле.

4.5. Проведение геофизических исследований должно быть прекращено при:

- поглощении промывочной жидкости с понижением уровня более 15 м/ч;

- возникновении затяжек кабеля при подъеме;

- неоднократных остановках скважинного прибора при спуске;

- начале на скважине работ, не связанных с ГИС;

- возникновении неисправности лаборатории, подъемника, СП, кабеля;

- ухудшении метеоусловий: видимость менее 20 м, скорость ветра более 20 м/с, обледенение и др.

4.6. Работы в скважинах, в которых условия настоящего Регламента не могут быть выполнены, а также при наличии других осложнений, могут проводиться лишь по особому согласованному решению руководства геофизического предприятия и Заказчика. При этом руководство предприятий должно принять меры по безусловному обеспечению безопасности работ.

АКТ

о готовности скважины к проведению геофизических исследований

"___" _____ 200__ г.

Скважина № _____ Месторождение (участок) _____
 Мы, нижеподписавшиеся представители _____,
 предприятие _____,

составили настоящий акт о готовности скважины № _____ к проведению геофизических исследований *в открытом стволе, в обсаженной части*, (нужное подчеркнуть) предусмотренных Договором № _____ от _____ 200__ г.

1. Промывочная жидкость

Тип, состав (в том числе тип добавок утяжелителей и химреактивов) _____
 _____, Плотность _____ г/см³.

Вязкость _____ с. Содержание песка _____ %

Уровень жидкости в скважине _____ м.

Наличие циркуляции (самоизлива) : есть, нет
 (нужное подчеркнуть)

2. Конструкция скважины:

Глубина забоя на момент проведения ГИС _____ м.

Внутренний диаметр *открытого ствола* : интервал от _____ м до _____ м _____ мм .

Внутренний диаметр *обсадной колонны* : интервал от _____ м до _____ м _____ мм .

интервал от _____ м до _____ м _____ мм (*лопастное или шарошечное долото, коронка*)

интервал от _____ м до _____ м _____ мм (*лопастное или шарошечное долото, коронка*)

интервал от _____ м до _____ м _____ мм (*лопастное или шарошечное долото, коронка*)

интервал от _____ м до _____ м _____ мм (*лопастное или шарошечное долото, коронка*)

Проработка ствола скважины под каротаж _____
 (диаметр, тип инструмента, интервал)

Наличие уступов, обвалов, пробок, их глубина _____ м.

Наличие остановок при последнем спуске бурового инструмента: да, нет
 их глубина _____ м. (нужное подчеркнуть)

Наличие затяжек при последнем подъеме инструмента: да, нет
 их глубина и _____ (нужное подчеркнуть)

интервалы _____ м.

3. Особые условия проведения работ

Наличие и состояние подъездных путей, рабочей площадки, очистка подмостков, трассы движения кабеля, освещение удовлетворительное, неудовлетворительное, прочие условия
 (нужное подчеркнуть)

Состояние наземного оборудования (исправность электрооборудования, состояние устья и др.). удовлетворительное, неудовлетворительное, прочие условия
 (нужное подчеркнуть)

Наличие мест для подсоединения заземления : есть, нет
 (нужное подчеркнуть)

Подготовка скважины обеспечивает беспрепятственное прохождение геофизических приборов по всему стволу скважины в течение _____ часов, необходимых для проведения ГИС.

Буровой мастер _____
 Ф.И.О., подпись

Геолог _____
 Ф.И.О., подпись

Скважину для проведения геофизических исследований принял
 начальник отряда (оператор): _____
 Ф.И.О., подпись

Аппаратурный (бортовой) журнал

Лист 1

Число, месяц, время проведения каротажа	№ скв.	ВИ ГИС (вид работ)	ТОМ	ЦПМ	Сопротивление жил кабеля	Аппаратура наземная	Аппаратура скважинная	Оператор	Примечание: (причина невыполнения каротажа, готовность скважины к каротажу и т.д.)	Время затраченное на выполнение работ	Подпись оператора
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>

СВОДНЫЙ ЖУРНАЛ РЕЗУЛЬТАТОВ ГИС И ВЫПОЛНЕНИЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ В СКВАЖИНАХ

Лист 1

№ п/п	Номер скважины	Буровая бригада	Глубина По каротажу, м	Интервал верхнего водоупора	Промежуточные водоупоры	Верхняя граница нижнего водоупора	Рудные интервалы	Подпись инженера-геофизика
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>

Лист 2

Конструкция скважины							
До обсадки				После обсадки			
Положение манжеты или уровень засыпки	Интервал обсадки фильтра	Схема	Подпись заказчика	Интервал фильтра, м	Состояние обсадной колонны	Интервал цементации, м	Подпись инженера-геофизика
<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>

АББРЕВИАТУРА

ГГК-п	- гамма-гамма-каротаж плотностной
ГИС	- геофизические исследования в скважинах
ГК	- гамма-каротаж интегральный
ГРР	- геологоразведочные работы
ЕРЭ	- естественные радиоактивные элементы?
ИН	- инклинометрия
ИНК	- импульсный нейтронный каротаж
ИК	- индукционный каротаж
КМ	- кавернометрия скважин
КНД-м	- каротаж мгновенных нейтронов деления урана-235
КС	- каротаж методом кажущихся сопротивлений
НК	- нейтронный каротаж
ННК-нт	- нейтрон-нейтронный каротаж по надтепловым нейтронам
ННК-т	- нейтрон-нейтронный каротаж по тепловым нейтронам
НГК	- нейтронный гамма-каротаж
ПВ	- подземное выщелачивание урана
ПС	- каротаж по методу потенциалов самопроизвольной поляризации
Рх	- расходомерия
СПВ	- скважинные подземные выщелачивания урана
ТМ	- термометрия
ТК	- токовый каротаж
УГИС	- участок (отряд) геофизических исследований скважин
ТОМ	- точка отбивки метки
ЦПМ	- цена первой точки

7. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

7.1. СОРБЦИЯ

В соответствии со сложным химическим составом продуктивных растворов и невысоким содержанием полезных компонентов наиболее приемлемый вариант их переработки - сорбционные методы, которые основаны на использовании ионного обмена.

7.1.1. Классификация ионообменных смол

Используемые в сорбционной технологии ионообменные материалы можно классифицировать по их структуре и свойствам на ряд групп или классов.

По структуре - на гелевые и пористые.

Гелевые иониты характеризуются большей объёмной обменной емкостью, чем пористые, но уступают им по осмотической стабильности, механической прочности. Представители гелевых ионитов - аниониты АМ, АМП, ВП-1А, ВП-3А.

Пористые иониты характеризуются высокой набухаемостью, лучшими кинетическими свойствами, менее подвержены отравлению органическими ионами. Представители-АМ-п, АМП-п, ВП-1Ап и др.

По характеру обмена ионов - на анионообменные, катионообменные и комплексобразующие иониты.

Анионообменные иониты (аниониты) имеют в своем составе анионообменные функциональные группы: - NH_2 ; = NH или = N . Аниониты в результате реакции ионного обмена способны извлекать из технологических сред полезные компоненты, находящиеся в виде комплексных анионов. Конкурентами являются обычные анионы - нитрат-, хлорид-, сульфат-, бисульфат-ионы и др. Причем, конкурирующее действие их характеризуется разной степенью сродства к сорбенту.

Аниониты (сильноосновные, слабоосновные - с различной матрицей: полистирольные, полигетероциклические, полиакриловые) являются самым обширным классом ионообменных материалов.

Катионообменные иониты (катиониты) имеют в своем составе катионообменные группы - OH^- ; COOH^- или SO_3H^- . Катиониты в результате реакции ионного обмена способны извлекать из технологических сред полезные компоненты, находящиеся в виде катионов. Катиониты обладают меньшей селективностью по отношению к извлекаемому компоненту, чем аниониты, несмотря на это катиониты широко используются в гидрометаллургии редких и цветных металлов, в водоподготовке, при извлечении ценных элементов из сточных вод и т.д.

Катиониты (сульфатные, фосфатные, карбонатные с полистирольной и полиакриловой матрицей)-достаточно широкий класс ионообменных материалов.

Комплексобразующие иониты (амфолиты) имеют в своем составе функциональные ионообменные группы двух типов - анионообменные и катионообменные.

Амфолиты способны извлекать из технологических сред полезные компоненты, находящиеся как в анионной, так и в катионной форме, например, уран. Широко используются при ионообменном извлечении ванадия, вольфрама, платиновых, цветных металлов и редких металлов.

Амфолиты, также как аниониты и катиониты, могут иметь полистирольную, полигетероциклическую или полиакриловую матрицы.

7.1.2. Основные закономерности сорбционного процесса

Особенностью сорбционного процесса являются простота аппаратуры и компактность, заключающаяся в проведении нескольких основных технологических операций - ионообменное извлечение ценного компонента на ионит, десорбция его

подходящими элюентами, последующая переработка товарного регенерата с целью получения готовой продукции и дополнительных операций, связанных с подготовкой ионита к сорбции (отмывка, перезарядка) с использованием оборотных растворов и т.д. Сорбционный процесс может осуществляться как в периодическом, так и в непрерывном противоточном режиме, достаточно легко автоматизируется, позволяет использовать высокопроизводительное эффективное сорбционное и десорбционное оборудование.

Эффективность сорбционного извлечения ценного компонента (или ценных компонентов при переработке комплексного сырья) определяется степенью его извлечения из технологических сред на ионит, степенью концентрирования и очистки от сопутствующих примесных элементов после элюирования в раствор.

Отсюда вытекает основное требование к процессу - подбор и использование ионита, имеющего максимальную емкость и селективность по извлекаемому компоненту из реальных технологических сред при хороших кинетических показателях сорбции и десорбции.

При разработке технологической и аппаратурной схем сорбционного извлечения конкретного ценного компонента из конкретной технологической среды необходимо проведение исследований по определению основных параметров сорбции и условий, влияющих на эффективность сорбционного процесса. А именно:

- определение химического состава технологической среды, из которой должен извлекаться ценный компонент - концентрация извлекаемого ценного компонента, наличие и концентрация сопутствующих других ценных элементов, концентрация примесей катионного и анионного характера, могущих влиять на эффективность процесса;
- физико-химические параметры технологической среды - температура, кислотность, карбонатность, рН среды, наличие твердой фазы.

Подбор соответствующего ионита (анионит, катионит, амфолит) должен осуществляться с учётом:

- обеспечения наиболее эффективного извлечения ценного компонента изданной конкретной среды либо без корректировки её по величине рН, кислотности или карбонатности. либо с достаточной малой допустимой корректировкой;
- определения полной статической обменной ёмкости (ПСОЕ) и полной обменной динамической ёмкости (ПДОЕ) выбранного ионита по извлекаемому компоненту из реальной среды с учетом влияния на статику и кинетику сорбции ценного компонента различных физико-химических факторов (концентрация ценного компонента, температура, рН среды, состав и концентрация примесей и др.);
- определения времени контакта продуктивных растворов с ионитом;
- определения числа ступеней (стадий) сорбции для процесса «ионит в пульпе», или высоты запирающего слоя ионита при сорбции из растворов;
- определения количества единовременной загрузки ионита на стадиях сорбции и десорбции полезного компонента;
- других задач, могущих возникнуть в процессе разработки технологи.

7.1.3. Сорбционное извлечение урана из растворов ПСВ

Уран, как химический элемент, по своим свойствам является весьма «удобным» ценным элементом для широкого использования ионообменных процессов в технологии его извлечения, концентрирования и аффинажа. Это объясняется способностью урана образовывать в широком диапазоне кислотности и карбонатности достаточно легко диссоциирующие анионные и катионные комплексы.

В карбонатной среде преобладают уранилтрикарбонатные анионы $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]^{-4}$.

В сернокислых средах уран находится в виде:

- катионов UO_2^{+2} ;
- анионов $[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_2]^{-2}$ и $[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3]^{-4}$.

Причём, при очень низкой кислотности ($pH \approx 2,5$), вследствие гидролиза, образуются комплексные аниониты $[U_2O_5(SO_4)_3]^{-4}$ и $[U_2O_5(SO_4)_2]^{-2}$.

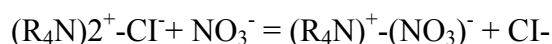
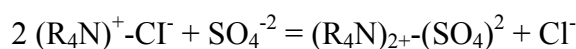
Кроме того, в пределах величины $pH = 0 \div 1,2$ отмечается наличие катионов уранила с общей формулой $UO_2(OUO_2)_n^{+2}$.

Нахождение урана в различных технологических средах в виде анионов и катионов дает возможность в конкретных условиях использовать с большой эффективностью как аниониты, так и катиониты.

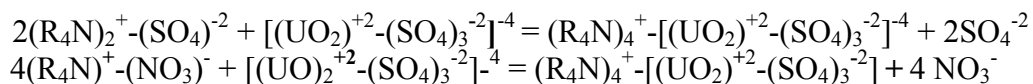
7.1.4. Сорбционное извлечение урана из сернокислых сред

В случае подземного скважинного выщелачивания урана получают продуктивные растворы со слабой кислотностью ($pH = 1,8 \div 2,2$), что позволяет эффективно извлекать из них уран различными анионитами с последующим использованием сорбционных маточников на стадии выщелачивания.

В процессе контакта свежих анионитов с продуктивными растворами происходит переход анионитов из хлоридной формы в сульфатно-бисульфатную или нитратную по уравнениям реакции:



Сильноосновные аниониты селективно извлекают уранил-сульфат-ные ионы из сернокислых растворов по следующим уравнениям реакции:



Конкурирующее влияние в разной степени (в зависимости от их концентрации) оказывают анионы SO_4^{-2} , HSO_4^- , $Fe(SO_4)_2^-$, $Fe(SO_4)_3^{-3}$, Cl^- , NO_3^- некоторые анионные формы фосфора, мышьяка, ванадия, молибдена. Катионы железа, кальция, магния, меди, кобальта, натрия и др. металлов не сорбируются. Концентрация в исходном растворе фосфат-, нитрат- или фторид-ионов 0,6 моль/л снижает ёмкость сильноосновных анионитов на 40%; сульфат-ионов при той же концентрации - на 60%.

Сильное депрессирующее влияние некоторых анионов используется в процессе десорбции урана с ионита.

При длительной эксплуатации анионитов происходит снижение ёмкости насыщения по урану, и, следовательно, снижение эффективности сорбционного процесса за счет «отравления» анионитов некоторыми веществами. Наиболее характерным «ядом» является кремниевая кислота, которая постоянно присутствует в растворах в виде коллоидной формы или в виде силиката натрия и способна прочно удерживаться в порах анионита за счет сорбции силикатных ионов или коагуляции. Удаляют кремниевую кислоту путем периодической обработки анионита смесью щелочи с солями.

Возможно «отравление» и другими «ядами» в зависимости от состава отрабатываемых руд, например, хлор-ионом.

Экономичность и эффективность ионообменных процессов в технологии урана неразрывно связаны с аппаратным оформлением процессов. На смену громоздким фильтрационным и декантационным способам получения растворов для последующей сорбционной переработки, колоннам-фильтрам периодического действия, колоннам с кипящим слоем сорбента, «контейнерному» способу перемещения сорбентов пришел бесфильтрационный способ сорбции урана из пульпы с применением аппаратов с постоянным перемешиванием - пачуков.

Разработка и внедрение в промышленную практику различного рода аппаратов колонного типа (напорные колонны, пульсационные колонны, U-образные колонны сорбции-десорбции и др.) позволило поднять эффективность сорбционного извлечения

урана из растворов (в особенности из продуктивных растворов ПСВ) и десорбции за счёт повышения удельной производительности оборудования, внедрения приборов контроля и управления технологическим процессом, повышения уровня автоматизации.

В настоящее время широкое распространение получили сорбционные напорные колонны (СНК), позволяющие осуществлять процесс сорбции в непрерывном противоточном режиме при зажатом слое ионита с высокой степенью автоматизации в регулировании и управлении процессом.

Сорбционный метод извлечения урана в сочетании с современным оборудованием позволяет получать готовую продукцию с использованием относительно малого количества технологических операций.

7.2. ДЕСОРБЦИЯ УРАНА С НАСЫЩЕННОГО ИОНИТА

Эффективность сорбционного извлечения урана из растворов определяется степенью его извлечения на выбранный анионит, максимальным насыщением по урану из раствора данного химического состава, кинетикой процессов сорбции и десорбции, аппаратным оформлением процесса, условиями десорбции урана и целым рядом других физико-химических параметров, которые неразрывно связаны между собой и оказывают соответствующее влияние на технологический процесс извлечения и концентрирования урана.

Особо важная роль принадлежит выбору способа десорбции урана с насыщенных анионитов. Способ десорбции определяет степень очистки урана от сопутствующих примесей, степень его концентрирования и технологию последующей переработки урановых регенератов с целью получения высокочистой готовой продукции - уранового концентрата или закись-оксида урана.

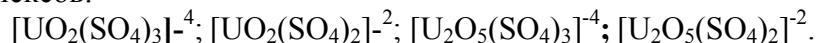
Сильное депрессирующее влияние некоторых анионов используется в процессе десорбции урана с ионита.

Исходя из этого, для десорбции урана применяют растворы серной, азотной, соляной кислот или их смеси с хлоридами, нитратами, сульфатами натрия или аммония.

Объём, получающихся при десорбции урана урановых десорбатов, на порядки меньше объёма исходных растворов и, соответственно, в такой же степени происходит концентрирование урана. Так, при переработке продуктивных растворов ПСВ концентрация урана (в зависимости от способа десорбции) в десорбатах в 500 ÷ 700 раз превышает его концентрацию в исходных растворах. Концентрирование урана при десорбции позволяет при дальнейшей переработке до получения закись-оксида урана эффективно использовать экстракционные и осадительные операции.

Ниже приводится краткий сравнительный анализ некоторых способов десорбции урана с насыщенных анионитов, полученных в процессе переработки растворов при ПСВ урана. Рассматриваются способы, которые применяются в промышленной практике или могут быть применены при дальнейшем совершенствовании технологии (ЭД - процесс, ИД - процесс).

В сернокислых растворах, по мере снижения их кислотности, уран находится в виде сульфатных комплексов:



Последние два комплекса образуются вследствие гидролиза при $\text{pH} \sim 2,5$.

С повышением величины pH ёмкость анионитов по урану растёт, но скорость сорбции заметно снижается вследствие затруднённой диффузии комплексных анионов.

Десорбция является процессом обратным процессу сорбции. Поэтому для эффективной десорбции урана используют реагенты, оказывающие наибольшее депрессирующее влияние при его сорбции.

7.2.1. Возможные способы десорбции урана с насыщенных ионообменных смол

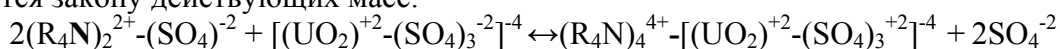
Возможно использование твердофазной и жидкофазной десорбции урана карбонатно-сульфатными растворами, а также конверсии уранил-трисульфатного комплекса с ионитов концентрированными растворами хлоридов или нитратов. Данные способы не нашли широкого применения на предприятиях ПСВ урана.

7.2.1.1. Элюэкс-процесс (сернокислотная десорбция)

Сущность способа заключается в вытеснении из зерна анионита ионов уранил-трисульфата подходящими анионами-депрессорами без изменения ионной формы поглощенного компонента.

В этом процессе анионом-депрессором является сульфат-ион. Десорбцию урана проводят раствором серной кислоты с концентрацией порядка $17 \div 20$ %.

Процесс сорбции-десорбции является ионообменной обратимой реакцией, которая подчиняется закону действующих масс.



При выводе из процесса насыщенного анионита (сорбция) реакция сдвигается вправо, при увеличении концентрации сульфат-ионов за счёт вводимой в процесс серной кислоты и вывода из процесса отрегенированного анионита (десорбция) реакция сдвигается влево.

Преимущества:

Исключается необходимость перезарядки анионита в исходную ионную форму перед сорбцией.

Возможность последующего сорбционного или экстракционного концентрирования урана с утилизацией остаточной серной кислоты в технологическом процессе.

Недостатки:

Большой выход товарного десорбата ($3,0 \div 3,5$ об/об влажного сорбента) обуславливает низкое содержание в нём урана ($8 \div 12$ г/л), что исключает прямую переработку регенерата без его предварительного концентрирования.

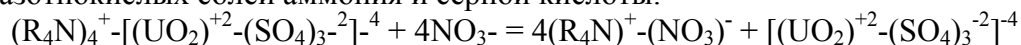
Большая длительность процесса десорбции урана (порядка 24 часов), что требует значительного увеличения загрузки анионита на операции десорбции и, соответственно, объема аппаратуры.

Вследствие высокой кислотности десорбирующего раствора и получаемого товарного десорбата ($15 \div 17$ %) - высокая коррозионная активность растворов.

7.2.1.2. Нитратная десорбция

Наибольшее повсеместное распространение получил способ нитратной десорбции урана с насыщенной ионообменной смолы.

В отличие от сернокислотного способа, после окончания десорбции урана требуется перевод анионита в рабочую ионную форму. Сущность способа заключается в использовании для десорбции урана с насыщенных анионитов растворов азотной кислоты или смеси азотнокислых солей аммония и серной кислоты.



Преимущества:

Высокая эффективность десорбции урана обуславливается высокой селективностью поглощения нитрат-ионов ионитами.

По сравнению с сернокислой в $1,5 \div 2,0$ раза снижается продолжительность десорбции, в $2 \div 4$ раза уменьшается выход товарного десорбата и, соответственно, во столько же раз повышается содержание урана в нём. Возможность прямой эффективной экстракционной переработки товарных регенератов с получением кондиционной закиси-

окси урана. Возможность осаждения химического концентрата с высоким содержанием в нем урана.

Недостатки:

Необходимость дополнительных операций для утилизации нитрат-ионов, снижение их концентрации в сбросных растворах и пульпах до санитарных норм.

Возможное накопление нитрат-ионов в технологическом процессе, что может привести к снижению эффективности сорбционного извлечения урана.

На практике нитратные десорбирующие растворы готовят, как правило, на основе нитратсодержащих солей (аммиачной селитры - NH_4NO_3) и серной кислоты.

Выбор наиболее эффективного состава десорбирующего раствора должен производиться с учётом:

- кинетики десорбции;
- количества товарной фракции десорбата;
- химического состава десорбирующего раствора, при этом должна приниматься во внимание дальнейшая переработка товарного десорбата до готовой продукции.

7.3. ОСАЖДЕНИЕ «ЖЁЛТОГО КЕКА» ИЗ ТОВАРНЫХ РЕГЕНЕРАТОВ

В зависимости от способа десорбции урана с анионитов на предприятиях ПСВ применяют различные методы его концентрирования и выделения из товарных десорбатов. В случае десорбции солевыми растворами (NH_4NO_3 , NaCl , NH_4Cl) уран, как правило, осаждают водными растворами аммиака в виде полиуранатов аммония или, в случае использования растворов едкого натра, в виде полиуранатов натрия.

При добавлении аммиачной воды (NH_4OH) или раствора каустической соды (NaOH) к раствору соли уранила, как правило, осаждается не гидроокись уранила, а соответствующая соль урановой кислоты, так называемый диуранат (полиуранат). Показатель pH среды при осаждении таких солей зависит от равновесной концентрации урана в растворе (табл. 7.1).

Таблица 7.1

Зависимость между pH среды и концентрацией урана в растворе

Концентрация U^{+6} (г/л)	pH	Концентрация U^{+6} (г/л)	pH
285.0	2.0	24.0	4.5
200.0	3.0	2.4	5.3
100.0	3.4	0.24	5.9
57.0	3.8	0.024	6.6
28.5	4.2	0.0024	7.2

Для полного осаждения урана из раствора необходимо обеспечить достаточно высокое значение pH среды в конце осаждения. Осаждение урана из товарного регенерата ведётся при температуре $25 \div 40$ °С. Каждому интервалу значений pH среды отвечает определённый состав выпадающего в осадок соединения. Пример зависимости pH и состава осадков при осаждении каустической содой представлен в табл. 7.2.

Таблица 7.2

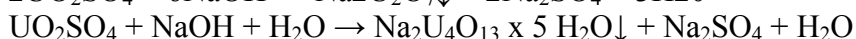
Зависимость состава осадков от pH среды при осаждении

pH	Состав осадков	pH	Состав осадков
4.0 – 5.0	$\text{UO}_2(\text{OH})_2$	7.0 – 9.0	$\text{Na}_2\text{U}_4\text{O}_{13}$
6.0 – 6.5	$\text{Na}_2\text{U}_7\text{O}_{22}$	9.0 – 11.0	$\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$

При выдержке осадков наблюдается их гидролиз, вследствие чего состав осадков меняется, образуются более кислые соли. Присутствие нитрат-ионов в составе продуктов

осаждения обуславливается их адсорбцией на твёрдых частицах при образовании коллоидных частиц.

Процесс осаждения урана из товарного регенерата можно в общем виде описать уравнениями:



Осадки полиуранатов отжимают на фильтр-прессах и кек транспортируют на гидрометаллургический завод для дальнейшего аффинажа. В целях очистки урана от примесей его осаждение можно вести дробно, осаждая вначале при $\text{pH} = 3,6 \div 3,8$ железо и некоторые другие примеси, а после осветления маточника, осаждая полиуранаты при $\text{pH} = 6,5 \div 8,0$.

Влажность химконцентрата колеблется в пределах 30%. Содержание урана в получаемых химических концентратах, в зависимости от их чистоты, может колебаться от 30 до 56 %.

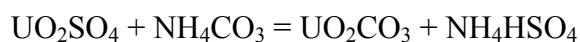
Скорость фильтрации невысока и практически не зависит от температуры осаждения химконцентрата.

Использование более концентрированных растворов щелочи позволит уменьшить разбавление исходных регенератов.

Остаточная концентрация урана в маточниках фильтрации составляет $0,005 \div 0,008$ г/л. Эти растворы, имеющие значительные концентрации нитрат-ионов, используют для приготовления десорбирующих растворов.

Другой возможный способ выделения урана из углеаммонийных десорбатов - осаждение его в виде кристаллов аммонийуранилтрикар-боната (АУТК) добавкой сухого бикарбоната аммония.

Процесс осаждения урана из товарного регенерата можно в общем виде описать уравнениями:



При осаждении бикарбонатом аммония кристаллы АУТК имеют более высокую влажность ($30 \div 40$ %), содержание урана во влажных кристаллах колеблется от 25 до 45 %.

Осадок сравнительно медленно фильтруется из-за получения очень мелких кристаллов АУТК.

Немаловажную роль при выпадении кристаллов АУТК имеет остаточная концентрация бикарбоната аммония, которую необходимо поддерживать в пределах $20 \div 40$ г/л. При этом содержание урана в растворе находится на уровне $1,0 \div 1,5$ г/л.

В процессе осаждения урана из азотнокислых растворов бикарбонатом аммония или аммиаком до $\text{pH} = 2 \div 4$ растворы прозрачны, устойчивы. При дальнейшей нейтрализации до $\text{pH} = 5 \div 6$ наблюдается осаждение урана, причем с увеличением времени отстаивания растворов полнота осаждения урана возрастает. Наибольшая полнота выделения кристаллов АУТК при $\text{pH} = 7,1 + 7,5$. Содержание урана в карбонатном маточнике составляет: $0,61 \div 0,84$ г/л.

Химический концентрат, осажденный бикарбонатом аммония, по сравнению с осажденным щёлочью, обладает более высокой скоростью осветления (в $15 \div 20$ раз) и скоростью фильтрации (в $10 \div 15$ раз).

Иногда уран выделяют из подкисленных хлоридных десорбатов в виде пероксида. Имеются исследования по безреагентному осаждению кристаллов из нитратных товарных десорбатов. При упаривании товарных десорбатов получают пересыщенные растворы, из которых при охлаждении выпадают кристаллы. Для увеличения скорости и полноты осаждения необходимо добавлять в упаренный товарный регенерат в качестве «затравки» кристаллы, полученные при десорбции урана нитратсодержащими растворами.

7.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКТИВНЫХ РАСТВОРОВ ПСВ И ВЫПУСКА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

В целом технологическая схема переработки продуктивных растворов ПСВ урана включает в себя следующие стадии процесса.

- Подземное скважинное выщелачивание (ПСВ) урана серноокислотными растворами с комбинированным, насосным или эрлифтным раствороподъёмом продуктивных растворов (ПР) и их транспортировкой на перерабатывающий комплекс (ЦППР).
- Сорбционное извлечение комплексных уранил-сульфатных ионов из серноокислых продуктивных растворов на сильноосновных анионитах типа ВП-1 Ап, АМ или их зарубежных аналогах (Lewatit K-6367 U; Amberlit IRA-910 CI и др.).
- Промывка насыщенной ураном ионообменной смолы от мех. взвесей маточниками сорбции.
- Очистка промывочных вод от мех. взвесей.
- Десорбция уранил-сульфатных ионов с насыщенной ионообменной смолы нитратными растворами с получением товарных десорбатов.
- Денитрация отдесорбированной смолы серноокислыми растворами.
- Промывка отрегенированной ионообменной смолы технической водой.
- Возврат промытой отрегенированной ионообменной смолы на сорбцию урана.
- Осаждение урана из товарных десорбатов каустической содой с получением пульпы диураната натрия - $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$ или углеам-монийными солями с получением тетрааммонийуранилтрикар-боната - $(\text{NH}_4)_4[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]$, т.е. готовой продукции - «жёлтого кека».

В зависимости от поставленных перед рудником ПСВ урана целей и задач, на них выпускается продукция в том или ином виде. В соответствие с этим имеют отличия и технологические схемы переработки продуктивных растворов ПСВ урана.

Можно выделить три схемы организации производственного процесса в цехах по переработке продуктивных растворов (ЦППР), направленных на выпуск:

- насыщенной ураном ионообменной смолы;
- товарного десорбата с высоким содержанием урана;
- «жёлтого кека».

Технологическая схема ЦППР с выпуском **насыщенной ураном ионообменной смолы** представлена на рис. 7.1.

Рудники, выпускающие продукцию в виде насыщенной ураном ионообменной смолы, как правило, являются производствами с мощностью порядка 300 - 400 тонн урана в год, расположенными в непосредственной близости (порядка 10-20 км) от основных перерабатывающих комплексов (ЦППР), выпускающих «жёлтый кек». Другое традиционное название таких цехов по переработке растворов ПСВ урана - локальные сорбционные установки (ЛСУ).

Технологическая схема включает в себя:

- сорбционное извлечение комплексных уранил-сульфатных ионов из серноокислых продуктивных растворов на сильноосновных анионитах;
- промывку насыщенной ураном ионообменной смолы от мех. взвесей маточниками сорбции;
- очистку промывочных вод от мех. взвесей;
- транспортировку насыщенной ураном ионообменной смолы в автоцистернах-смоловозах на основной перерабатывающий комплекс;
- возврат с основного ЦППР отрегенированной смолы в автоцистернах-смоловозах на ЛСУ.

Принципиальная схема локальной сорбционной установки Рудника ПСВ урана показана на рис. 7.2.

Технологическая схема ЦППР с выпуском **товарного десорбата с высоким содержанием урана** представлена на рис. 7.3.

Продукция рудников, ориентированных на выпуск урансодержащих товарных десорбатов, направляется на основные перерабатывающие комплексы, выпускающие «жёлтый кек», или на аффинажные производства, перерабатывающие товарные десорбаты непосредственно в закись-окись природного урана. Другое традиционное название таких цехов по переработке растворов ПСВ урана - локальные перерабатывающие установки (ЛПУ).

Технологическая схема предполагает использование на узле регенерации насыщенной ураном смолы колонн типа СДК-1500, на которой при нитратной десорбции получают товарные десорбаты с высоким содержанием урана - порядка 80-100 г/л, что при транспортировке продукции на дальнейшую переработку позволяет снизить транспортные расходы, а после выгрузки растворов из автоцистерн произвести в них доставку обратным рейсом на рудники серной кислоты.

Особой отличительной чертой такой схемы организации производства является то, что появляется возможность использовать товарные десорбаты для прямого получения из них закиси-окиси природного урана.

Удалённость рудников от основных предприятий может составлять сотни километров, мощность производств - до 1000 тонн урана в год.

Основные стадии процесса повторяют технологию, используемую на ЛСУ. Добавляются следующие стадии:

- донасыщение насыщенной ураном смолы продуктивными растворами в зонах донасыщения I колонн СДК-1500;
- донасыщение смолы частью товарного десорбата в зонах донасыщения II колонн СДК-1500;
- противоточная нитратная десорбция урана с ионообменной смолы в зонах десорбции колонн СДК-1500;
- вывод урансодержащего товарного десорбата из колонн СДК-1500 в сборную ёмкость;
- противоточная промывка отдесорбированной смолы сернокислотными растворами в зонах промывки колонн СДК-1500;
- денитрация смолы сернокислотными растворами в колоннах типа ДНК-2;
- промывка отрегенированной смолы от кислых растворов технической водой в колоннах типа ДНК-2;
- возврат промытой отрегенированной ионообменной смолы на сорбцию урана;
- транспортировка урансодержащего товарного десорбата в автоцистернах-кислотовозах на основной перерабатывающий комплекс для получения «жёлтого кека» или на аффинажное производство для получения закиси-окиси природного урана;
- возврат с пром. площадки основного рудника (склада кислоты) серной кислоты в автоцистернах-кислотовозах на рудник ПСВ.

Принципиальная схема цеха по переработке продуктивных растворов рудника ПСВ урана, выпускающего товарный десорбат, показана на рис. 7.4.

Технологическая схема ЦППР с выпуском **«жёлтого кека»** представлена на рис. 7.5.

Продукция рудников, выпускающих «жёлтый кек», направляется на гидрометаллургические заводы (ГМЗ) для переработки в закись-окись природного урана.

Технологическая схема предполагает использование на узле регенерации насыщенной ураном смолы цепочки из колонн типа ДНК-2 или ПИК-2. При нитратной десорбции получают товарные десорбаты с более низким содержанием урана - на уровне 25 - 35 г/л. После осаждения из товарных десорбатов урана каустической содой или

углеаммонийными солями, получаемый в результате фильтрации пульпы хим. концентрат природного урана (ХКПУ) загружается в транспортную тару (контейнера $V = 2,5 \text{ м}^3$ - транспортно-упаковочный комплект ТУК-118) и отправляется железнодорожным транспортом на ГМЗ.

Производственная мощность существующих ЦППР составляет 1000 - 1300 тонн урана в год.

Основные стадии процесса повторяют технологию, используемую на ЛСУ. С учетом использования на узле регенерации насыщенной ураном ионообменной смолы колонн типа ДНК-2 или ПИК-2 несколько изменяется схема получения товарных десорбатов:

- донасыщение смолы частью товарного десорбата в колоннах типа ДНК-2 (ПИК-2);
- противоточная нитратная десорбция урана с ионообменной смолы на цепочке, состоящей из 3-5 колонн десорбции типа ДНК-2 или ПИК-2;
- денитрация смолы сернокислотными растворами на цепочке, состоящей из 1-2 колонн денитрации типа ДНК-2 или ПИК-2;
- промывка отрегенированной смолы от кислых растворов технической водой в колоннах типа ДНК-2;
- возврат промытой отрегенированной ионообменной смолы на сорбцию урана;
- осаждение урана из товарных десорбатов каустической содой или углеаммонийными солями;
- фильтрация пульпы с получением осадка диураната натрия или тетрааммонийуранилтрикарбоната - готовой продукции («жёлтого кека»);
- загрузка хим. концентрата природного урана (ХКПУ - «жёлтого кека») в транспортную тару (ТУК-118) для последующей перевозки на ГМЗ.

Принципиальная схема цеха по переработке продуктивных растворов рудника ПСВ урана, выпускающих ХКПУ, показана на рис. 7.6 и рис. 7.7.

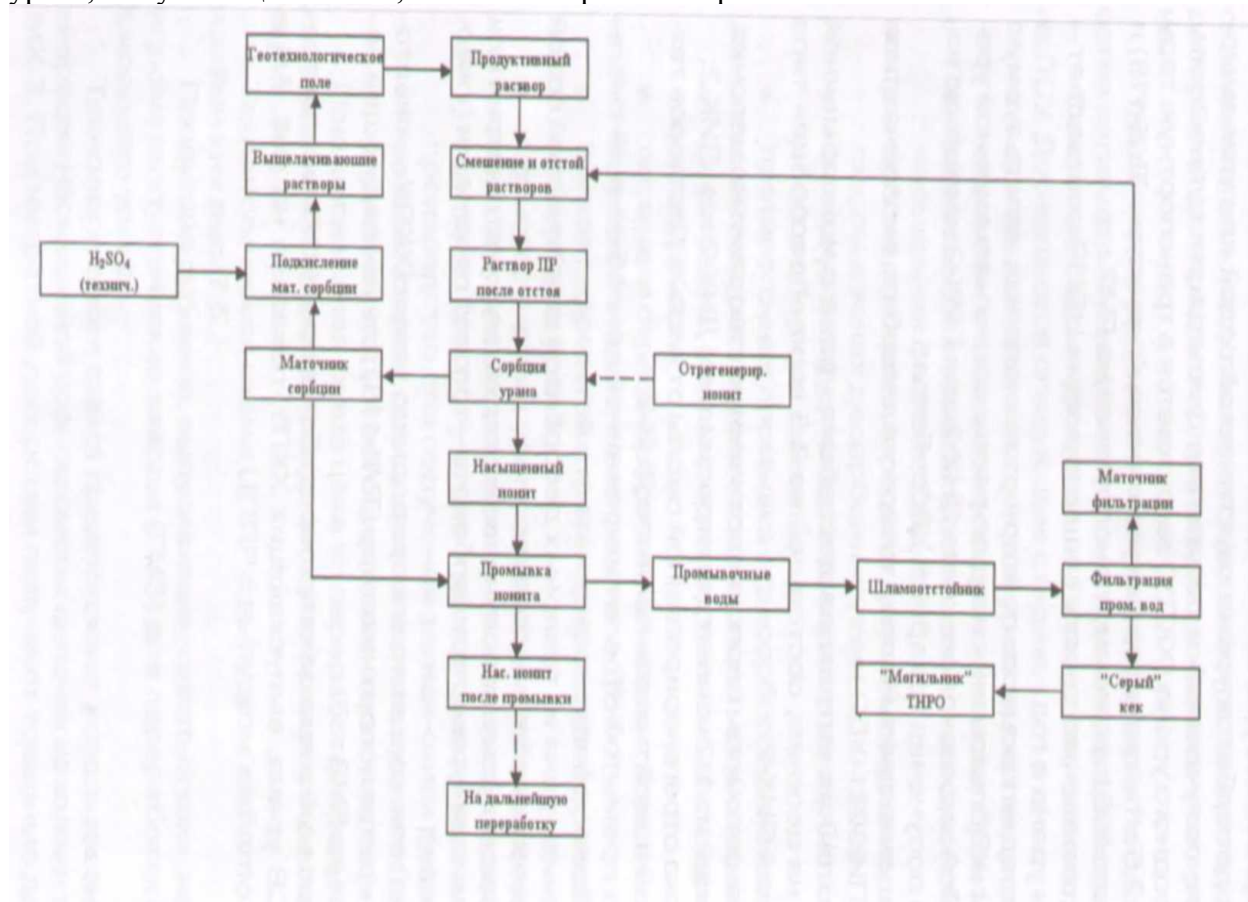


Рисунок 7.1. Технологическая схема переработки продуктивных растворов ПСВ урана и выпуска готовой продукции в виде насыщенной ураном ионообменной смолы

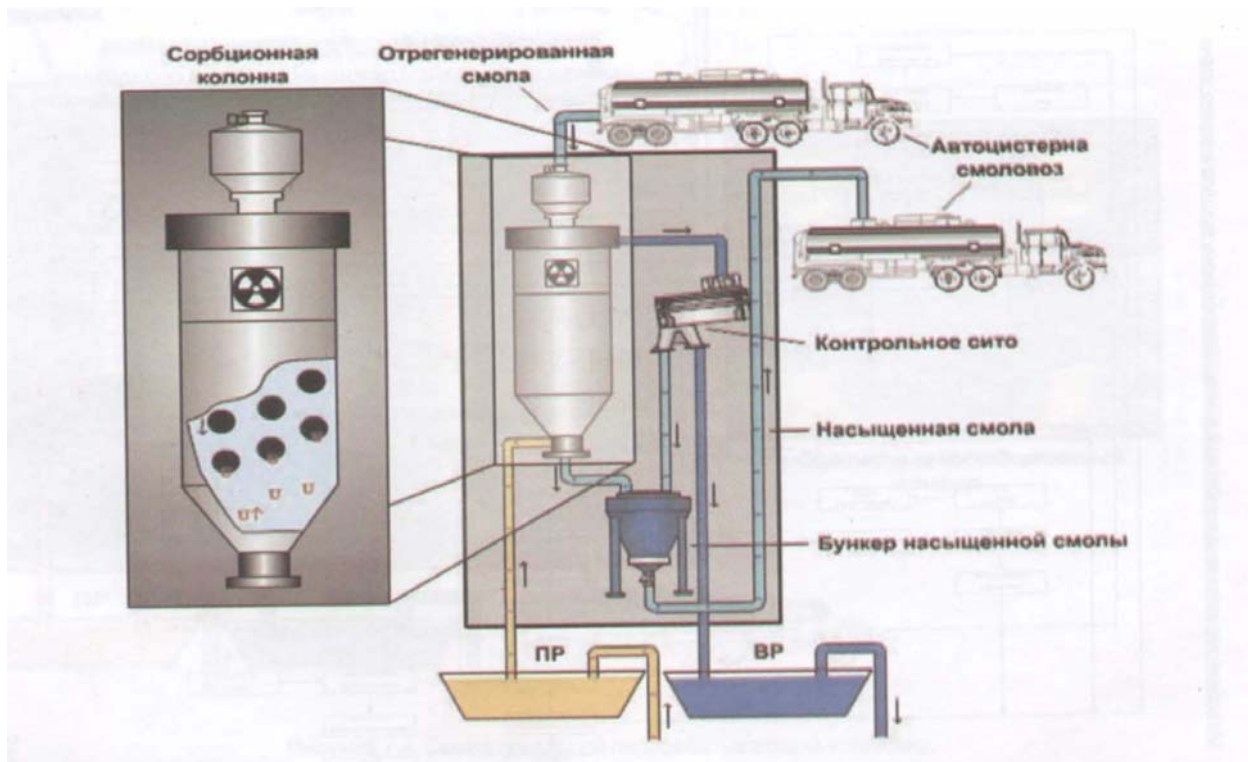


Рисунок 7.2. Схема локальной сорбционной установки

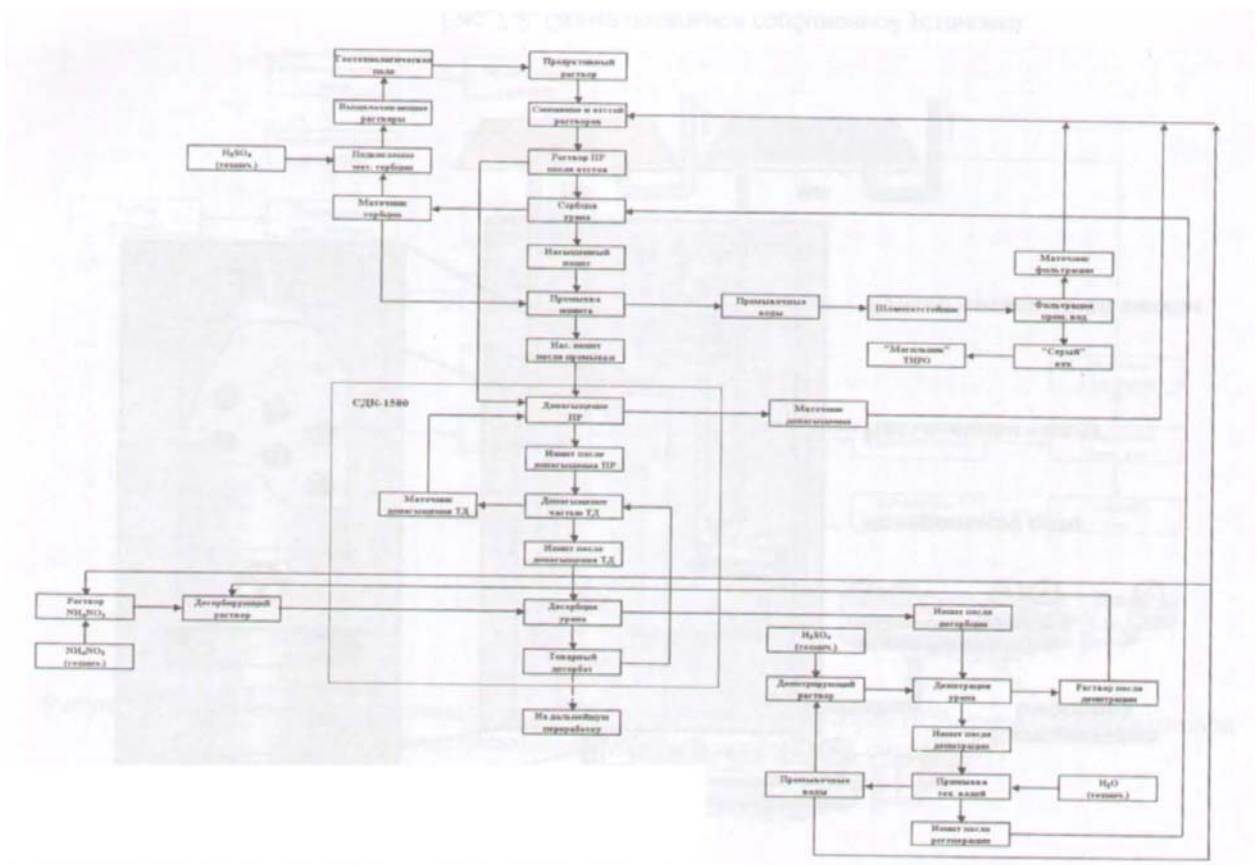


Рисунок 7.3. Технологическая схема переработки продуктивных растворов ПСВ урана и выпуск готовой продукции в виде товарного десорбата с высоким содержанием урана

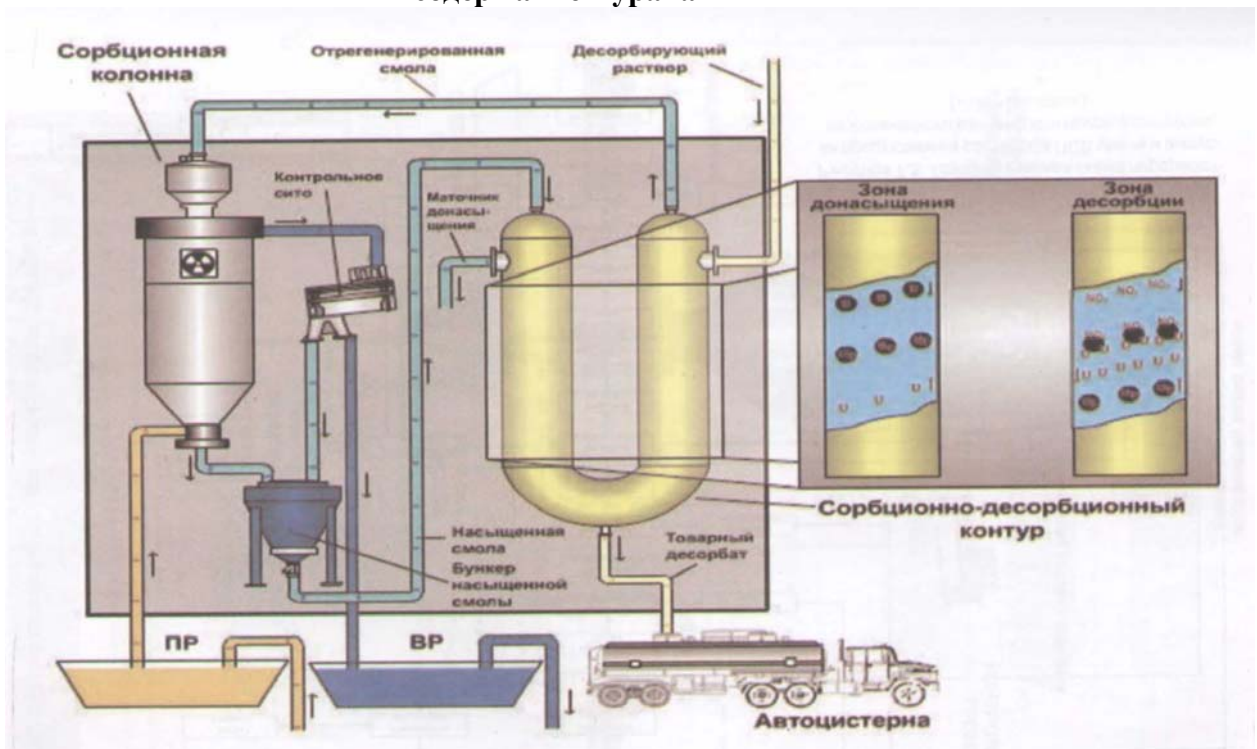


Рисунок 7.4. Схема локальной перерабатывающей установки

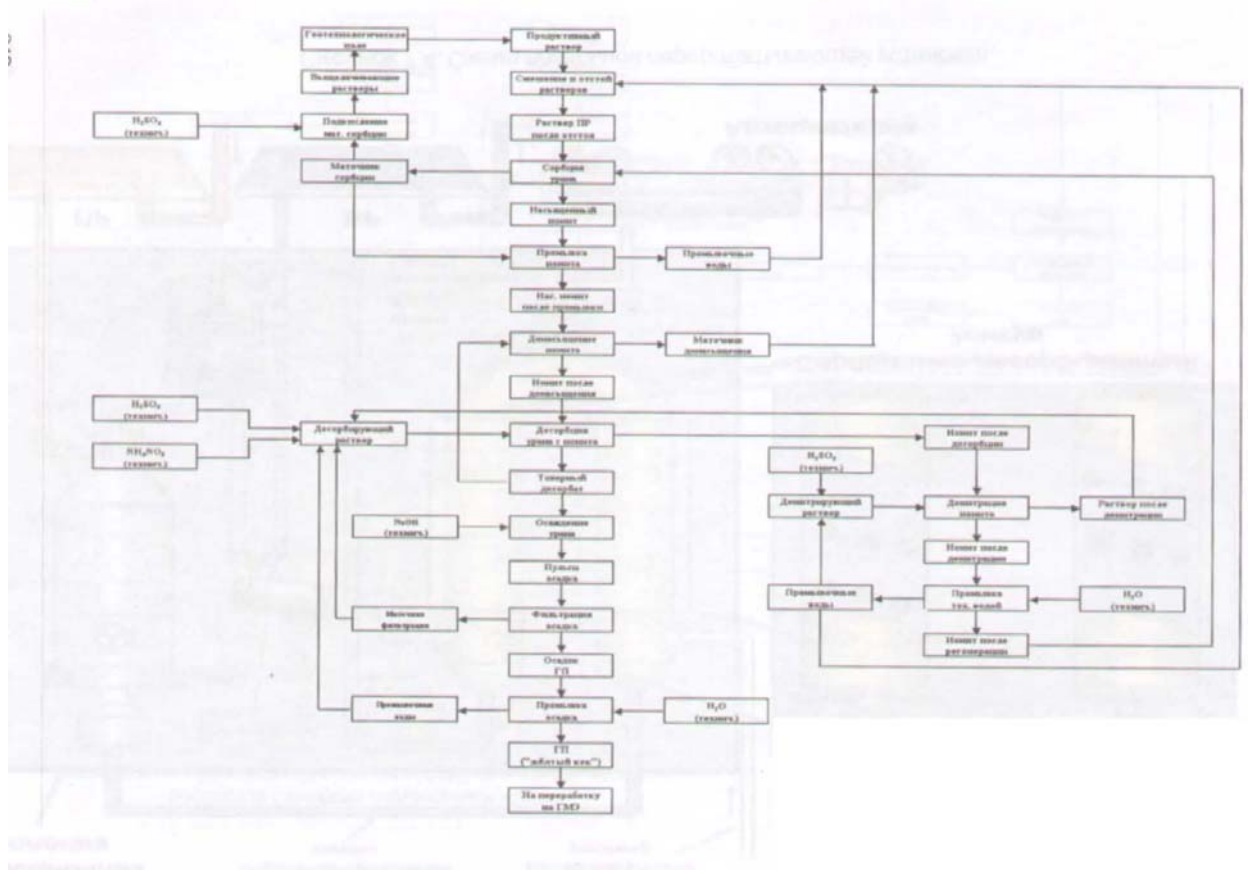


Рисунок 7.5. Технологическая схема переработки продуктивных растворов ПСВ урана и выпуска химического концентрата природного урана («желтого кека»)

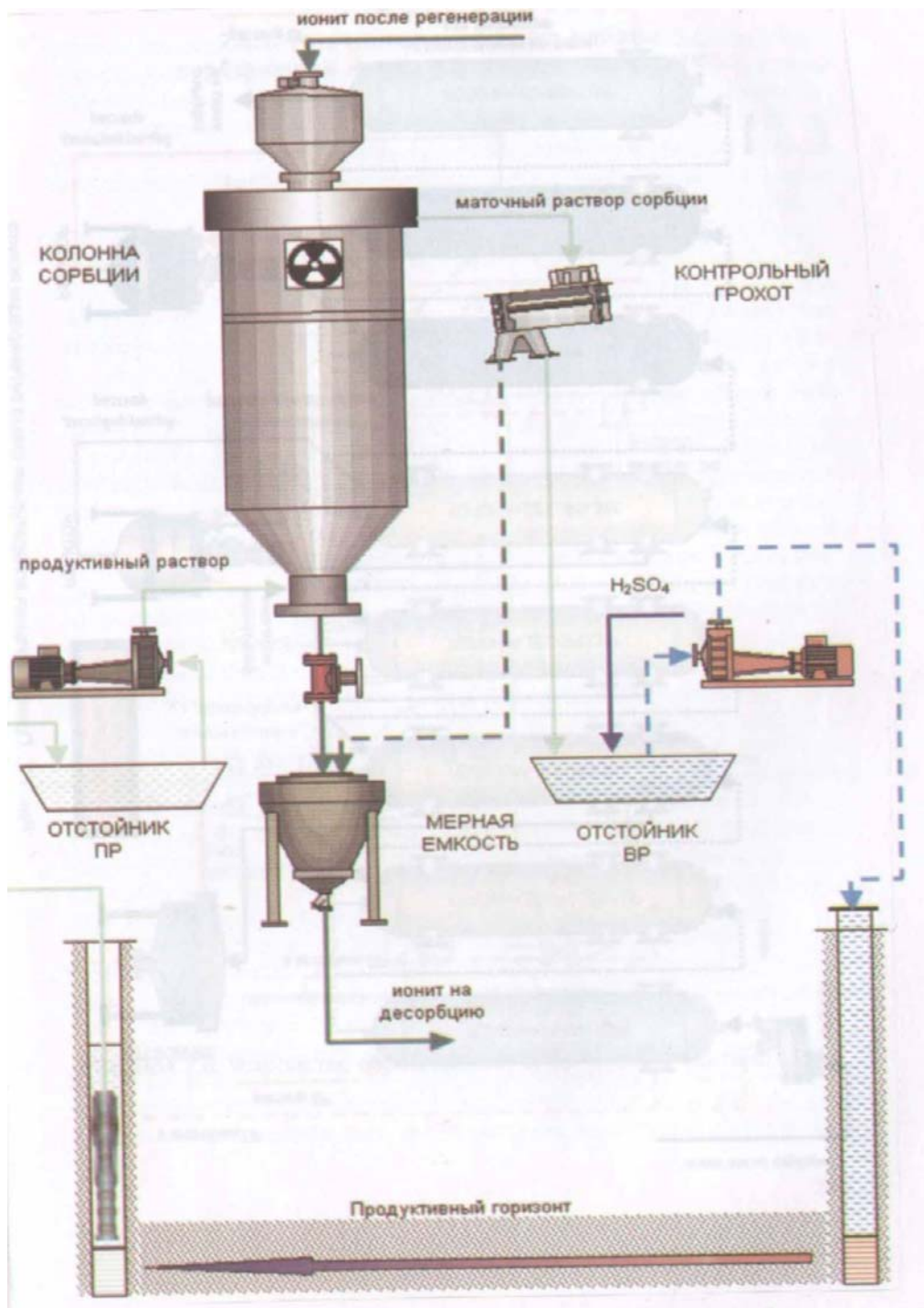


Рисунок 7.6. Принципиальная аппаратная схема сорбции

7.4.1. Устройство и принцип работы сорбционной напорной колонны типа СНК

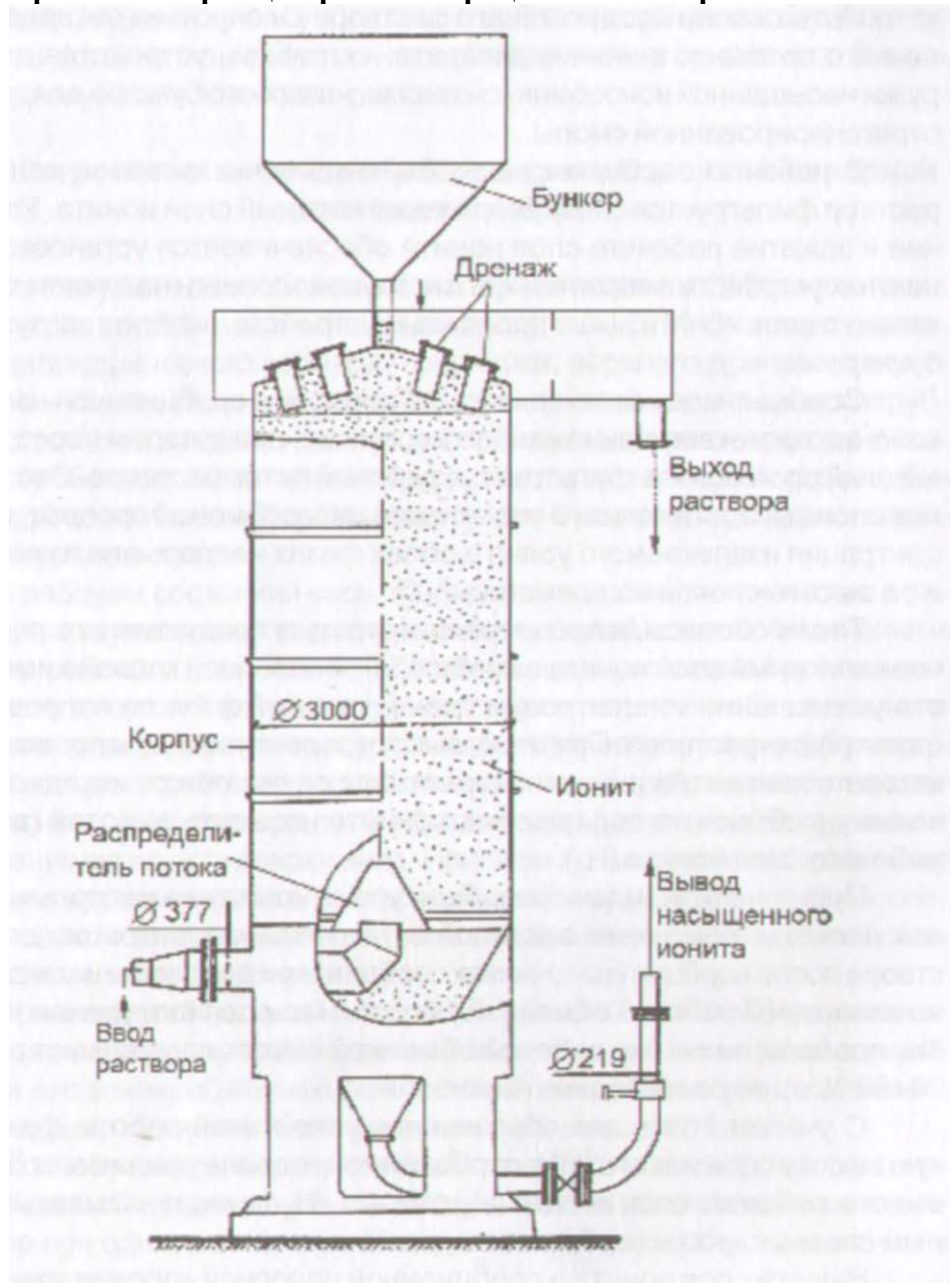


Рисунок 7.8. Устройство сорбционной напорной колонны типа СНК

Сорбционная напорная колонна СНК состоит из цилиндрического корпуса - обечайки, верхнего дренажного устройства - кассет, сборника маточников сорбции - «кармана» со сливным патрубком растворов, устройства ввода продуктивного раствора с конусным распределителем его потока по сечению аппарата - «грибка», устройства для выгрузки насыщенной ионообменной смолы, напорного бункера для загрузки отрегенерированной смолы.

В рабочем состоянии весь объем колонны заполнен ионитом и раствор фильтруется снизу вверх через плотный слой ионита. Уплотнение и зажатие рабочего слоя ионита обеспечивается установкой дренажных устройств в верхней части корпуса колонны и наличием обезвоженного слоя ионита выше дренажных устройств, включая загрузочный бункер.

Сорбционное извлечение урана ионитом в сорбционной напорной колонне протекает в динамическом режиме, при котором через неподвижный слой ионита фильтруется рабочий поток раствора. Это наиболее сложный для анализа и управления массообменом

процесс, т.к. концентрация извлекаемого урана в обеих фазах непрерывно изменяется и по высоте слоя, и во времени.

Таким образом, в процессе фильтрации продуктивного раствора через плотный слой ионита в сорбционной напорной колонне имеет место уменьшение концентрации урана в жидкой фазе по направлению фильтрации раствора. При этом, высоту слоя ионита, при прохождении которого концентрация урана в растворе снижается от исходного значения до сбросного содержания, принято называть высотой (длиной) рабочего слоя ионита (H_0).

Практической задачей сорбции урана ионитом в напорных колоннах является получение заданной остаточной концентрации его в растворе после сорбции (маточниках сорбции) при достижении максимально возможной рабочей обменной ёмкости насыщенного ураном ионита. Как правило, значение рабочей обменной ёмкости принимают равным $70 \div 80$ % от её равновесного значения.

С учётом этого, для обеспечения устойчивой работы фактическую высоту слоя ионита (H) в сорбционной колонне принимают больше высоты рабочего слоя ионита (H_0). $\Delta H = H - H_0$ принято называть защитным слоем ионита в сорбционной колонне.

Высота слоя ионита в сорбционной напорной колонне зависит от химического состава продуктивных растворов и сорбционных свойств применяемого ионита и определяется на стадии проектирования.

При наличии защитного слоя сорбента, работа напорной колонны характеризуется определённым временем защитного действия сорбента (t_3), в течение которого обеспечивается получение требуемых сбросных содержаний урана в маточниках сорбции при появлении сверх балансовой нагрузки по урану в потоках ионит-раствор.

Поэтому контроль и управление работой сорбционной напорной колонны должны основываться на соблюдении материального баланса (по урану) в потоках ионит-раствор.

7.4.2. Устройство и принцип работы десорбционной напорной колонны типа ДНК

Конструкция десорбционной напорной колонны ДНК аналогична конструкции сорбционных напорных колонн типа СНК. Она также состоит из цилиндрического корпуса - обечайки, верхнего дренажного устройства - кассет, сборника десорбата - «кармана» со сливным патрубком, устройства ввода исходного десорбирующего раствора с дренажным устройством в виде кассеты, устройства для выгрузки отдесорбированной ионообменной смолы, напорного бункера для загрузки насыщенной ураном смолы.

В рабочем состоянии весь объём колонны заполнен ионитом и раствор фильтруется снизу вверх через плотный слой ионита. Уплотнение и зажатие рабочего слоя ионита обеспечивается установкой дренажных устройств в верхней части корпуса колонны и наличием обезвоженного слоя ионита выше дренажных устройств, включая загрузочный бункер.

В процессе работы в десорбционной колонне обеспечивается противоток ионита и раствора путём фильтрации растворов снизу вверх и перемещения ионита сверху вниз. При этом по направлению движения фаз концентрация урана в растворах увеличивается, а в ионите - снижается, достигая соответственно максимального и минимального значений после завершения операции.

Практической задачей десорбции урана с ионита в напорных колоннах является получение заданной минимальной остаточной концентрации его в ионообменной смоле после десорбции при достижении максимально возможной концентрации урана в десорбатах.

В основу алгоритма управления технологическим процессом нитратной десорбции должен быть заложен баланс урана в потоках ионит-раствор при одновременном соблюдении и баланса по нитрат-ионам в указанных потоках.

Поэтому в основу контроля и управления процессом денитрации ионообменной смолы должен быть положен баланс нитрат-ионов в потоках ионит-раствор при одновременном соблюдении и баланса по сульфат-ионам в данных потоках.

7.4.3. Устройство и принцип работы десорбционной колонны типа ПИК

Десорбционная колонна типа ПИК применяется для проведения процессов десорбции урана, денитрации ионообменной смолы, используется в качестве колонн донасыщения, доулавливания, а также для отмывки насыщенной и отрегенированной ионообменной смолы.

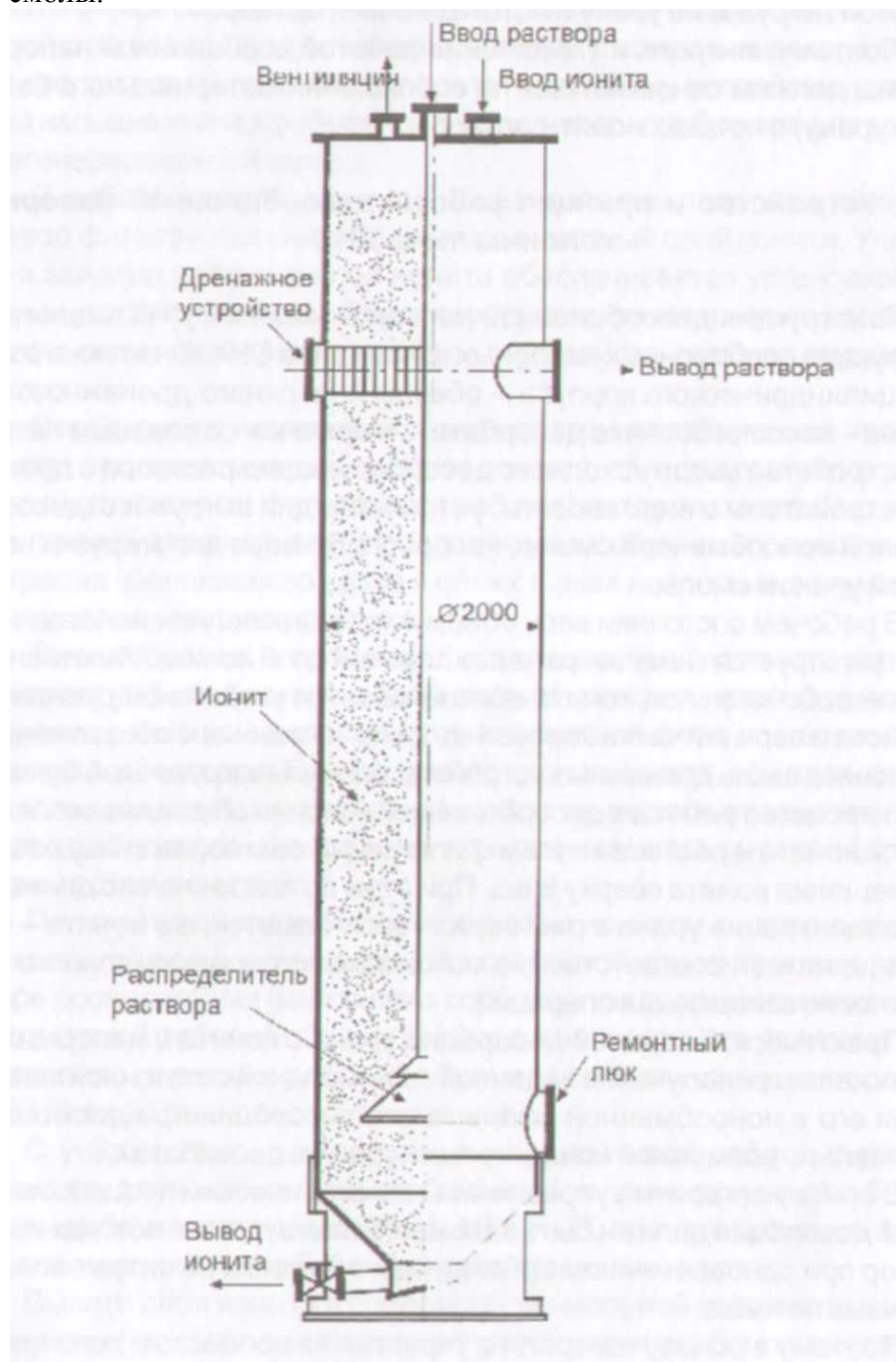


Рисунок 7.9. Устройство десорбционной колонны типа ПИК

Колонна состоит из цилиндрического корпуса - обечайки, верхнего горизонтально расположенного дренажного устройства - кассет, расположенного в верхней части аппарата сливного патрубка технологических растворов, устройства ввода раствора с конусным распределителем его потока по сечению аппарата, устройств для загрузки (в верхней части колонны) и выгрузки (в нижней части колонны) ионообменной смолы.

Десорбционная колонна типа ПИК относится к противоточным ионообменным аппаратам напорного типа с плотным (зажатым) слоем движущегося ионита. Для создания плотного слоя ионита в колонне предусмотрен вывод раствора ниже верхнего уровня ионита в аппарате.

Высота слоя обезвоженного ионита над дренажным устройством зависит от линейной скорости фильтрации восходящего потока растворов через слой ионита и, как правило, составляет $1 \div 2$ м (при скорости фильтрации $6 \div 10$ м/час).

В процессе работы в десорбционной колонне обеспечивается противоток ионита и раствора путём фильтрации растворов снизу вверх и перемещения ионита сверху вниз. При этом по направлению движения фаз концентрация урана в растворах увеличивается, а в ионите - снижается, достигая соответственно максимального и минимального значений после завершения операции.

В основу алгоритма управления технологическим процессом нитратной десорбции должен быть заложен баланс урана в потоках ионит-раствор при одновременном соблюдении и баланса по нитрат-ионам в указанных потоках.

Основой управления процессом денитрации ионообменной смолы должен быть баланс нитрат-ионов в потоках ионит-раствор при одновременном соблюдении и баланса по сульфат-ионам в данных потоках.

7.4.4. Устройство и принцип работы сорбционно-десорбционного контура СДК-1500

В процессе работы колонн СДК-1500 ионообменная смола проходит последовательно ряд зон, соответствующих следующим процессам (по движению смолы):

- донасыщения I - сорбции урана из продуктивного раствора и части товарного десорбата;
- донасыщения II - сорбции урана из части товарного десорбата;
- нитратной десорбции урана со смолы;
- отмывки от исходного десорбирующего раствора.

Расположение соответствующих зон в колоннах СДК-1500 показано на рисунке 7.10.

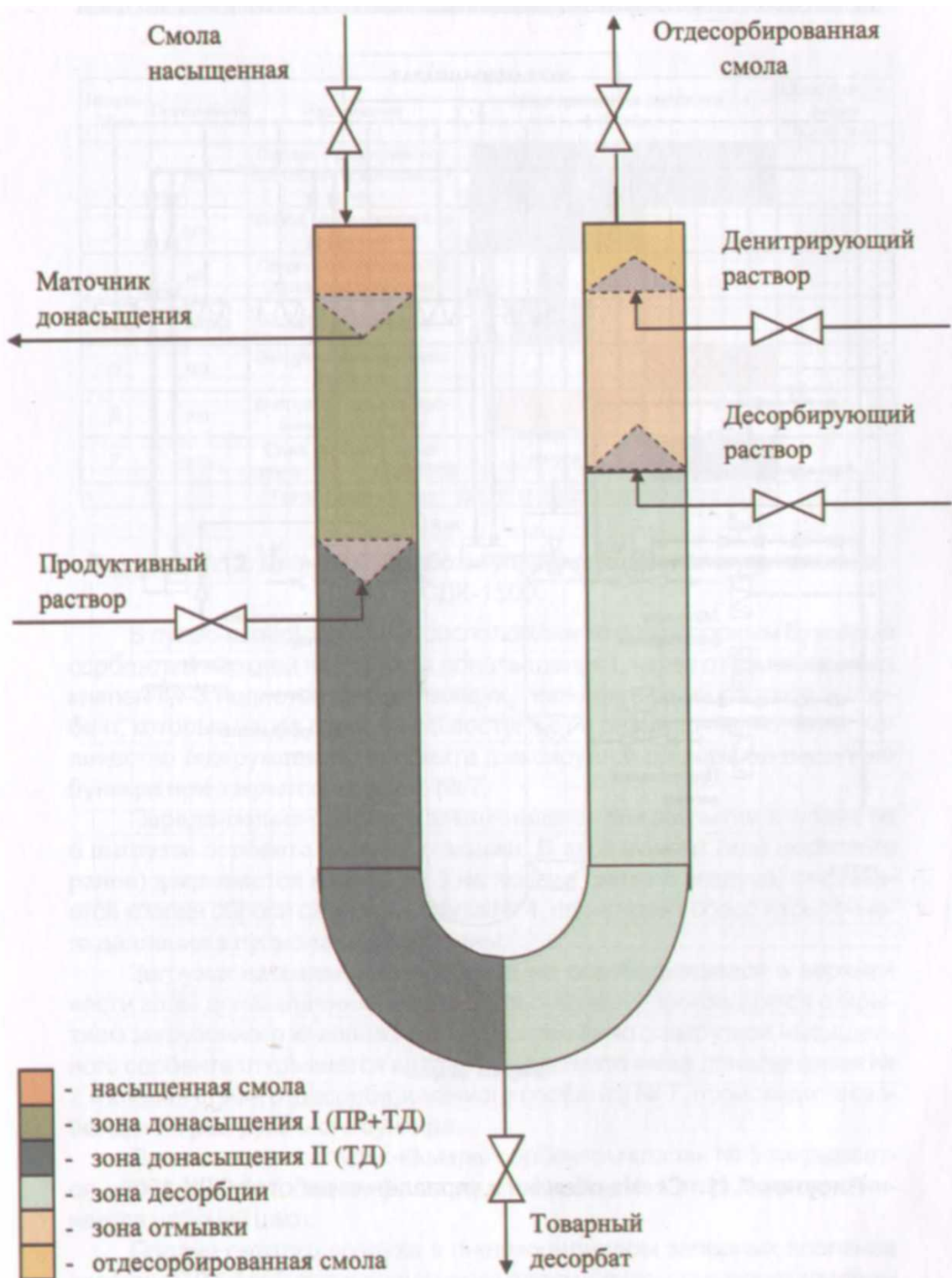


Рисунок 7.10. Схема расположения зон в колоннах СДК-1500

При работе колонны СДК-1500 насыщенная на стадии сорбции ураном смола поступает в зону донасыщения I, где происходит дополнительное её насыщение за счёт сорбции урана из продуктивного раствора и части товарного десорбата.

Зона донасыщения I позволяет увеличивать ёмкость смолы и повысить концентрацию урана в десорбате и соответственно уменьшить выход его товарной части.

После зоны донасыщения I смола проходит зону донасыщения II, которая является переходной зоной. Конструктивно этой зоне соответствует нижняя тороидальная часть аппарата. Здесь смола и товарный десорбат проходят точку максимальной концентрации

урана, как в сорбенте, так и в растворе. Из этой точки осуществляется вывод товарного десорбата.

В процессе дальнейшего продвижения по колонне смола последовательно проходит зоны нитратной десорбции и отмывки, где соответственно происходит десорбция урана с сорбента и его отмывка от исходного десорбирующего раствора денитрирующим раствором.

Колонна СДК-1500 работает непрерывно-периодически, когда цикл фильтрации растворов через неподвижный слой сорбента чередуется с кратковременным циклом движения сорбента, осуществляемым по всему аппарату одновременно. Частота перемещений сорбента 5 - 10 раз в час, суммарное время циклов движения сорбента составляет 10 - 15% общего времени работы колонны. Режим движения сорбента поршневой, без нарушения плотности и сплошности слоя. Способ движения гидравлический. Работа аппарата полностью автоматизирована.

Управление работой колонны осуществляется при помощи автоматических клапанов, порядок работы которых определяется программными реле времени.

Схема обвязки и управления работой СДК-1500 показана на рисунке 7.11, а порядок работы управляющих клапанов - на рисунке 7.12.

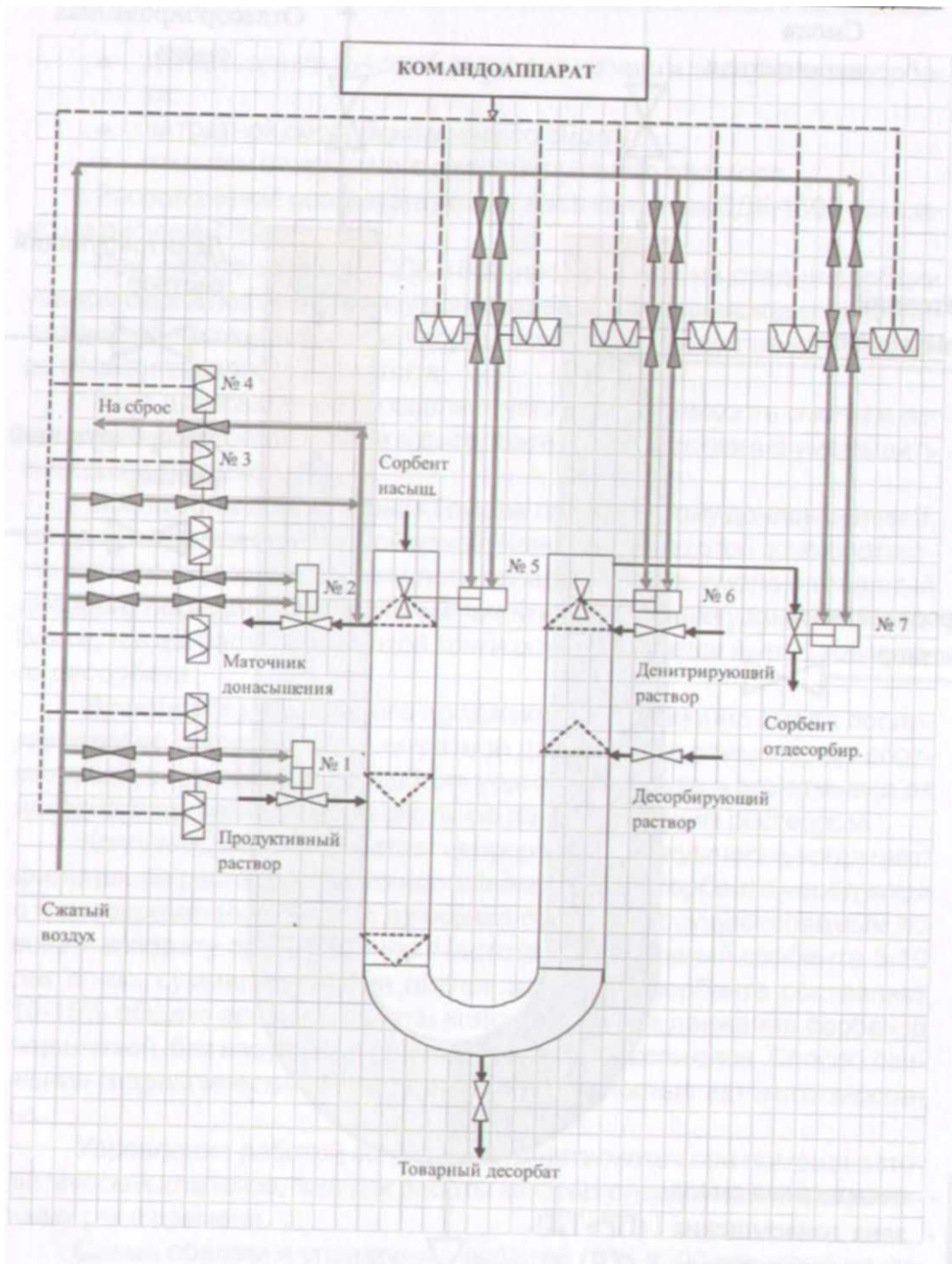


Рисунок 7.11. Схема обвязки и управления работой СДК-1500

№ клапана	Положение	Назначение	Цикл движения сорбента 1-2 мин.												Цикл фильтрации 50-55 мин	
			05	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60		
1	н/о.	Подача продуктивного раствора на донасыщение	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
2	н/о.	Вывод маточника донасыщения	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
3	н/з.	Подача сж. воздуха на движение сорбента				■	■	■								
4	н/о.	Сброс сж. воздуха				■	■	■								
5	н/з.	Загрузка насыщенного сорбента												■	■	■
6	н/з.	Выгрузка отдесорбированного сорбента	■	■	■	■	■	■								
7	н/о.	Слив сорбента из колонны СДК-1500												■	■	■
		Текущее время, сек	05	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60		

Рисунок 7.12. Диаграмма работы управляющих клапанов системы СДК-1500

В пульс-камеру колонны, расположенную под напорным бункером сорбента в верхней части зоны донасыщения I, через открывающийся клапан № 3 подается сжатый воздух, передвигающий раствор и сорбент, которые через клапан № 6 поступают в разгрузочный бункер. Количество разгружаемого сорбента фиксируется дренажной решеткой бункера при закрытом клапане № 7.

Передвижение сорбента заканчивается при закрытии клапана № 6 выгрузки сорбента из зоны отмывки. В этот момент (или несколько ранее) закрывается клапан № 3 на подаче сжатого воздуха, открывается клапан сброса сжатого воздуха № 4, происходит сброс избыточного давления в пульс-камере колонны.

Загрузка насыщенного сорбента на освободившееся в верхней части зоны донасыщения I место (пульс-камеру) производится открытием загрузочного клапана № 5. Одновременно с загрузкой насыщенного сорбента открывается клапан вывода маточника донасыщения № 2 и клапан слива отдесорбированного сорбента № 7, происходит освобождение разгрузочного бункера.

При заполнении пульс-камеры сорбентом клапан № 5 закрывается, колонна готова к циклу фильтрации. Клапан № 1 открывается, начинается рабочий цикл.

Подача сжатого воздуха в пневмоцилиндры запорных клапанов колонны СДК-1500 происходит через электропневматические клапаны № 9 (ЭПК), управляющий электрический сигнал, на которые поступает от командоаппарата. Электрическая схема командоаппарата собрана на основе электромеханических программных реле времени, например, типа РС-10, которые задают порядок и длительность работы запорных клапанов через ЭПК. Каждый из пневмоцилиндров управляется двумя ЭПК, один из которых нормально открыт (н/о.), а второй нормально закрыт (н/з.).

Колонна СДК-1500 готова к движению сорбента.

В начале цикла движения сорбента:

- закрываются клапаны:

№ 1 - подачи продуктивного раствора в зону донасыщения I;

№ 2 - вывода маточника донасыщения;

№ 4 - сброса сжатого воздуха;

№ 7 - слива отдесорбированного сорбента из разгрузочного бункера;

- открывается клапан № 6 выгрузки сорбента из зоны отмывки.

Длительность цикла движения сорбента определяется в основном быстродействием клапанов. В этом случае наилучшими являются клапаны с приводом от пневмоцилиндров.

7.5. КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА

Карта отбора проб и хим. анализов

Процесс подземного выщелачивания контролируется анализами комплексного опробования продуктивных, выщелачивающих растворов и маточников сорбции урана, растворов после прокачки наблюдательных скважин.

Для качественной и количественной оценки промышленной добычи урана, переработки продуктивных растворов ПСВ и выпуска готовой продукции в виде хим. концентрата природного урана («жёлтого кека») предусматриваются следующие лабораторные исследования:

- по рабочим растворам ПВ: ПР, МС и ВР - определение pH; U; H₂SO₄; сокращённый химический анализ; ПХА; определение содержания сопутствующих элементов (Re и Sc); определение сухого остатка;
- по смоле - определение U; NO₃⁻; SO₄⁻²; Cl; SiO₂; сопутствующих элементов (Re и Sc);
- по десорбирующему раствору и товарному десорбату - определение U; NO₃⁻; SO₄⁻²; Cl; SiO₂; сопутствующих элементов (Re и Sc);
- по другим технологическим растворам - определение U; NO₃⁻; SO₄⁻²; H₂SO₄;
- по хим. концентрату («жёлтому кеку») - определение U; влажности; нерастворимого в азотной кислоте остатка.

Пример позиций опробования и видов хим. анализов по ЦППР приведен в табл. 7.3.

Ежемесячно, по указанию технолога производства, должен осуществляться отбор проб с узла сорбции на полный хим. анализ. При этом растворы и смолы анализируются на следующие компоненты:

1. Смолы - на содержание: урана, нитрат-иона, сульфат-иона, хлор-иона, железа, кальция, магния, алюминия, натрия+калия, кремния, скандия, рения; механическую прочность; гранулометрический состав.
2. Растворы ПР и ВР - на содержание: урана, железа, кальция, магния, алюминия, натрия+калия, кремния, скандия, рения, нитрат-иона, сульфат-иона, хлор-иона, карбонат- и бикарбонат-иона, кислотность; pH, eH; сухой остаток; мех. взвеси.

Таблица 7.3

Позиции опробования и виды хим. анализов по ЦППР

Позиция	Время отбора проб		Выполнение анализов											
	1-см	11-см	U	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	К-ть	pH	eH	Fe ⁺³	Fe ⁺²	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	Тв. вз.
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>
П/отстойник ПР	Ср. см	Ср. см	+	Втор.	Втор.		+	+	15	15	15	15	15	15
П/отстойник ВР			+	Втор.	Втор.		+	+	15	15	15	15	15	15
СНК – 3м	09, 11 13, 15 17, 19	21, 23 01, 03 05, 07	+											
Колонна отмывочная	Среда		+	+	+		+							
Колонна донасыщения	1 раз	1 раз	+	+										
«Хвостовая» Колонна десорбции	1 раз	1 раз	+			+								
«Головная» колонна десорбции	1 раз	1 раз	+			+								
Колонна денитрации	1 раз	1 раз	+	+		+								
Отмывочная колонна	Среда			+		+								
Исходный раствор для десорбции	1 раз	1 раз		+		+								

Исходный раствор для денитрации	По поступлению		+	+	+	+								
Товарный десорбат	1 раз	1 раз	+	+	+	+								
1-й осадитель	1 раз	1 раз	+				+							
3-й осадитель	1 раз	1 раз					+							
Сборник пульпы	1 раз	1 раз					+							
Маточник ф-ции		1 раз	+	+	+		+							
Промывка ф/прессов	По поступлению		+	+	+		+							
Смола насыщенная	При отгрузке		+											
Смола после донасыщения		1 раз	+											
Смола остаточная после десорбции	1 раз		+											
Смола остаточная после денитрации		1 раз	+											
ГП «желтый кек»	По поступлению		Уран; влажность; нерастворимый остаток											

7.6. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОИЗВОДИМОЙ ПРОДУКЦИИ

Выпускаемая на рудниках ПСВ урана продукция, в зависимости от назначения производства, может быть представлена:

- насыщенной ураном ионообменной смолой;
- урансодержащим товарным десорбатом;
- хим. концентратом природного урана - ХКПУ («жёлтый кек»).

Продукцией аффинажного производства является закись-окись природного урана.

7.6.1. Насыщенная ураном ионообменная смола

Наименование продукции - насыщенная ураном ионообменная смола. Является полуфабрикатом, используется для переработки и получения урансодержащего товарного десорбата.

Таблица 7.4.

Солевой состав насыщенный ураном ионообменной смолы

Содержание	Един. измерения	Содержание
Уран	%	5.5 ÷ 6.5
Нитрат-ион	%	2.0 ÷ 2.5
Сульфат-ион	%	8.8 ÷ 9.0

Состав насыщенной ураном ионообменной смолы во многом определяется солевым составом продуктивных растворов месторождений, который, в свою очередь, определяется индивидуальными характеристиками рудных тел каждого из месторождений.

Так, на отдельных месторождениях имеется повышенное содержание на смоле:

- солей кремниевой кислоты - до 8,5 ÷ 10,5 % (Вост. Мынкудук, Акдала, Канжуган и др.);
- хлор-ионов - до 1,3 ÷ 1,5 % (Вост. Мынкудук, Акдала и др.).

7.6.2. Урансодержащий товарный десорбат

Наименование продукции - урансодержащий товарный десорбат, который является полуфабрикатом, используется для переработки и получения:

- ХКПУ - «жёлтого кека»;
- или поступает на аффинажное производство для прямого получения из него закиси-окиси природного урана.

Характеристика товарного десорбата, особенно по содержанию урана, определяется вариантом используемой технологии его получения - использование U-образной колонны типа СДК или традиционных десорбционных колонн типа ДНК или ПИК.

Таблица 7.5

**Солевой состав десорбата
(Вариант схемы с использованием колонн типа СДК).**

Наименование	Единицы измерения	Значение
Содержание урана	г/л	70 ÷ 90
Концентрация нитрат-ионов	г/л	20 ÷ 25
Кислотность	г/л	20 ÷ 25

Таблица 7.6

**Солевой состав десорбата
(Вариант схемы использования колонн типа ДНК и ПИК)**

Наименование	Единицы измерения	Значение
Содержание урана	г/л	25 ÷ 35
Концентрация нитрат-ионов	г/л	30 ÷ 35
Кислотность	г/л	20 ÷ 25

7.6.3. Хим. концентрат природного урана – ХКПУ («желтый кек»)

Продукция, в зависимости от используемого реагента-осадителя (каустическая сода - NaOH или углеаммонийные соли - NH_4HCO_3), представляет собой смесь солей природного урана:

- диураната натрия - $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$ и полиуранатов натрия переменного состава - $\text{Na}_2\text{U}_7\text{O}_{22}$; $\text{Na}_2\text{U}_4\text{O}_{13}$; и др.;
- или тетрааммонийуранил-трикарбоната - $(\text{NH}_4)_4[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]$ и других карбонатных солей сложного состава.

Хим. концентрат природного урана должен соответствовать требованиям, предусмотренными техническими условиями ТУ 640 РК-38229886-ЗАО-01-2000 «Хим. концентрат природного урана. Технические условия» [1].

Таблица 7.7

Требования к хим. концентрату природного урана, согласно ТУ 640 РК-38229886-ЗАО-01-2000

Наименование показателей	Норма
1	2
Массовая доля урана, % не менее	35.0
Массовая доля остатка, нерастворимого в азотной кислоте, % не более	1.2
Массовая доля влаги, % не более	30.0

Основные физико-химические свойства хим. концентрата природного урана:

- в зависимости от соотношения кристаллов солей и примесей хим. концентрат природного урана имеет внешний вид от жёлтого до коричневого цвета;
- кристаллы диаметром 0,1 -1,0 мм;

удельный вес 1,9-2,2 кг/см³,

- хорошо растворим в кислых растворах;
- мало растворим в воде;
- хим. концентрат слаборадиоактивен, удельная активность 0,238 - 0,340 мкКи/г.

В химическом концентрате не допускается наличие видимых невооруженным глазом посторонних включений (куски породы, дерева, металла и др.).

ХКПУ («жёлтый кек»), производимый в соответствии с ТУ 640 РК-38229886-ЗАО-01-2000, является промежуточным продуктом в цикле получения закиси-оксида - U₃O₈.

7.6.4. Закись-окись природного урана.

Химическая формула - U₃O₈.

Цвет - оливково-тёмно-зелёное вещество.

Насыпная плотность - не менее 2,0 г/см³.

Молекулярный вес - 842,09 г-моль.

Не растворяется в воде, растворяется в HNO₃ и H₂SO₄.

Закись-окись природного урана не должна содержать инородные материалы и предметы, которые не являются составной частью продукта переработки или которые могут отрицательно отразиться на взятии проб или нанести ущерб оборудованию для взятия проб.

Закись-окись урана является промежуточным продуктом в производстве двуоксида, тетрафторида, гексафторида и металлического урана. Кроме того, благодаря высокой стабильности при обычных условиях, закись-окись урана может использоваться для целей хранения.

Выпускаемая на аффинажных производствах закись-окись природного урана, в зависимости от назначения и условий контрактов, заключённых с конечными получателями продукции, по спецификации может быть представлена:

- закисью-окисью, требования к которой определены ТУ 70 00 РК-38229886-ЗАО-2001 «Урана закись-окись. Технические условия»;
- продукцией, требования которой соответствуют международной стандартной спецификации на урановый концентрат ASTM C-967-02a;
- закисью-окисью, направляемой на прямое фторирование.

7.6.4.1. ТУ 70 00 РК-38229886-ЗАО-2001 «Урана закись-окись. Технические условия»

Требования, предъявляемые к качеству закиси-оксида природного урана по ТУ 70 00 РК-38229886-ЗАО-2001 «Урана закись-окись. Технические условия» [2], разработаны в ЗАО «НАК «Казатомпром» как единые для аффинажных производств Республики Казахстан и отвечают всем требованиям конверсионных предприятий, производящих гексафторид урана (табл.7.8).

Таблица 7.8.

Требования к качеству закиси-оксида природного урана.

№	Обозначение	Наименование	Стандартные пределы концентраций
1	2	3	4
1.1	U	Содержание в %	Не менее 80.0
1.2	U ²³⁵	Содержание в %	0.7105 ± 0.0005
2.		Содержание примесей в % к урану:	
2.1	As	Мышьяк	0.01
2.2	B	Бор	0.01
2.3	Ca	Кальций	0.05
2.4	Cl + Br + I	Галогены	0.05
2.5	CO ₃	Карбонат	0.2
2.6	F	Фтор	0.01
2.7	Fe	Железо	0.15
2.8	K	Калий	0.2
2.9	Mg	Магний	0.02
2.10	Mo	Молибден	0.1
2.11	Na	Натрий	0.5
2.12	PO ₄	Фосфат	0.1
2.13	SO ₄	Сульфат	1.0
2.14	SiO ₂	Кремний	0.5
2.15	Th	Торий	0.25
2.15	Ti	Титан	0.01
2.17	V ₂ O ₅	Ванадат	0.1
2.18	Zr	Цирконий	0.01
2.19	Gd + Sm + Eu + Dy	Редкоземельные металлы	0.05
2.20	Cu + Pb + Bi + Sb	Тяжелые металлы	Менее 0.05
3		Массовая доля нерастворимого урана в азотной кислоте	Не более 0.1 %
4		Массовая доля извлекаемой органики	Не более 0.1 %
5		Массовая доля летучего материала	Не более 4.0 %
6		Физические показатели	
6.1		Влажность	Не более 2.0 %
6.2		Крупность	6 мм

Примечание: содержание примесей должно быть ниже стандартно допустимых пределов

7.6.5. Стандартная спецификация на урановый концентрат ASTM C-967-02a.

Настоящая международная спецификация имеет целью обеспечить ядерную промышленность общим стандартом на урановый рудный концентрат, отвечает всем требованиям к конверсии в гексафторид урана. Тем не менее, она позволяет перерабатывающим предприятиям вносить изменения и поправки в спецификацию по согласованию с заказчиком.

Приведённая редакция одобрена 22 августа 2002 года, опубликована в августе 2002 года. Первоначально опубликована как С 967-81, последняя предшествующая редакция С 967-02.

Содержание урана - при получении должно составлять минимум 65 вес. %.

Изотопное содержание - должно соответствовать природному урану ($0,7105 \pm 0,0005$ г. U^{235} на 100 г.) Содержание U^{234} не должно превышать ограничений, приведённых в табл. 7.9.

Нерастворимый в азотной кислоте уран должен составлять максимум 0,10 вес. % урана.

Извлекаемая органика - должна составлять максимум 0,10 вес.% не высушенного урана в виде уранового концентрата.

Содержание примесей - менее максимально допустимых пределов, приведенных в таблице 7.10.

Производитель должен информировать все стороны о присутствии токсических элементов, таких как Ag, As, Ba, Cd, Cr(IV), Hg, Pb и Se в урановом концентрате.

Крупность частиц - все представительные пробы должны проходить через сито размером ячеек 6,35 мм (1/4 дюйма).

Текучесть - урановый концентрат должен быть достаточно текучим, чтобы позволять производить пробоотбор.

Таблица 7.9.

Лимиты примесей и максимальных концентраций по ASTM C-967-02A

Примеси	Лимиты максимальных концентраций (весовой процент, от урана)	
	Лимит без штрафа	Лимит без отклонения
As	0.05	0.10
B	0.005	0.10
Ca	0.05	1.0
Карбонат	0.20	0.50
F	0.01	0.10
Галогены	0.05	0.10
Fe	0.15	1.00
Mg	0.02	0.50
Влажность	2.0	5.0
Mo	0.10	0.30
P	0.10	0.70
K	0.20	3.00
Si (считается как SiO₂)	0.50	2.5
Na	0.50	7.50
S	1.00	4.00
Th	1.00	2.50
Ti	0.01	0.05
V	0.06	0.30
Zr	0.01	0.10
U²³⁴	56 ppm	62 ppm

7.6.5.1. Закись – окись природного урана для прямого фторирования

Требования к качеству закиси –окиси природного урана являются специфическими, они разработаны конверсионными предприятиями, которые поставляемую продукцию направляют на прямое фторирование с получением тетрафторида урана, минуя дополнительную стадию очистки урана от примесей.. Поэтому в спецификации указаны достаточно жёсткие требования к качеству продукции (табл.7.10).

Таблица 7.10

**Допустимое содержание примесных элементов в закиси-окиси
природного урана для прямого фторирования**

№	Наименование элементов	Содержание химических примесей, ppm относительно U
1	Cr	Не более 300 ppm
2	Ca	
3	Mn	
4	Cu	
5	Ni	
6	Mg	
7	Th	
8	Ba	
9	Be	
10	Bi	
11	Cd	
12	Fe	
13	Pb	
14	Li	
15	K	
16	Na	
17	Ag	
18	Sr	
19	Sn	
20	Al	
21	Zn	
22	Zr	
23	B	1.0
24	Si	100
25	As	3.0
26	Sb	1.0
27	W	1.4
28	Ta	1.0
29	Cl	100
30	Ti	1.0
31	Mo	1.4
32	V	1.4
33	P	50
34	Ru	1.0
35	Nb	1.0
36	Br	5.0
37	Cr	10

Дополнительные требования:

- Содержание U должно быть не менее 84,4 %.
- Содержание U^{232} должно соответствовать ASTM C787-96 с учетом поправок
- Содержание U^{234} - не более 58 ppm.
- Массовая доля влаги - не более 0,25 %.
- Плотность после утряски - не более 3,2 г/см³.
- Массовая доля частиц с крупностью более 2,0 мм - не более 0,5%.
- Содержание U^{+4} - не более 33 %.
- Содержание N - не более 0,005 % веса U.

8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСА РАБОТ ПРИ ПСВ УРАНА

Проектирование представляет собой выбор и экономическое обоснование способов и мероприятий, обеспечивающих безусловное выполнение предприятием плана по геологоразведочным и горно-эксплуатационным работам.

8.1. КЛАССИФИКАЦИЯ РАБОТ ПО ПСВ

Все работы по ПСВ (кроме добычи металлов), в зависимости от их назначения, периода осуществления, источников финансирования, сроков и способов погашения произведенных затрат, подразделяются на: *геологоразведочные, эксплуатационно-разведочные, горно-капитальные, горно-подготовительные.*

8.1.1. Геологоразведочные работы

К геологоразведочным работам на объектах ПСВ относятся:

- работы, имеющие целью расширение контуров известных рудных залежей в пределах эксплуатируемых или подготавливаемых к эксплуатации месторождений, уточнение их геолого-гидрогеологических параметров;
- геологоразведочные работы, носящие перспективный характер и проводимые за пределами известных рудных залежей (на флангах месторождений) с целью поисков и разведки новых рудных тел.

Геологоразведочные работы проводятся по проектам, составленным и утвержденным в соответствии с действующими инструкциями и «Законом о недрах и недропользовании» Республики Казахстан и финансируются либо недропользователем, либо за счет госбюджета.

8.1.2. Эксплуатационно-разведочные работы

Здесь выделяются две подстадии работ, выполняющих различные задачи: это доразведка месторождений и собственно эксплуатационно-разведочные работы.

Доразведка выполняется на разведанных, но не освоенных промышленностью, а также на разрабатываемых месторождениях.

Доразведка ранее разведанного месторождения проводится в случае необходимости дополнительного изучения, перед вовлечением его в отработку. Необходимость доразведки может быть связана с пересмотром намечавшихся масштабов, технологии добычи, схем переработки полезного ископаемого, изменением требований стандартов и технических условий к качеству сырья и получаемой из него продукции, а также при несоответствии имеющейся геологической информации требованиям «Классификации запасов и прогнозных ресурсов месторождений твердых полезных ископаемых».

Плотность разведочной сети при доразведке месторождений, не освоенных промышленностью, определяется ее задачами, с обязательным использованием данных по пройденным ранее разведочным скважинам, имеющегося керна, дубликатов проб, геологической документации. По результатам доразведки не освоенного промышленностью месторождения составляется отчет с пересчетом запасов, утверждаемый в установленном порядке ГКЗ РК.

Задачами доразведки разрабатываемых месторождений являются:

- последовательное уточнение, в увязке с планами развития горных работ, геологического строения, горно-геологических условий месторождений и качества полезного ископаемого на недостаточно изученных участках месторождения (фланги, обособленные рудные тела), с переводом прогнозных ресурсов и запасов урана в более высокие категории;

- дополнительное изучение вещественного состава и технологических свойств оруденения в случаях пересмотра требований, стандартов или технических условий к качеству готовой продукции и технологических схем его переработки;
- доразведка площадей (участков месторождения) для восполнения отработанных запасов или расширения сырьевой базы действующего горнодобывающего предприятия.

Доразведка эксплуатируемого месторождения осуществляется в пределах контуров запасов, переданных добывающему предприятию.

По результатам доразведки разрабатываемого месторождения составляется отчет с подсчетом (пересчетом) запасов, подлежащий утверждению в установленном порядке.

Эксплуатационно-разведочные работы проводятся в период отработки месторождения с целью планомерного систематического получения данных, обеспечивающих текущее (годовое) и оперативное (квартальное, месячное) планирование добычи и контроль за полнотой и качеством отработки запасов.

Эксплуатационно-разведочные работы проводятся на осваиваемых месторождениях способом подземного скважинного выщелачивания с запасами, поставленными на учет Государственной комиссией по запасам Республики Казахстан и переданными на баланс горнодобывающему предприятию.

При проектировании новых предприятий должен быть определен объем эксплуатационно-разведочных работ, подлежащий выполнению в период строительства и развития предприятия ПСВ за счет капитальных вложений, специально предусматриваемых в сводной смете предприятия. Эксплуатационная разведка включает в себя комплекс работ по бурению скважин и проводимых в них геологических, геофизических и других видов исследований, которые выполняются до начала вскрытия участков ПСВ технологическими скважинами.

Целесообразность проведения и объемы эксплуатационной разведки требуют проектного обоснования в каждом конкретном случае с учетом природных особенностей уранового оруденения, соответствия принятой плотности разведочной сети требованиям для квалификации запасов по категориям изученности, а также данных об эффективности проведения эксплуатационной разведки на месторождениях-аналогах.

Перечень обязательных документов, составляемых по результатам геологоразведочных, эксплуатационно - разведочных и вскрышных работ, приведен в разделе по геологическим работам настоящей Инструкции.

Кроме этого, результатом вышеуказанных работ должно стать получение исходных данных для геотехнологической типизации части месторождения по принятой в НАК «Казатомпром» методике, а также данных для геотехнологического картирования части месторождения на генетической основе.

Затраты на проведение эксплуатационно - разведочных работ производятся за счет средств на горно-подготовительные работы и учитываются на балансе предприятия по основной деятельности как «Расходы будущих периодов».

8.1.3. Горно-капитальные работы

Горно - капитальные работы включают строительство производственных и технологических зданий и сооружений, строительство административного и бытового комплекса предприятия, строительство автомобильных дорог, подъездных железнодорожных путей и прирельсовой базы, оборудование энергохозяйства, внутренней и внешней связи, приобретение основных средств и прочие капитальные затраты.

Объемы работ определяются, исходя из проектируемой годовой производительности предприятия и вида готового продукта, планируемого к выпуску проектируемым предприятием. Годовая производительность по урану и продуктивным растворам, проектируемый вид готового продукта определяют выбор и количество технологического

оборудования по переработке ПР и получению конечного продукта, численность персонала предприятия и количество транспортных средств, объемы строительства производственных, вспомогательных и административно-бытовых помещений, состав основных средств. Основные средства складываются из технологического и специального автотранспорта, землеройной техники, передвижных грузоподъемных механизмов, вспомогательных насосных и компрессорных агрегатов, основного оборудования участка переработки продуктивных растворов и ионообменных смол. Прочие капитальные затраты включают в себя необходимые платежи (подписной бонус, исторические затраты на геологоразведочные работы и другие), оговоренные условиями контракта на недропользование.

Горно-капитальные работы финансируются на основе смет и сметно-финансовых расчетов. Выполненные работы учитываются на балансе по капитальным вложениям, а после сдачи объектов и сооружений в эксплуатацию зачисляются в состав основных средств действующего предприятия. Затраты на горно-капитальные работы относятся на все принятые к отработке промышленные запасы месторождения.

8.1.4. Горно-подготовительные работы

В состав горно-подготовительных работ входят:

- бурение и сооружение технологических скважин (нагнетательных, откачных, наблюдательных), сопровождающееся геофизическими исследованиями и гидрогеологическими работами;
- обвязка полигонов подземного скважинного выщелачивания, включающая сооружение трубопроводов продуктивных и выщелачивающих растворов, воздухопроводов, кислотопроводов, внутриблочных коллекторов и подключение к ним технологических скважин;
- строительство внутриплощадочных ЛЭП, автодорог, ТУЗов, переходов и др.;
- оснащение технологических и наблюдательных скважин контрольно-измерительной аппаратурой;
- закисление эксплуатационных блоков сернокислотными растворами.

8.1.5. Ремонтно-восстановительные работы на полигонах

Ремонтно-восстановительные работы на полигонах включают периодическое восстановление дебита (приемистости) технологических скважин, снижение которого обусловлено отложением на фильтрах и прифильтровых зонах кольматирующих образований, и бурение новых технологических скважин взамен вышедших из строя по различным причинам. Затраты на ремонтно-восстановительные работы относятся на себестоимость добычи.

8.2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Геологоразведочные работы в пределах рудных полей эксплуатируемых месторождений имеют основной целью укрепление и расширение сырьевой базы действующего предприятия ПСВ. Эта задача решается за счет:

- перевода запасов категории С₂ в высшие категории;
- разведки перспективных участков месторождения (в том числе флангов известных залежей) в целях увеличения запасов и выявления новых рудных залежей.

Основой для проектирования служат материалы разведки (детальной разведки) месторождения с подсчетом его запасов, а также эволюция представлений о рудно-геологических перспективах месторождения, произошедшая в результате доразведки, эксплуатационной разведки и анализа материалов геологоразведочных работ,

выполненных на стадии изучения месторождения, а также данных, получаемых при его отработке.

Проектируемые направления и объемы геологоразведочных работ определяются перспективами роста сырьевой базы месторождения, потребностью предприятия в дополнительных запасах и количеством ассигнований на геологоразведочные работы (прибылью предприятия).

Геологоразведочные работы в пределах эксплуатируемых месторождений проводятся силами предприятия или подрядными организациями за счет прибыли предприятия ПСВ.

Проект геологоразведочных работ включает в себя следующие части:

- геологическую, содержащую: целевое задание; анализ геологической обстановки и результатов предшествующих работ; обоснование основных направлений, видов и объемов проектируемых работ;
- геолого-технические условия выполнения видов и объемов проектируемых работ;
- сметно-финансовую часть, определяющую денежные затраты на проектируемые виды и объемы работ;
- титульный список проектируемых работ с поквартальной разбивкой затрат.

Текстовая часть проекта геологоразведочных работ иллюстрируется графическими материалами (геологическими картами, планами, разрезами и т.п.), объем и масштабы которых определяются конкретной необходимостью. В общем случае, проект должен с исчерпывающей полнотой определять основные направления проектируемых работ и давать их обоснование, условия, в которых эти работы выполняются, виды и объемы работ, очередность их выполнения и ожидаемые результаты.

По результатам разведочных работ составляется ТЭО, где дается количественная оценка параметров оруденения, выполняется подсчет запасов по нескольким вариантам кондиций (обычно по трем вариантам метропроцента) с расчетом возможной себестоимости продукции по этим вариантам и сопоставлением ее с действующими ценами.

Соотношение количества разведанных запасов высоких категорий (B , C_1) с предварительно-оцененными (C_2) и прогнозными ресурсами регламентируется лишь проектируемой производительностью будущего горнодобывающего предприятия. Количество разведанных запасов должно примерно окупить строительство только первой очереди рудника, а предварительно-оцененные запасы и прогнозные ресурсы позволяют запроектировать время работы предприятия.

Отсюда количество разведанных запасов не должно превышать 50% от общих запасов месторождения или его части.

На стадии разведки должны быть детально отработаны геотехнологические параметры извлечения полезных компонентов продуктивными растворами и технология их передела. Для этих целей проектом должен быть предусмотрен полигон опытно-промышленного испытания ПСВ. Специальными разведочными работами (до категории B) выбирается участок, параметры оруденения которого (продуктивность, эффективная мощность горизонта, глубина залегания, гидрогеологические показатели, содержание вредных примесей и др.) соответствовали бы средним показателям месторождения или большей его части. При резких отличиях этих показателей в различных, равнозначных по запасам продуктивных горизонтах, опытные участки ПСВ закладываются на каждый горизонт.

В ходе натуральных испытаний руд на месте их залегания осуществляется проверка геотехнологических параметров, полученных в лабораторных условиях или принятых по аналогии с подобными объектами, проводится апробация схемы (схем) вскрытия и режимов подземного выщелачивания, определение основных показателей процесса: отношение $Ж:Т$, расход реагента, содержание урана в продуктивных растворах, содержание вредных примесей в ПР, дебиты технологических скважин (возможно

различных конструкций), время закисления и отработки. Если на месторождении имеются значительные запасы урана в рудах с высоким содержанием карбонатов, необходимо, кроме стандартного серноокислотного, предусмотреть апробацию других способов выщелачивания (карбонатного, бикарбонатного, с окислителем и без - в зависимости от результатов опытных работ на образцах керна). Эти работы проводятся с целью выработки окончательных рекомендаций для проектирования и строительства рудника по ПСВ в ТЭО.

Проект геологоразведочных работ в пределах эксплуатируемых месторождений составляется в директивные сроки, рассматривается и утверждается недропользователем.

Геологоразведочные работы перспективного характера, за пределами эксплуатируемых или подготавливаемых к эксплуатации месторождений, выполняются в соответствии с требованиями «Закона о недрах и недропользовании» Республики Казахстан и инструктивными документами Министерства энергетики и природных ресурсов и ГКЗ РК.

8.3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАБОТ

Годовое (текущее) проектирование горно-эксплуатационных работ ведется на базе утвержденного технического (или ТРП) проекта отработки месторождения с учетом накопленного опыта за предыдущие годы.

В задачи проектирования горно-эксплуатационных работ входит:

- планирование работ, необходимых для ритмичного выполнения плана добычи металла;
- обеспечение предприятия необходимым количеством подготовленных запасов;
- планомерная подготовка эксплуатационных участков, обеспечивающая равномерную (по продуктивности) отработку месторождений;
- проектирование бурения технологических скважин в количестве, обеспечивающем добычу необходимого объема продуктивных растворов;
- обеспечение предприятия реагентами, необходимыми материалами и оборудованием.

Годовой проект горно-эксплуатационных работ составляется силами добывающего предприятия ПСВ (либо централизованно), утверждается недропользователем и согласовывается соответствующими госорганами в установленном порядке.

Состав проекта определяется перечнем задач, решаемых предприятием в процессе его деятельности, и включает в себя нижеследующие разделы:

Часть I. Горно-подготовительные работы, добыча урана.

Введение

1. Общие сведения о производстве
2. Краткая геологическая характеристика объектов эксплуатации
3. План развития горных работ рудника в проектируемом году

Состояние горных работ в предпроектном году

Вскрытие и подготовка запасов

Добыча растворов и урана

Переработка растворов

Ремонтно-восстановительные работы в скважинах действующих участков. Ликвидация скважин

Прирост и движение запасов

Проектируемые работы

Вскрытие и подготовка запасов

Сооружение технологических скважин

Сооружение эксплуатационных блоков

Добыча растворов и урана

- Переработка растворов
- Геофизические работы
- Ремонтно-восстановительные работы в скважинах действующих участков.
- Ликвидация скважин. Прирост и движение запасов
- Расчет требуемого количества основных материалов и энергоресурсов
- Капитальное строительство
- 4. Охрана недр
- 5. Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы
- 6. Соблюдение лицензионных и контрактных условий

Часть II. Охрана труда, радиационная безопасность и охрана окружающей среды

- 7. Охрана труда
 - Общая часть
 - План организационно-технических мероприятий по охране труда
 - График проверок состояния охраны труда и технической безопасности производственных объектов руководством и главными специалистами предприятия
 - График проведения учебных тревог по планам ликвидации Аварий
- 8. Радиационная безопасность и охрана окружающей среды
 - Радиационная безопасность
 - Обращение с радиоактивными отходами
 - План мероприятий по радиационной безопасности
 - Контроль состояния подземных вод
 - Охрана поверхности
 - Охрана воздушного бассейна
 - Природоохранная деятельность предприятия в предпроектном году
 - План природоохранной деятельности
 - Паспорт предприятия

Часть III. Табличные и текстовые приложения

- 9. Производственная программа, планы ведения ГПР, движение запасов, добыча и переработка растворов, расчет плановых потерь по рудникам
- 10. Расчеты удельных расходов материалов, реагентов и энергоресурсов по рудникам
- 11. Сводная таблица объемов работ по сооружению скважин
- 12. Сводная таблица движения вскрытых и готовых к добыче запасов урана

Часть IV. Графические приложения

- Обзорные планы месторождений, масштаб 1:5000 (при необходимости 1:10000)
- Планы поверхности месторождений, масштаб 1:5000
- Планы эксплуатационных участков, масштаб 1:2000
- Планы расположения проектируемых эксплуатационных блоков, масштаб 1:2000
- Геологические разрезы, масштаб гор. 1:2000 (при необходимости 1:5000 или 1:500), верт. 1:200.
- Планы расположения наблюдательных скважин, 1:2000 (при необходимости 1:5000 или 1:10000)
- Схемы опробования системы наблюдательных скважин
- Конструкция технологических скважин
- Схемы расположения опасных зон на пром. площадках рудников, масштаб 1:5000
- Условные обозначения

Кроме указанных основных графических материалов, при необходимости, к проекту могут быть приложены различные планы и разрезы (продуктивности, карбонатности,

себестоимости добычи и т.д.), если эти сведения невозможно поместить на основных планах и разрезах.

Исходными данными для проектирования служат:

- плановое задание по добыче металла;
- нормативные требования к обеспеченности действующего предприятия подготовленными запасами;
- технико - экономические показатели, достигнутые предприятием к моменту проектирования (системы отработки, технологические режимы, конструкции скважин, удельные затраты реагентов, материалов, электроэнергии, воздуха, содержание металла в добываемых растворах и т.п.) и реальные перспективы их улучшения.

Проектирование горно-подготовительных работ. Горно-подготовительные работы выполняются для создания на действующем предприятии необходимого резерва готовых к добыче запасов в целях обеспечения ритмичного выполнения плановой добычи продуктивных растворов и металла.

Подготовка запасов к добыче производится систематически - путем разбуривания (вскрытия) технологическими скважинами новых участков рудных залежей и их закисления.

В связи с вышеизложенным, проектирование горно-подготовительных работ включает последовательное выполнение следующих операций:

- определение количества запасов урана, которое необходимо подготовить в проектном году;
- выбор участков горно-подготовительных работ, систем их отработки и определение объемов технологического бурения.

Количество запасов, которое необходимо подготовить в проектном году, определяется согласно методике, изложенной в разделе по геологическим работам настоящей инструкции.

Выбор участков горно-подготовительных работ осуществляется с учетом обеспечения вскрытия необходимого количества промышленных запасов, равномерности отработки месторождения по продуктивности и получения плановой средней концентрации урана в общем объеме продуктивных растворов, добываемых в проектном году.

Выбор участков горно-подготовительных работ является наиболее ответственным этапом проектирования, так как на этом этапе принимаются решения по выбору схем расположения технологических скважин и наиболее оптимальной системы отработки эксплуатационных блоков и участков в целом.

Для выбора системы отработки (разработки) необходимо обосновать схему (или схемы) расположения скважин, которая зависит от морфологии рудных залежей в плане и разрезе, мощности и глубины залегания рудовмещающего горизонта, его гидрогеологических особенностей, вещественного состава руд и вмещающих их пород, а также от имеющихся технических средств.

Для обоснования схемы расположения технологических скважин должны быть рассмотрены и рассчитаны 2-3 варианта, из которых для исполнения выбирается один - наиболее оптимальный.

Выбранная схема расположения технологических скважин определяет все основные геотехнологические показатели, к числу которых относятся: концентрация металла в продуктивных растворах, суммарный дебит скважин, максимальный дебит откачной скважины, количество одновременно работающих скважин, продолжительность отработки блоков, время появления продуктивных растворов в откачных скважинах, расход и концентрация растворителя и окислителя, величины повышений и понижений динамического уровня в технологических скважинах и др.

В последние годы проблеме оптимизации сети расположения технологических скважин при ПСВ посвящено достаточно много специальных работ и исследований, в том числе и в НАК «Казатомпром». Опубликован целый ряд монографий и публикаций, где с

той или иной степенью детальности даются рекомендации и методические подходы по решению этой, пожалуй, наиболее важной задачи реализации подземного скважинного выщелачивания.

Во всех этих исследованиях делается акцент на двух основных подходах, имеющих большую практическую ценность при проектировании систем технологических скважин:

- схема должна обеспечивать максимально напряженный гидродинамический режим в межскважинном пространстве, так как скорость фильтрации растворов является определяющим фактором интенсивности добычи. Влияние второй составляющей процесса выщелачивания - гидрохимической - (варианты концентраций реагента, применение различных окислителей и т.д.) на интенсивность добычи заметно уступает гидродинамической составляющей;

- вскрытие широких (в плане) рудных залежей (более 150 - 200 м) должно осуществляться ячеистыми схемами, как наиболее оптимальными по соотношению откачных и закачных скважин и обеспечивающими лучшую гидродинамику по сравнению с рядными схемами.

При проектировании межскважинных расстояний для основных схем вскрытия рекомендуются следующие расчеты по критерию себестоимости:

Гексагональная схема:

$$R_o = \sqrt[4]{\frac{S_m \cdot (n+1) \cdot H \cdot C_{скв} \cdot \bar{K}_\phi \cdot \beta \cdot (nS_n + S_o) \cdot \ln\left(\ln \frac{R_o}{R_c}\right)}{396 \cdot f \cdot \rho_n \cdot C_s}}, \text{ [м]} \quad (8.1)$$

Для любой рядной схемы:

$$R_o = \sqrt[4]{\frac{S_m \cdot (n+1) \cdot C_{скв} \cdot H \cdot \beta \cdot \bar{K}_\phi \cdot (nS_n + S_o) \cdot (\xi^2 + 0.25)^2 \cdot \pi \cdot \ln\left(\ln \frac{R_o}{R_c}\right)}{165 \cdot f \cdot \rho_n \cdot C_s \cdot (\xi + 1)^2 \cdot \xi}}, \text{ [м]} \quad (8.2)$$

где:

S_m - площадь проектируемого участка, [м²];

H - глубина до нижнего водоупора, [м];

K_ϕ - средний коэффициент фильтрации, [м/сут];

ρ_n - плотность пород, [т/м³];

K_n - коэффициент эффективной пористости, [доли ед.];

S_n - компрессия (напор) при нагнетании, [м];

S_o - депрессия при откачке (в пласте), [м];

n - отношение откачных скважин к закачным, [ед.];

f - отношение **Ж:Т**, [ед.];

β - отношение скорости выщелачивания к скорости фильтрации растворов, [ед.];

R_c - радиус технологической скважины, [м];

R_o - расстояние между закачными и откачными скважинами, [м];

$C_{скв}$ - стоимость 1 п.м. сооружения и обвязки скважины, [\$];

C_s - суточные эксплуатационные затраты на добычу, [\$];

ξ - проектный коэффициент извлечения, [доли ед.].

Межскважинное расстояние можно проектировать и по критерию заданной скорости движения технологических растворов между откачными и закачными скважинами (V_ϕ), что является более важным с геотехнологических позиций:

$$V_\phi = \frac{1,157 \cdot K_\phi \cdot (S_n + S_o) \cdot \ln\left(\ln \frac{R_o}{R_c}\right)}{10^2 \cdot K_n \cdot x} \text{ [м/сут]}, \quad (8.3)$$

Далее в горно - подготовительной части проекта должны быть определены варианты поверхностной обвязки скважин, блоков и участков, а также методика и режим их закисления.

8.3.1. Проектирование добычи урана

Исходными данными для текущего проектирования добычи урана в продуктивных растворах служат:

- годовой план выпуска металла в готовой продукции (P);
- достигнутая на обрабатываемых блоках производительность добычи по продуктивным растворам и среднему содержанию в них урана;
- проектный коэффициент извлечения металла из недр;
- проектный коэффициент извлечения металла из растворов на сорбции;
- проектный удельный расход растворителя на 1 кг металла и 1 тонну ГРМ.

С использованием исходных данных рассчитываются основные геотехнологические показатели, которые сводятся в таблицу расчета добычи, а также строятся в виде проектных циклограмм по отдельным блокам.

Количество металла в продуктивных растворах (Me) определяется по формуле:

$$Me = P / 100 \cdot K, \quad (8.4)$$

где:

P - количество урана в готовой продукции, тонн;

K - коэффициент извлечения урана из ПР на сорбции, %.

Средняя концентрация урана в продуктивных растворах определяется отдельно для блоков, уже находящихся в отработке и для вновь вводимых блоков.

Для блоков, находящихся в отработке, концентрация урана в ПР определяется на основании графика ее изменения во времени, построенного на данных отработки эксплуатационных блоков или участков, близких по своим горно-геологическим условиям и применяемым геотехнологическим приемам процесса ПСВ.

Среднее содержание урана в растворах вновь проектируемых блоков (участков) месторождения рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{сред}} = \frac{exC_1 \cdot xC_{\text{max}} \cdot x365}{T_3}, \quad (8.5)$$

А расчет максимального содержания урана в продуктивном растворе - по формуле:

$$C_{\text{max}} = \frac{98xC_1 \cdot xR_o^2 \cdot xPx \ln\left(\frac{R_o}{R_c}\right)}{K_\phi \cdot xM_3 \cdot x(nxS_n + S_o)}, \quad (8.6)$$

где:

P - средняя продуктивность рудного тела, [кг/м²];

M₃- эффективная мощность продуктивного горизонта, [м];

K_φ- коэффициент фильтрации в рудной части горизонта, [м/сут];

R_o- оптимальный радиус ячейки, [м];

R_c - радиус технологической скважины, [м];

S_n - компрессия на закачных скважинах, [м вод. ст.];

S_o -депрессия на откачных скважинах, [м вод. ст];

S_k. показатель скин-эффекта;

n -отношение количества закачных скважин к откачным;

K_n - коэффициент эффективной пористости;

ρ_n- плотность пород рудного горизонта, [кг/м³];

β - отношение скорости выщелачивания к средней скорости фильтрации раствора;

f - отношение Ж:Т:

T_3 - время эксплуатации, [лет];

$T_{\text{зак}}$ - время закисления, [дни];

$K_{\text{извл.}}$ - коэффициент извлечения, [%];

C_1 - параметр, определяющий кинетику процесса выщелачивания урана в ячейке;

C_1^1 - параметр, определяющий скорость изменения концентрации урана в растворе.

Возможно (при необходимости) использовать для определения проектного среднего содержания урана в растворах и упрощенную формулу:

$$C_{\text{сред.}} = \frac{10xmcxK_{\text{извл.}}}{fxM_3}, \quad (8.7)$$

где:

mc - продуктивность в метропроценте по залежи;

$K_{\text{извл.}}$ - коэффициент извлечения, доли ед.;

f - ожидаемое отношение Ж:Т;

M_3 - эффективная мощность продуктивного горизонта, [м].

Средняя концентрация урана по проектируемому руднику определяется как средневзвешенное по всем блокам (залежам) месторождения:

$$C_{\text{cp}} = \frac{C_1Q_1 + C_2Q_2 + \dots + C_nQ_n}{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}, \text{ [мг/л]} \quad (8.8)$$

где: C_1 C_2 - средняя концентрация урана в проектируемых блоках;

Q_1 Q_2 - объемы откачиваемых растворов в проектируемых блоках.

Производительность откачных скважин определяется прямым способом, исходя из достигнутой производительности скважин того или иного конструктивного типа, с учетом способа раствороподъема и применяемых схем расположения технологических скважин.

Количество одновременно работающих откачных скважин находится из соотношения:

$$N = \frac{Q}{q \cdot K_{\text{исп.}}} \quad (8.9)$$

где.

$K_{\text{исп.}}$ - коэффициент использования скважин;

Q - объем откачиваемых растворов в проектируемом блоке (участке);

q - объем откачиваемых растворов одной скважиной.

Расчетная производительность геотехнологических полей определяет выбор технологического оборудования и его количество (средства раствороподъема, производительность ТУЗов, трубопроводы, марка и количество СНК и т.д.), потребность в химических реагентах и ионнообменных смолах.

Одним из важных критериальных геотехнологических показателей процесса ПСВ является продолжительность отработки блока и, как составляющая часть, время его закисления.

Как правило, этот показатель при проектировании определяется статистически с использованием имеющихся данных по отработанным блокам - аналогам.

С этой целью используются результаты отработки блоков, вскрытых той же или близкой к проектной сетью технологических скважин, которая обеспечивала бы определенную производительность по растворам. Главным критерием при таком подходе является расположение скважин в аналогичной, что и проектируемый блок, области залежи или месторождения, определенной геотехнологическим районированием на рудогенетической основе.

Вместе с этим, данный показатель, с определенной степенью точности, может быть рассчитан по следующим формулам:

Гексагональная схема:

$$T_3 = \frac{160 \cdot R_o^2 \cdot \rho_n \cdot f}{\beta \cdot \overline{K_\phi} \cdot (nS_n + S_o) \cdot \ln \left(\ln \frac{R_o}{R_c} \right)}, [\text{сут}] \quad (8.10)$$

Любая рядовая при $b=2a$:

$$T_3 = \frac{180 \cdot R_o^2 \cdot \rho_n \cdot f}{\beta \cdot \overline{K_\phi} \cdot (nS_n + S_o) \cdot \ln \left(\ln \frac{R_o}{R_c} \right)}, [\text{сут}] \quad (8.11)$$

Очевидно, что корректность этих расчетов напрямую зависит от точности прогнозирования параметра f (Ж : Т), который, в свою очередь, проектируется опять же, в основном, методом аналогий.

Количество реагента (серной кислоты) проектируется по 4юрмуде:

$$V = Q(C_3 - C_0), [\text{кг}] \quad (8.12)$$

где:

Q - годовой объем рабочих растворов, $[\text{м}^3]$;

C_3 - заданная концентрация в ВР, $[\text{г/л}]$;

C_0 - остаточная концентрация растворителя в ПР, $[\text{г/л}]$.

Необходимое годовое количество кислоты определяется прямым расчетом на основании запроктированных дифференцированных режимов кислотности ВР на отдельных стадиях процесса. В расчетах используется концентрация 100% кислоты и пересчитывается в зависимости от качества (концентрации) используемого продукта (92,5 % или менее).

Средние удельные расходы растворителя ориентировочно можно определить по формулам:

$$C_{\text{уд.}1} = 172xe^{-1,1x\frac{P}{M}} [\text{кг/кг урана}]; \quad (8.13)$$

$$C_{\text{уд.}2} = \frac{172xe^{-1,1x\frac{P}{M}}}{M_3 x \rho_n} [\text{кг/т ГРМ}]; \quad (8.14)$$

где:

P - средняя продуктивность рудного тела, $[\text{кг/м}^2]$;

M_3 - эффективная мощность продуктивного горизонта, $[\text{м}]$;

ρ_n - плотность пород рудного горизонта, $[\text{кг/м}^3]$.

Использование этих формул корректно на месторождениях с низкой карбонатностью (менее 0,5% по CO_2) и достаточно равномерном ее распределении по площади и в разрезе.

Далее проектируются мероприятия по охране недр, НИОКР, охране труда, радиационной безопасности и охране окружающей среды.

Перечисленные организационно-технические мероприятия должны закладываться в проект с учетом современных научно-технологических достижений, а также замечаний и предписаний соответствующих надзорных органов.

9. ОХРАНА НЕДР

9.1. КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НА ПОЛИГОНАХ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

9.1.1. Цели контроля

Система контроля состояния подземных и поверхностных вод на полигонах ПСВ (далее - система контроля) определяется природной сложностью месторождения, геолого-гидрогеологическими условиями, принятой технологией отработки и географией полигона ПСВ, его местоположением в существующем хозяйственно-питьевом водозаборе, сельскохозяйственном севообороте и состоянием поверхностного ландшафта, с учетом СанПиН 5.01.023.99 «Санитарные нормы проектирования, строительства, эксплуатации, консервации и ликвидации полигонов подземного выщелачивания радиоактивных руд».

Контролю подвергаются все водоносные горизонты в районе действующего полигона ПСВ, поверхностные сборы атмосферных осадков, а также пескоотстойники с продуктивными (ПР) и выщелачивающими (ВР) растворами.

Система контроля базируется на отборе проб из вышеперечисленных источников наблюдения, систематизации данных геофизического контроля, проведении анализа с последующей разработкой необходимых мероприятий.

Основные цели применяемой системы контроля:

- определение первичного химического состава и уровня вод;
- контроль за изменением химического состава и динамического уровня растворов в обрабатываемом продуктивном горизонте в результате ПСВ и после отработки;
- контроль за распространением ореола растворов ПСВ в горизонтальном и вертикальном направлениях;
- управление процессом ПСВ, совершенствование технологии отработки с целью исключения растекания технологических растворов за пределы обрабатываемых площадей;
- совершенствование обвязки полигонов, ремонтно-восстановительных работ в скважинах, сокращающих разливы технологических растворов.

Система контроля разрабатывается на стадии проектирования эксплуатационных блоков на основании данных поисковых геологоразведочных работ, лабораторных исследований, опытных полевых испытаний и опыта эксплуатации аналогичных месторождений.

На стадии проектирования эксплуатационных блоков определяются конструкции и расположение наблюдательных скважин по каждому водоносному горизонту, каждому пескоотстойнику ПР и ВР места отбора поверхностных вод, виды и частота исследований.

По мере отработки месторождения сеть наблюдательных скважин, места опробования поверхностных вод, а также методы геофизического контроля должны корректироваться с учетом конкретной обстановки и накопленного опыта эксплуатации.

Конструкция наблюдательных скважин должна обеспечивать опробование только одного водоносного горизонта и исключать перетоки подземных вод (растворов) между водоносными горизонтами.

Система контроля должна включать три сети наблюдательных скважин:

1. для контроля за возможными утечками растворов из пескоотстойников ПР и ВР;
2. для контроля за технологическим процессом в зоне гидродинамического воздействия откачиваемых и закачиваемых растворов;
3. для контроля растекания растворов в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Оголовки наблюдательных скважин оборудуются бетонными отмостками и съемными крышками.

Места отбора поверхностных вод определяются в зависимости от возможных мест разливов технологических растворов, рельефа местности и дальнейшей миграции за пределы обрабатываемого месторождения.

9.1.2. Сеть наблюдательных скважин

Сеть наблюдательных скважин должна быть достаточной для достижения целей системы контроля.

Скважины для контроля за утечками растворов из пескоотстойников ПР и ВР располагаются по периметру пескоотстойников в один -два ряда. Количество скважин в ряду на каждую сторону котлована пескоотстойника сооружается из расчета расстояния в 10 -15 м между скважинами в ряду. Расстояние 1-го ряда скважин от бровки пескоотстойника 2 - 5 м, 2-го ряда - 5 - 15 м. Фильтры скважин должны перекрывать возможный поток. При значительном удалении дна котлована от водоупора (5 -15 м) низ фильтра устанавливается на 4 - 5 м ниже дна котлована пескоотстойника.

Скважины для контроля за технологическим процессом находятся как внутри эксплуатационных блоков (между закачными и откачными рядами), так и в зоне растекания технологических растворов (до 50 м от внешней границы эксплуатационного блока).

При отработке не широкой (до 150 - 200 м) залежи, расстояние между наблюдательными скважинами внутри залежи составляет 200 -250 м. При отработке широких (свыше 200 м) залежей на одну скважину должна приходиться площадь 35 - 40 тыс.м².

В зоне растекания ПР и ВР сооружается по одной скважине с каждой стороны обрабатываемой залежи (эксплуатационного блока). Расстояние между скважинами вдоль длинной оси рудной залежи - 200 -250 м.

Для контроля за растеканием в вертикальном направлении на каждый водоносный горизонт сооружается одна наблюдательная скважина. Скважины располагаются кустами. Расстояние между кустами 450 -500 м при отработке нешироких залежей. Для широких залежей сооружается один куст на 200 - 250 тыс.м².

Для контроля за растеканием растворов в горизонтальном направлении сооружается по одной скважине за пределами зоны растекания ПР и ВР в направлении естественного потока подземных вод от обрабатываемой залежи. Расстояние от границы эксплуатационного блока должно быть 100 - 200 м.

9.1.3. Состав стационарных наблюдений

В состав стационарных наблюдений при отработке урановорудных залежей способом ПСВ входит:

- замер уровня подземных вод в наблюдательных и рабочих скважинах;
- отбор проб растворов из наблюдательных и рабочих скважин;
- геофизические исследования в наблюдательных и технологических скважинах;
- отбор проб воды из поверхностных источников.

Замер уровня подземных и грунтовых вод производится для оценки градиента уровней вод по месторождению или части его, вокруг котлованов (ПР и ВР) и уточнения направления растекания растворов.

Допускается как ручной замер уровня подземных и грунтовых вод, так и с применением автоматических приборов. Ошибка замера не должна превышать $\pm 0,01$ м. Оценка уровней выполняется в абсолютных отметках и с учетом плотности вод.

Отбор проб подземных и грунтовых вод из наблюдательных и рабочих скважин выполняется для оценки:

- первоначального состава вод, не затронутых подземным выщелачиванием;
- степени и скорости закисления вновь вводимых эксплуатационных блоков;

- распространения растворов ПСВ за границу обрабатываемой площади, а также в выше- и нижележащие водоносные горизонты;
- степени загрязнения поверхностных вод технологическими растворами.

Отбору проб должна предшествовать откачка воды в объеме 1 -1,5 объемов ствола скважины.

Первоначально, на этапе подготовки блоков к эксплуатации, когда подземные, грунтовые и поверхностные воды не загрязнены продуктами ПСВ, проба отбирается на полный химический анализ.

Для обеспечения внешнего контроля 5% от общего количества запланированных проб на полный химический анализ выполняется в сторонних специализированных организациях

Геофизические методы используются для оценки целостности обсадной колонны скважин и надежности затрубной цементации (ТК - токовый каротаж, ТМ - термометрия), качественной и количественной оценки возможной утечки растворов (ИК- индукционный каротаж и расходомерия).

9.1.4. Периодичность стационарных наблюдений

Периодичность стационарных наблюдений за ходом процесса ПСВ и растеканием растворов на обрабатываемых площадях устанавливается в зависимости от этапа освоения эксплуатационного блока.

Таблица 9.1.

Периодичность стационарных наблюдений

Место опробования	Экспресс анализ	Сокращенный химанализ	Полный химанализ	Уровень подземных вод	Геофизические исследования
1	2	3	4	5	6
А) Период закисления					
Рабочие скважины					
Откачные скважины	1р/5дн.	1р/10дн.	1р/мес.	-	1р/кв.
Откачные ряды	1р/сутки.	1р/10дн.	1р/мес.	-	-
Закачные скважины	-	-	-	-	1р/кв.
ВР	1р/см.	1р/10дн.	1р/мес.	-	-
Наблюдательные скважины					
Скважины для контроля процесса ПВ	1р/5дн.	1р/10дн.	1р/мес.	1р/кв.	1р/кв.
Скважины для контроля смежных горизонтов	-	1р/кв.	1р/год	1р/кв.	1р/кв.
Скважины для контроля горизонтального растекания	-	1р/кв.	1р/год	1р/кв.	1р/кв.
Б) Период отработки					
Рабочие скважины					
Откачные скважины	-	1р/мес.	1р/кв.	-	1р/год
Откачные ряды	1р/сутки	-	1р/кв.	-	
Закачные скважины	-	-	-	-	1р/год
ВР	1р/см.	-	1р/кв	-	-
Наблюдательные скважины					
Скважины для контроля процесса ПВ	-	1р/мес.	1р/кв.	1р/кв.	1р/кв.
Скважины для контроля смежных горизонтов	-	1р/кв.	1р/год	1р/кв.	1р/кв.
Скважины для контроля	-	1р/кв.	1р/год	1р/кв.	1р/кв.

горизонтального растекания					
Примечание:					
1. Экспресс анализ: U, pH, Eh, HCO ₃ (карбонатный способ ПВ), H ₂ SO ₄ (кислотный способ ПВ)					
2. Сокращенный анализ: U, pH, Eh, H ₂ SO ₄ (HCO ₃ ⁻), Fe ²⁺ , Fe ³⁺ , SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , Mg ²⁺ , Ca ²⁺ , CO ₃ ⁻ , Cl ⁻ ;					
3. Полный химанализ: U, pH, Eh, H ₂ SO ₄ (HCO ₃ ⁻), Fe ²⁺ , Fe ³⁺ , SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , Mg ²⁺ , Ca ²⁺ , CO ₃ ⁻ , Na ⁺ , K ⁺ , Al ³⁺ , Mn ²⁺ , V, NH ₄ ⁺ , HCO ₃ ⁻ , Cl ⁻ , SiO ₂ , Ra, RaD, JO, Po, O ₂ , минерализация					
4. Количество определений при полном химанализе может меняться в зависимости от длительности процесса ПВ					

Таблица 9.2

Периодичность стационарных наблюдений за растеканием растворов из котлованов пескоотстойников

Место опробования	Экспресс анализ	Сокращенный химанализ	Полный химанализ	Уровень грунтовых вод
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Наблюдательные скважины	1р/15 дн.	1р/мес.	1р/кв.	1р/кв

Таблица 9.3

Периодичность стационарных наблюдений за загрязнением поверхностных вод

Место опробования	Экспресс анализ	Сокращенный химанализ	Полный химанализ
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Точка наблюдения	1р/15 дн.	1р/мес.	1р/кв.
Примечание: Наблюдения ведутся только в теплый период года			

10. РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

10.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

При проведении работ по добыче урана методом ПСВ должны соблюдаться требования Законов РК «Об охране окружающей среды», «Об использовании атомной энергии», «О радиационной безопасности населения», Указа Президента РК, имеющего силу Закона «О недрах и недропользовании», а также других законодательных актов РК, содержащих экологические требования при недропользовании.

Проведение работ по ПСВ урана разрешается только при наличии государственной лицензии на право работ с источниками атомной энергии, санитарного паспорта на право работ с радиоактивными веществами в открытом виде и разрешений природоохранных государственных органов на загрязнение окружающей среды.

Строительство комплекса наземных и подземных сооружений, входящих в систему ПСВ, допускается только при наличии утвержденного проекта, согласованного с государственными органами горного, санитарного и экологического надзора.

Работы по бурению, оборудованию и освоению эксплуатационных скважин на полигоне ПСВ должны выполняться в строгом соответствии с технологическим регламентом, который разрабатывается проектной организацией в соответствии с настоящей инструкцией и входит в состав проекта. Ответственность за качество сооружения скважин на руднике ПСВ несет организация, выполняющая буровые работы. Контроль качества работ осуществляется предприятием - заказчиком.

Ввод рудника ПСВ в эксплуатацию разрешается только после завершения строительства всего комплекса наземных и подземных сооружений при соответствии их требованиям санитарно-гигиенических и природоохранных нормативов и правил, действующих на момент сдачи объекта в эксплуатацию.

До ввода рудника ПСВ в эксплуатацию администрация должна оформить всю организационно-распорядительную документацию, предусмотренную санитарно-гигиеническими и природоохранными правилами (паспорта, инструкции, разрешения, номенклатура и периодичность радиационного контроля, ПДВ, ПДС и др.). Кроме того, должен быть определен перечень лиц, отнесенных к персоналу категории А и Б. Лица, работающие во вредных для здоровья условиях, должны пройти медицинский осмотр.

Организация безопасных условий труда осуществляется в соответствии с требованиями системы управления охраны труда в НАК «Казатомпром» (СУОТ) и организационной системы по обеспечению безопасной эксплуатации автотранспортных средств в ЗАО НАК «Казатомпром».

Расследование радиационных аварий осуществляется в соответствии с «Инструкцией по служебному расследованию радиационных аварий в ЗАО НАК «Казатомпром».

Расследование и ликвидация радиационных аварий при транспортировке радиоактивных веществ и материалов осуществляется в соответствии с документами Комитета по атомной энергетике РК (ПЛААТ-99 и ПЛАЖТ-99).

Настоящая инструкция разработана в соответствии с «Санитарными правилами проектирования, строительства, эксплуатации, консервации и ликвидации добычных полигонов подземного выщелачивания радиоактивных руд» (СНП ПВ-99) [1], «Санитарных правил обращения с радиоактивными отходами» (СПОРО-97) [2] и «Нормами радиационной безопасности» (НРБ-99) [3], «Санитарно-гигиеническими требованиями по обеспечению радиационной безопасности» СГТПОРБ-2003 [4].

10.2. ЭТАП ГОРНО-ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ И СОЗДАНИЯ СЕТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН ПСВ

При ведении горно-подготовительных работ на полигонах ПСВ урана возможное периодическое возникновение ситуаций, наносящих локальный ущерб окружающей среде или сопровождающихся радиационной опасностью для персонала.

Ущерб окружающей среде может быть нанесен в результате обустройства подъездных путей к месту ведения работ при сборе или сбросе промывного бурового раствора, а также при возникновении радиационной аварии, связанной с нарушением герметичности радиоактивного источника при ведении работ по радиометрическому исследованию скважин.

При обустройстве дорог насыпного типа выемка грунта из кюветов должна производиться после снятия плодородного слоя, с последующим покрытием им зачищенного пространства. В местах водостоков должны укладываться специальные водопропускные трубы.

Для сбора бурового раствора должны быть устроены специальные зумпфы в грунте. Размер зумпфа определяется предполагаемым объемом бурового раствора при проектировании скважины. После отстаивания буровой раствор откачивается в цистерны и перевозится на новую скважину. Зумпф засыпается вынутым при его устройстве грунтом.

Конструкция всех типов скважин и технология их сооружения должны обеспечивать полную изоляцию продуктивного водоносного горизонта от других водоносных горизонтов. При бурении скважин необходимо особое внимание уделять выполнению мероприятий по изоляции водоносных горизонтов и контролю качества целостности эксплуатационных колонн.

Оголовки всех скважин должны быть герметизированы и обеспечивать доступность для контроля состояния ствола, ремонта и определения необходимых геотехнологических параметров. Оголовки откачных и нагнетательных скважин должны крепиться на устьевой обрез эксплуатационной колонны обсадных труб.

Герметичность колонн откачных и нагнетательных скважин проверяется с помощью геофизических методов, а в случае необходимости, и проведением гидравлической опрессовки. Критерии оценки герметичности обсадной колонны устанавливаются отдельной инструкцией.

Работы с керном продуктивного горизонта должны вестись в лаборатории, имеющей санитарный паспорт на право проведения работ с радиоактивными веществами в открытом виде, с соблюдением условий, установленных документом [4].

При ведении работ по геофизическому исследованию скважин должны соблюдаться правила обращения с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений в соответствии с СГТПОРБ-2003 и «Санитарными правилами работы с закрытыми источниками ионизирующих излучений при радиометрическом исследовании разрезов буровых скважин» №5.01.006-97 [5].

Поставка скважинных генераторов нейтронов и радиоактивных источников для геофизического исследования скважин осуществляется по заказ заявкам, согласованным с органами Госсаннадзора. После получения генератора нейтронов или радиоактивных источников, администрация обязана в течении 10 дней поставить об этом в известность территориальные органы Госсаннадзора.

Для хранения генераторов нейтронов и радиоактивных источников должно быть оборудовано помещение в соответствии с требованиями СГТПОРБ-2003.

При геофизическом исследовании скважин может произойти обрыв каротажного снаряда с генератором нейтронов или радиоактивным источником. Данная ситуация рассматривается как радиационная авария. При извлечении каротажного снаряда необходимо избегать разгерметизации генератора нейтронов или ампулы с

радиоактивным источником, которая приводит к радиоактивному загрязнению бурового раствора.

Ликвидация радиационных аварий при обрыве каротажного снаряда с радиоактивным источником в скважине, утере или хищении радиоактивного источника проводится в соответствии с СП №5.01.006-97, «Инструкцией по служебному расследованию радиационных аварий на предприятиях НАК «Казатомпром» [6] и внутренней инструкцией филиала или СП по предупреждению и ликвидации радиационных аварий, согласованной с территориальными органами Госсанэпиднадзора.

10.3. ЭТАП ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ ПСВ

10.3.1. Охрана окружающей среды

Эксплуатация добычного полигона должна осуществляться строго в соответствии с утвержденным проектом и технологическим регламентом.

Ввод рудника ПСВ в эксплуатацию разрешается только после завершения строительства всего комплекса наземных и подземных сооружений, входящих в пусковой минимум, определяемый проектом. На эксплуатацию рудника ПСВ оформляется акт, утвержденный государственной комиссией. На основании Акта государственной комиссии оформляется санитарный паспорт на право работ с радиоактивными веществами, после чего оформляется лицензия Комитета по атомной энергетике РК на право работ с источниками атомной энергии.

На предприятии должна быть разработана и согласована с территориальными природоохранными органами следующая документация:

- Государственные акты на землепользование (горный или геологический отвод - площади земель, занятых под полигоны, производственные помещения, временные хранилища низкорadioактивных отходов и т.д.
- Разрешение на загрязнение окружающей среды.
- Разрешение на спецводопользование, лимит водопотребление и водоотведение (сброс сточных вод):
наличие источников водоснабжения и их характеристика (дебит, водоотбор и т.д.);
общая потребность предприятия в воде, в том числе на производственные нужды; наличие первичного учета использования воды;
эффективность работы водоочистных сооружений;
- Программа экологического мониторинга.
- Планы природоохранных мероприятий, согласованные с областным управлением ООС (строительство или реконструкция природоохранных объектов, мероприятия по предотвращению залповых выбросов и т.д.).
- Проект предельно допустимых выбросов (ПДВ) вредных химических веществ (ВХВ);
- Проект предельно допустимых сбросов (ПДС) вредных загрязняющих веществ со сточными водами.
- Проект предельно допустимых выбросов (ПДВ) радионуклидов.
- Разрешение областных управлений ООС на временное хранение низкорadioактивных отходов.
- Разрешение областных управлений ООС на захоронение низкорadioактивных отходов (отчетные сведения об образовании, удалении радиоактивных отходов, объемах низкорadioактивных отходов и их утилизации);
- Журналы учета, хранения и движения отходов и их использования (договор на использование полигона ТБО или наличие ведомственного полигона ТБО, наличие радиоактивных и токсических отходов, металллом, отходы, содержащие ртуть и т.д.)-

- Материалы расследования аварий, повлекших загрязнение окружающей среды.
- Статистическая отчетность 2ТП - воздух и 2ТП - водхоз.
- Приказ о назначении лиц, ответственных за охрану окружающей среды.

При эксплуатации месторождений способом ПСВ должны быть предусмотрены меры, максимально ограничивающие химическое и радиологическое влияние на объекты окружающей среды, а также механическое воздействие на грунты. Если по условиям работ скважины не оборудуются оголовками, то их устье должно быть закрыто металлической крышкой со специальным замком, исключающим вскрытие скважины посторонними лицами.

Должны быть приняты меры по изоляции продуктивного горизонта от других водных горизонтов и меры, исключающие химическое и радиоактивное загрязнение подземных и грунтовых вод, используемых для питьевых или лечебных целей.

В целях предупреждения загрязнения грунта технологическими растворами должны быть выполнены мероприятия по недопущению протечек технологических растворов по всей технологической цепочке.

Особое внимание должно быть уделено гидроизоляции отстойников технологических растворов и других промежуточных емкостей, которая должна обеспечивать полное предотвращение инфильтрации растворов в грунты и грунтовые воды в течении всего периода их эксплуатации. Наблюдательные скважины для контроля процесса фильтрации технологических растворов из пескоотстойников должны быть оборудованы вниз по уклону рельефа, глубиной до первого водоносного горизонта.

Во избежание протечек технологических растворов в напорных трубопроводах, последние подлежат периодическому испытанию на прочность. Испытания проводятся в соответствии с утвержденным администрацией графиком. Администрацией предприятия должна быть разработана и внедрена система производственного контроля за целостностью напорных трубопроводов и исправностью запорной арматуры, узлов соединений в целях своевременного выявления и оперативной ликвидации протечек технологических растворов.

При прогнозируемом появлении протечек технологических растворов (ремонт запорной арматуры, подъеме погружных насосов, отборе проб из скважин и др.) должны использоваться поддоны для сбора технологических растворов с последующим их переливом в транспортную тару (бочки, фляги) и сливом в отстойники технологических растворов.

При появлении очагов загрязнения грунта технологическими растворами должен быть осуществлен своевременный лабораторный контроль уровней загрязнения. Сроки осуществления контроля должны исключать возможность превышения контрольных уровней радиоактивного и химического загрязнения грунта, установленных действующим санитарными и природоохранными правилами.

При выявлении превышения контрольного уровня ($MЭД > 1\text{мкЗв/ час}$ над естественным фоном, суммарная альфа активность $> 15\text{кБк}$ над естественным фоном, $pH < 7$, содержание сухого остатка $> 0,6\%$ над естественным фоном) должны быть приняты срочные меры по зачистке и удалению загрязненного участка грунта. Грунт, загрязненный по радиологическим показателям выше контрольных уровней, относится к радиоактивным отходам. Обращение с таким грунтом должно осуществляться в соответствии с требованиями [2].

Грунт на всю глубину загрязнения выше контрольного уровня (по суммарной альфа активности) собирается в пластиковые или крафтмешки и складывается на специально выделенной площадке для хранения твердых радиоактивных отходов. Учет отходов по их количеству и удельной активности ведется в специальном журнале.

Срок хранения радиоактивных отходов не должен превышать шести месяцев, после чего отходы должны быть отправлены на специальный, собственный или региональный, пункт захоронения. По согласованию с территориальными органами Госсанэпиднадзора и природоохранных органов допускается захоранивать твердые радиоактивные отходы в

неэксплуатируемых отстойниках технологических растворов или других денудационных пространствах, имеющих гидроизоляцию донной и бортовой поверхностей водоупорными породами или синтетическими материалами. Сроки хранения твердых радиоактивных отходов и их объемы могут быть продлены по согласованию с территориальными органами государственного санитарного и экологического надзора.

Промышленные нерадиоактивные отходы и металлолом, не подлежащий дальнейшему использованию или реализации, должны утилизироваться на полигоне промышленных отходов в соответствии с действующими санитарными правилами.

Внутренняя поверхность железобетонных лотков должна покрываться антикоррозийными материалами, стойкими по отношению к растворам, транспортируемым по этим лоткам.

Должен осуществляться лабораторный контроль состояния воды всех вскрытых горизонтов через сеть наблюдательных скважин. Номенклатура и периодичность исследований должны соответствовать «Регламенту использования наблюдательных скважин за техногенным воздействием на подземные воды». Изменение объема и периодичности лабораторного контроля подземных вод из наблюдательных скважин допускается по согласованию с территориальными органами экологического надзора.

Запрещается сброс технологических растворов предприятий ПСВ и производственно - бытовых сточных вод по рельефу местности.

В процессе эксплуатации предприятия ПСВ урана должен осуществляться систематический мониторинг содержания радионуклидов и вредных химических веществ в выбросах в атмосферу и в приземном слое атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной зоны. В случае превышения ДОА_{нас.} или ПДК на границе санитарно-защитной зоны, аналогичные исследования проводятся на территории ближайшего населенного пункта. Обо всех случаях превышения ДОА_{нас.} администрация предприятия должна информировать территориальные органы власти.

Номенклатура, объем и периодичность радиационного контроля определены отдельным документом, утвержденным Компанией и согласованным с Республиканской санэпидстанцией. Исходя из конкретных условий и возможностей филиала или аффилированного лица, они на основе этого документа разрабатывают для себя объем и периодичность радиационного контроля, согласовав его с территориальными органами Госсанэпиднадзора.

Содержание радионуклидов и вредных химических веществ в вентиляционных выбросах основных производственных и вспомогательных производств не должно превышать ПДВ, утвержденных природоохранными органами. Сбросы хозяйственно-бытовых сточных вод не должны превышать ПДС, утвержденного территориальными природоохранными органами. Содержание радионуклидов и вредных химических веществ в сточных водах не должно превышать ПДК, установленной санитарными нормами и правилами.

Ежегодно администрация предприятий должна получать разрешение территориальных природоохранных органов на загрязнение окружающей среды и соблюдать установленные разрешением квоты.

Транспортировка кислот и десорбата должна осуществляться в герметично закрывающихся емкостях только специализированным автотранспортом, (автоцистернах). Загрязнение наружной поверхности автотранспортных средств и транспортных упаковок не должно превышать допустимые уровни, установленные действующими санитарными правилами и нормами радиационной безопасности. На транспортные средства, применяющиеся для транспортировки радиоактивных материалов и радиоактивных источников, должны быть оформлены санитарные паспорта.

Все транспортные средства, используемые для перевозки технологических жидкостей и растворов, после заполнения должны подвергаться дезактивации на специально выделенных площадках или пунктах дезактивации. Сточные воды,

образующиеся в процессе дезактивации, должны по лоткам или трубопроводам возвращаться в технологический цикл.

В случае возникновения радиационных аварий при перевозке технологической продукции задействуются аварийно-спасательные бригады. Ликвидация аварий осуществляется согласно «Правилам организации работ по ликвидации последствий аварии при перевозке ядерных материалов автомобильным транспортом» ПЛААТ - 99 [7], а при перевозке железнодорожным транспортом - ПЛАЖТ - 99 [8].

Ликвидация радиационных аварий на территории производственных объектов осуществляется в соответствии с утвержденной администрацией филиала инструкцией по радиационной безопасности и ликвидации радиационных аварий.

Расследование всех радиационных аварий осуществляется в соответствии с «Инструкцией по служебному расследованию радиационных аварий и нарушений санитарных и природоохранных правил на предприятиях ЗАО НАК «Казатомпром».

В соответствии с классификацией радиационных объектов по потенциальной опасности, согласно СГТПОРБ-2003, предприятия ПСВ урана относятся к третьей категории.

Работы с технологическими растворами и готовой продукцией на участках переработки продуктивных растворов (УППР) по степени радиационной опасности относятся ко второму классу работ с радиоактивными веществами в открытом виде. Поэтому помещения, технологическое оборудование, технологический процесс и санитарно-техническое обслуживание персонала должны соответствовать требованиям СГТПОРБ-2003 для этого класса работ. Работы с технологическими растворами на территории ГТП относятся к третьему классу работ с радиоактивными веществами в открытом виде.

Основные дозовые пределы облучения персонала и населения не должны превышать значений, изложенных в разделе 3 НРБ-99 «Требования к ограничению техногенного облучения в контролируемых условиях».

Для осуществления оперативного контроля за радиационной обстановкой на предприятиях ПСВ урана устанавливаются, по согласованию с территориальными органами Госсанэпиднадзора, контрольные уровни радиационных параметров.

При установлении контрольных уровней следует исходить из принципа оптимизации с учетом:

- неравномерности радиационного воздействия во времени;
- целесообразности сохранения уже достигнутого уровня радиационного параметра;
- воздействия на данном объекте (ниже допустимого);
- эффективности мероприятий по улучшению радиационной обстановки;

На каждом предприятии ПСВ урана должен осуществляться производственный контроль за радиационной обстановкой и дозами облучения персонала с применением инструментальных измерений и лабораторных методов исследований. Должны быть определены точки и объекты радиационного контроля. Радиационный контроль осуществляется в соответствии с методическими указаниями «Организация радиационного контроля на предприятиях добычи и переработки урана и расчет доз облучения персонала».

Номенклатура и периодичность радиационного контроля должны быть утверждены администрацией предприятия и согласованы с органами государственного санитарного надзора.

Результаты радиационного контроля сопоставляются со значениями пределов доз, установленных нормами радиационной безопасности и контрольными уровнями. Случаи превышения контрольных уровней должны анализироваться администрацией предприятия с принятием мер по их устранению.

Результаты измерений радиационных параметров регистрируются в журналах. Учет и регистрация индивидуальных доз персонала осуществляется в журналах и картах учета

индивидуальных доз в соответствии с «Инструкцией о порядке регистрации и оценки индивидуальных доз облучения персонала, работающего с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений на предприятиях ЗАО НАК «Казатомпром». Карты учета индивидуальных доз хранятся на предприятии в течении 50 лет.

По окончанию смены весь персонал, работающий с радиоактивными веществами в открытом виде, должен пройти санитарную обработку в санпропускнике с последующим дозиметрическим контролем кожных покровов. На входе в санпропускник дозиметрическому контролю подвергается спецодежда. При обнаружении превышения допустимых уровней радиоактивного загрязнения спецодежды она направляется в спецпрачечную на дезактивацию.

Поведение персонала, работающего с радиоактивными материалами, и мероприятия по его защите регламентируется инструкцией по радиационной безопасности, утвержденной администрацией предприятия и согласованной с территориальными органами Госсанэпиднадзора. Инструкция разрабатывается на основе типовой инструкции Компании.

10.4. ЭТАП РЕКУЛЬТИВАЦИИ

По мере отработки отдельных блоков полигонов ПСВ они должны подвергаться рекультивации. Рекультивация осуществляется в соответствии с проектом, утвержденным и согласованным с государственными надзорными органами. Проектная документация на рекультивацию блока, эксплуатация которого заканчивается в течение одного квартала, должна быть готова не позднее, чем за год до вывода блока из эксплуатации.

Экологические требования к составу проекта рекультивации отработанных блоков определяются техническим заданием, выдаваемым проектировщику заказчиков. Помимо технического задания, заказчик выдает проектировщику исходные данные для составления проекта. Проект должен соответствовать требованиям РНД-211.2.01.06-95 «Временные технические инструкции и правила ликвидации полигонов добычи урана способом ПВ» [9], а также «Санитарным правилам проектирования и эксплуатации полигонов подземного выщелачивания» СНП ПВ-99 [10] и «Санитарным правилам ликвидации, консервации и перепрофилирования предприятий по добыче и переработке радиоактивных руд» СП ЛКП -98 [11].

По окончании рекультивации отработанных блоков проводится санитарно-гигиеническое обследование их территории для определения качества рекультивационных работ. Порядок сдачи рекультивированных блоков и передачи земель в хозяйственный оборот изложен в типовом техническом задании на разработку проектов рекультивации.

По окончании рекультивационных работ проводится мониторинг состояния подземных вод в наблюдательных скважинах. Объем и номенклатура исследований определяются «Регламентом использования наблюдательных скважин за техногенным воздействием на подземные воды».

10.5. ОТЧЕТНОСТЬ

Для предприятий НАК «Казатомпром» установлена ежеквартальная и годовая отчетность о состоянии радиационной обстановки, радиационного контроля и охраны окружающей среды. Отчеты представляются по унифицированной форме, приведенной в приложении к разделу 10.

А. ТЕКСТОВЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ К РАЗДЕЛУ 10

ОТЧЕТ

О состоянии радиационного контроля, загрязнения производственной и окружающей среды вредными химическими веществами на предприятиях ЗАО НАК «Казатомпром»

за квартал _____ года _____

(Квартальный отчет представляется до 20 числа каждого месяца, следующего за отчетным периодом. Годовой отчет представляется до 20 января следующего года)

1. Наименование филиала (предприятия) _____
2. Состав филиала _____
(Перечень рудников, предприятий)
3. Сведения об укомплектованности штатов службы РБ и ОС (на конец отчетного периода)

Таблица 10.1

№	Наименование должности	Предусмотрено штатом (кол-во)*	Из них укомплектовано*	Последний срок подготовки (обучения)*
1	Начальник отдела	1	1	2000 г
2	Инженер дозиметрист	2	1	Не проходил
3	Техник дозиметрист	2	2	2001 г
4	Всего	5	4	

* Указанные в этой и всех нижеследующих таблицах числовые значения приведены в качестве примера заполнения таблиц

4. Набор помещений лаборатории РБ и ОС и их площадь:

- Кабинет заведующего _____ кв.м
- Дозиметрическая _____ кв. м
- Спектрометрическая _____ кв. м
- Радиометрическая _____ кв. м
- Радиохимическая _____ кв. м
- Озолительная _____ кв. м
- Комната приема и хранения проб _____ кв. м
- Комната хранения и ремонта приборов _____ кв. м

5. Сведения о наличии приборов радиационного контроля

Таблица 10.2

Наименование прибора	№	Кол - во приборов	Из них в рабочем состоянии	Последний срок гос. проверки
ДКС-97	1	2	2	Июль 2001 г.
СПП-88	2	2	1	Июль 2001 г.

6. Сведения о проведенных измерениях и исследованиях

В соответствии с типовым «Объемом и периодичностью радиационного контроля для предприятий ЗАО НАК «Казатомпром»

Таблица 10.3

№	Вид измерений и исследований	Наличие методики	Используемый прибор	Периодичность выполняемых измерений
1	Измерение МЭД на рабочих местах	имеется	ДКС-96	2 раза в квартал
2	Измерения суммарной альфа активности почвы	имеется	УМФ-200	При обнаружении проливов ГР
3	Измерение ДЖА в воздухе рабочей зоны	имеется	Отсутствует	Не проводится

7. Причины невыполнения отдельных видов исследований

и несоблюдения периодичности, предусмотренной типовой номенклатурой радиационного контроля

8. Наличие свидетельства об аккредитации лаборатории РБ и ОС,

№ свидетельства об аккредитации и срок его действия _____

9. Сведения о радиационных авариях и нарушениях правил и норм РБ:

- Количество зарегистрированных аварий за отчетный период _____
- Количество ликвидированных аварий на конец отчетного периода _____
- Количество зарегистрированных нарушений правил и норм РБ _____
- Из них устранено на конец отчетного периода _____

10. Сведения о радиационной обстановке

Таблица 10.4

Уровни МЭД на рабочих местах

Место проведения измерения	Кол – во измерений	В том числе		Диапазон МЭД мкЗв/час (мин-макс)
		Выше допустимых уровней	Выше контрольных уровней	
На рабочих местах: Всего	1300	2	14	0, 14-24
В том числе: По р-ку ПВ 17	700	0	9	0,16-10
Из них: По УППР	400	0	6	0,16-10
В мех. мастерской	20	0	0	0,14-0,5
На участке ГИС	380	0	3	0Д5-9
По р –ку ПВ19	600	2	5	0,16-24
На территории пром. зоны Всего	800	0	4	0Д4-2
В том числе по р-ку ПВ 17	500	0	2	0,15-1,5
Из них на ГТП	400	0	2	0,15-1,5
На УППР	100	0	0	0,15-0,25
По р –ку ПВ19	300	0	2	0,14-2
Из них на ГТП	250	0	3	0,30-2
На УППР	50	0	0	0,14-0,25
На территории СЗЗ	44	0	0	0,12-0,18
На селитебной территории	28	0	0	0,12-0,14

В таблице приведен не полный перечень мест измерений МЭД. Полный перечень устанавливается отделами РБ и ОС филиалов Компании. При этом сумма числовых

значений, приведенных в строках, должна соответствовать числовому значению строки «всего» для отдельного предприятия, как приведено в табл. 10.5

Таблица 10.5

Уровни радиоактивного загрязнения поверхностей

Место проведения измерений	Число измерений А/Б	В том числе		Диапазон полученных значений	
		Выше ДУ А/Б	Выше контрольных уровней А/Б	Альфа частиц/см ² *мин	Бета частиц/см ² *мин
Поверхность помещений и оборудования	44/26	2/0	2/0	0-254	4-310
Транспортные упаковки	166/166	3/0	3/5	0-4	2-26
Транспортные средства	69/65	0/0	2/0	0-1	2-12
Спецодежда	860/0	5/0	11/0	0-24	0
Руки персонала	1200/0	12/0	22/0	0-4	0

В числителе указывается число измерений загрязнения альфа – излучающими радионуклидами (А), а в знаменателе – бета излучающими радионуклидами (Б).

Таблица 10.6

Состояние воздуха рабочей зоны и атмосферного воздуха

Место проведения измерений	Суммарная альфа активность			ЭРОА района		
	Число измерений	В т.ч. выше ДУ	Диапазон измерений, Бк/м ³	Число измерений	В т.ч. выше ДУ	Диапазон измерений, Бк/м ³
УППР отм. 9.0	4	1	0,1-2	6	0	34-120
Склад ГП	3	2	0,02-1,4	2	1	22-1800
Внешняя граница СЗЗ	3	0	0,01-0,02	0	0	0
Вентиляционные выбросы	2	0	0,01-0,2	2	0	250-1200

Таблица 10.7

Состояние загрязнения подземных вод

Место отбора проб	Число исследованных проб	В т.ч. с превышением ДУ	Диапазон суммарной		Содержание урана, Бк/л	Содержание радия 226, Бк/л
			Альфа активности Бк/л	Бета активности Бк/л		
Блок № 24, законтурные скважины	4	0	0,06-2	0,6-0,9	6	2,4

Допустимые уровни устанавливаются только для вод источников питьевого водоснабжения в соответствии с НРБ-99 (Приложение П2).

Таблица 10.8

Состояние радиоактивного загрязнения почвы

Место отбора проб почвы	Число исследованных проб	В т.ч. выше контрольных уровней	Диапазон МЭД в точках отбора мкР/час	Диапазон суммарной альфа активности, кБк/кг	Диапазон рН
ГТП, участок № 21	6	1	29-140	2,5-16	6-8

Числовые значения уровней МЭД суммарной альфа-активности и кислотного остатка указываются за вычетом фоновых значений.

11. Загрязнения воздуха рабочей зоны и атмосферного воздуха вредными химическими веществами

Таблица 10.9

Содержание сернистого ангидрида (SO₂)

Наименование предприятия	Место отбора проб	Количество исследованных проб	В т.ч. с превышением ДУ	Диапазон измерений, мг/м ³
УППР 1	Отметка В	2	0	0-0,5
УППР 2	Отметка 4.5	5	0	0-0,8
СЗЗ	Внешняя граница	3	0	0-0,1
п. Шиили	ул. Кунаева, д. 3	10	0	0-0,01

Аналогично заполняются таблицы по всем исследуемым вредным химическим веществам (CO₂, NO₃, H₂S и др.).

12. Характеристика выбросов радиоактивных и вредных химических веществ в атмосферу

Таблица 10.10

Предприятие, участок	№ выброса	Контролируемый параметр	Исследовано проб	В т.ч. выше ДУ ВДВ	Диапазон исследований, мг/м ³
УППР1	2	SO ₂	2	1	0,2-6
	2	Суммарная альфа-активность	2	1	0,05-0,8
	3	SO ₂	1	0	0,07
УППР 2	1	Суммарная альфа-активность	1	0	0,02
Всего			6	2	

В таблице указываются все контролируемые параметры, регламентированные утвержденными ПДВ для предприятия.

13. Индивидуальные дозы внешнего облучения персонала

Таблица 10.11

Наименование подразделения	Число контролируемых лиц	Число лиц, получивших за отчетный период дозу внешнего облучения в мЗв			Максимально полученная доза мЗв
		До 5	От 5 до 20	Более 20	
ГТП	5	6	2	-	6,5

Сведения по пунктам 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13 представляются только с годовым отчетом, по остальным пунктам – ежеквартально.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Список литературы к разделу 2, 5.

1. Языков В.Г., Забазнов В.Л., Петров Н.Н., Рогов Е.И., Рогов А.Е. Геотехнология урана на месторождениях Казахстана. Алматы: «Эверо», 2001.
2. Грабовников В.А. Геотехнологические исследования при разведке металлов. М.: «Недра», 1995.
3. Подземное выщелачивание полиэлементных руд / Под редакцией Н.П.Лаверова. М.: Изд. Академии горных наук, 1998.
4. Красников В.И. Основы рациональной методики поисков рудных месторождений. М.: Госгеолтехиздат, 1958.
5. Грабовников В.А. Геотехнологические исследования при разведке металлов. М.: «Недра», 1983.
6. Бровин К.Г., Грабовников В.А., Шумилин М.В., Языков В.Г. Прогноз, поиски, разведка и промышленная оценка месторождений урана для отработки подземным выщелачиванием. Алматы: Гылым, 1997.
7. Справочник по геотехнологии урана. М.: Энергоатомиздат, 1997.
8. Добыча урана методом подземного выщелачивания / Под редакцией Мамилова В.А. М.: Атомиздат, 1980.
9. Толстов Е. А. Физико-химические геотехнологии освоения месторождений урана и золота в Кызылкумском регионе. М.: Изд. Московского государственного университета, 1999.

Список литературы к разделу 3

1. Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям радиоактивных руд. М.: ГКЗ СССР, 1986.
2. Единые правила по охране недр при разработке месторождений полезных ископаемых в Республике Казахстан. Кокшетау: Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды РК, 1999.
3. Положение о порядке ведения государственного баланса запасов полезных ископаемых в республике Казахстан. Утверждено постановлением Правительства РК от 18.10.1996г. (№1287).
4. Инструкция о порядке списания запасов полезных ископаемых с учета добывающих предприятий и государственного баланса. Утверждена Председателем ГКЗ РК 14.12.1995г.
5. Расчет коэффициентов обеспеченности запасами по степени подготовленности при отработке гидрогенных месторождений способом подземного скважинного выщелачивания. Инструкция. ТОО «Горнорудная компания». Утверждена Президентом АО «НАК «Казатомпром». 12.12.05. Введена в действие 01.01.06.

Список литературы к разделу 4

1. Боровский Б. В., Самсонов Б. Г., Язвин Л. С. Методика определения параметров водоносных горизонтов поданным откачек. М.: Недра, 1979.
2. Бочевер Ф.М., Гармонов И.В., Лебедев А.В., Шестаков В.М. Основы гидрогеологических расчетов. М.: Недра, 1969.
3. Керкес Е.Е. Методы изучения фильтрационных свойств горных пород. М.: Недра, 1975.
4. Мироненко В.А. Динамика подземных вод. М.: Недра, 1983.
5. Рекомендации по обработке результатов опытных работ на основе уравнений неустановившегося движения. / Под редакцией Самсонова Б.Г. М.: 1969.
6. Справочное руководство гидрогеолога. Под редакцией проф. Максимова В. М. Л.: Недра, 1979.

7. Солодухин М. А., Архангельский И. В. Справочник техника-геолога по инженерно-геологическим и гидрогеологическим работам. М.: Недра, 1982.
8. Справочник по инженерной геологии. М.: Недра, 1981

Список литературы к разделу 6

1. Инструкция по гамма-каротажу при подготовке к эксплуатации и эксплуатации пластово-инфильтрационных месторождений урана. Министерство энергетики и минеральных ресурсов. Комитет геологии и охраны недр. ЗАО НАК «Казатомпром». ТОО «Институт высоких технологий». Алматы, 2003.
2. Инструкция по каротажу методом мгновенных нейтронов деления при подготовке к эксплуатации и эксплуатации пластово-инфильтрационных месторождений урана. Министерство энергетики и минеральных ресурсов. Комитет геологии и охраны недр. ЗАО НАК «Казатомпром». ТОО «Институт высоких технологий». Алматы, 2003.
3. Инструкция «Определение урана рентгеноспектральным методом». Министерство геологии СССР. ВИМС. НСАМ, 1983.
4. Инструкция «Определение тория в горных породах рентгеноспектральным флуоресцентным методом». Министерство геологии СССР. ВИМС. НСАМ, 1969.
5. Инструкция «Определение радия в горных породах и радиоактивных рудах по интегральному гамма-излучению в комплексе с рентгеноспектральным определением урана и тория Министерство геологии СССР. ВИМС. НСАМ, 1982.

Список литературы к разделу 7

1. ТУ 640 РК-38229886-ЗАО-01 -2000 «Хим. концентрат природного урана. Технические условия». 2000.
2. ТУ 70 00 РК-38229886-ЗАО-2001 «Урана закись-окись. Технические условия». 2001.
3. Архангельский Л.К., Белинская Ф.А. Иониты в химической технологии. М.: «Химия», 1982.
4. Галкин Н.П., Майоров А.А., Верятин У.Д. Технология переработки концентратов урана. М.: Атомиздат, 1959.
5. Кокотов А.Ю., Золотарев П.П., Елькин Г.Э. Теоретические основы ионного обмена. М.: «Химия», 1986.
6. Плановский А.Н., Рам В.М. Процессы и аппараты химической технологии. М.: «Химия», 1968.
7. Шевченко В.Б., Судариков Б.Н. Технология урана. М.: Атомиздат, 1961.

Список литературы к разделу 9, 10

1. СНП ПВ-99. «Санитарные правила проектирования, строительства, эксплуатации, консервации и ликвидации добычных полигонов подземного выщелачивания радиоактивных руд». Алматы, 1999.
2. СПОРО-97 «Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами». Алматы, 1997.
3. НРБ-99. «Нормы радиационной безопасности». Алматы, 1999.
4. СГТПОРБ-2003. «Санитарно-гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности». Астана, 2003.
5. Санитарные правила работы с закрытыми источниками ионизирующих излучений при радиометрическом исследовании разрезов буровых скважин» № 5.01.006-97. Алматы, 1997.
6. СП №5.01.006-97. «Инструкция по служебному расследованию радиационных аварий на предприятиях НАК «Казатомпром». Алматы, 1997.
7. ПЛААТ - 99. «Правила организации работ по ликвидации последствий аварии при перевозке ядерных материалов автомобильным транспортом». Алматы, 1999.

8. ПЛАЖТ - 99. «Правила организации работ по ликвидации последствий аварии при перевозке ядерных материалов железнодорожным транспортом». Алматы, 1999.
9. РНД-211.2.01.06-95 «Временные технические инструкции и правила ликвидации полигонов добычи урана способом ПВ» Алматы, 1995.
10. СНГ. ПВ-99. «Санитарные правила проектирования и эксплуатации полигонов подземного выщелачивания». Алматы, 1999.
11. СП ЛКП-98. «Санитарные правила ликвидации, консервации и перепрофилирования предприятий по добыче и переработке радиоактивных руд». Алматы, 1998.