|  |  |
| --- | --- |
| Курс:  | Геотехнология урана |
| Модуль 5:  | Геотехнологические условия и показатели отработки технологических блоков |

|  |  |
| --- | --- |
| Автор | Носков Михаил Дмитриевич, д.ф.-м.н. |
|  |  |
| Рецензенты |  |
|  |  |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Длительность(рекомендуемая) | 2 часа |
|  |  |
| Главная цель | По окончании изучения темы обучаемый будет иметь общие сведения о геотехнологических условиях и показателях отработки технологических блоков. |
|  |  |
| Промежуточные цели | * Знать основные природные технологические факторы, влияющие на эффективность разработки месторождения урана способом скважинного подземного выщелачивания
* Знать основные параметры технологического блока
* Знать основные геотехнологические показатели работы технологического блока
* Уметь оценивать значения параметров технологического блока, сточки зрения эффективности подземного выщелачивания
 |

**5.1 Геотехнологические параметры и прогнозные геотехнологические расчеты**

Эффективность разработки месторождения урана способом скважинного подземного выщелачивания зависит от комплекса природных и технологических факторов. К природным факторам можно отнести геометрические, гидрогеологические, минералогические и физико-химические характеристики рудного тела и продуктивного горизонта. Технологические факторы включают в себя характеристики схемы вскрытия, режима работы технологических скважин, состава выщелачивающих растворов. Природные и технологические факторы могут быть непосредственно или косвенно измерены и выражены числом, которое называется параметром, соответствующим данному конкретному фактору.

Рассмотрим природные факторы и параметры, от которых зависит эффективность подземного выщелачивания урана.

Параметрами геометрические строения блока (залежи) являются:

* мощность рудовмещающего водоносного горизонта (*M*, м)
* площадь блока или залежи *(S,* м2);
* мощность рудной залежи (*m*, м);
* площадь блока или залежи (*S*, м2);
* глубина залегания залежи (*d*, м);
* глубина залегания кровли пласта (*hк*, м);
* ширина залежи (*W*, м);
* количество ярусов рудного тела (шт).

Гидрогеологическими параметрами рудовмещающего пласта являются:

* коэффициент фильтрации рудовмещающего пласта (*kп,* м/сут);
* коэффициент фильтрации руд (*k****р ,*** м/сут)
* водопроводимость рудовмещающего пласта (*T= kп M,* м 2/сут);
* глубина залегания уровня подземных вод (*hу*, м);
* величина напора подземных вод над кровлей пласта (*H*, м);
* фактические дебиты гидрогеологических скважин при откачках (*Qо,* м3/сут) и нагнетаниях (*Qн*, м3/сут);
* фактические понижения и повышения уровня подземных вод при откачках (*Sо*, м) и нагнетаниях *(Sн,* м).

К минералогическим и физико-химическим параметрам относятся:

* среднее массовое содержание урана в руде (*c, %*);
* доля хорошо растворимых минералов урана, % ;
* степень окисления урана в руде (доля шестивалентного урана), %;
* содержание восстанавливающих соединений во вмещающих породах, % ;
* содержание карбонатов во вмещающих породах, % *СО2;*
* объемная масса руды - масса единицы объема породы в ее естественном состоянии без нару­шения свойственных ей структуры пор и трещин (*ρ*, т/м3);
* окислительно-восстановительный потенциал пластовых вод, (ОВП, мВ);
* общая минерализация пластовых вод - масса содержащихся в воде растворённых твёрдых веществ (*См*, г/л);
* температура пластовых вод, °С.

Рассмотрим технологические факторы и параметры, от которых зависит эффективность подземного выщелачивания урана. В отличие от природных параметров, которые мы не можем изменить, технологическими параметрами можно и нужно управлять, чтобы добиться максимально эффективной разработки месторождения.

К параметрам схемы вскрытия относятся:

* расстояние между откачной и закачной скважинами для ячеистой схемы, м;
* расстояния между рядами, расстояние между скважинами в закачных и откачных рядах для линейной схемы, м;
* интервал посадки фильтра, м;
* средняя площадь технологической ячейки, м2;
* отношение между количеством закачных и откачных скважин.

Параметры режимов работы технологических скважин включают в себя:

* Qз - расход (приёмистость) закачной скважины;
* Qо - дебит откачной скважины;
* назначение скважины откачная или закачная;
* изменение назначения со временем.

Состав выщелачивающих растворов определяется:

* Ск - концентрацией серной кислоты ( водородным показателем pH);
* Со - концентрацией окислителя (окислительно-восстановительным потенциалом (ОВП) Eh).

Существует ещё несколько комбинированных параметров, характеризующих как природные, так и технологические факторы. Примерами таких параметров являются эффективная мощность и горнорудная масса. Эффективной мощностью (*Mэф*, м) называется часть мощности продуктивного горизонта, которая охвачена потоком рабочих растворов. Горнорудной массой (ГРМ) (*mг*, т) называют часть общей массы продуктивного горизонта, которая включает руду и вмещающие породы, вовлекаемые в процесс выщелачивания. Горнорудная масса ячейки, блока или залежи равна произведению объемной массы руды, эффективной мощности, и площади, соответственно ячейки, блока или залежи:

*mг = S ∙ Mэф ∙ρ.* (5.1)

Эффективная мощность и горнорудная масса определяется областью движения рабочих растворов в продуктивном горизонте, которая зависит от интервалов посадки фильтров технологических скважин. Фильтры ставятся таким образом, чтобы отработать необходимые запасы урана, минимизировать охват рабочими растворами пустых пород, а также обеспечить гидродинамическую связность закачных и откачных скважин технологической ячейки.

Первостепенное значение при разработке месторождений урана способом подземного выщелачивания имеют такие параметры, как запас урана и площадная продуктивность. Запасы урана в контуре блока (, т) равны произведению ГРМ блока и среднего содержания урана:

 . (5.2)

Площадной продуктивностью (*ПU* , кг/м2)называют количество урана, приходящееся на единицу площади залежи в плане.

Технологическая эффективность отработки эксплуатационного блока характеризуется геотехнологическими показателями. Основными геотехнологическими показателями отработки запасов урана блока (участка) являются:

* масса добытого урана (*mU* , т)
* степень извлечения урана (*ε*, доля от 0 до 1 или процент);
* время выщелачивания до момента достижения требуемой степени извлечения урана (*tв*, лет);
* средняя концентрация урана в продуктивных растворах (*Сср*, мг/л)
* отношение *Ж/Т (f*) – масса (или объем) рабочего раствора, приходящегося на единицу выщелачиваемой горнорудной массы, которая обеспечивает достижение максимальной (требуемой) степени извлечения урана;
* коэффициент зависимости скорости выщелачивания от скорости фильтрации (*β*).

Расход реагентов описывается следующими показателями:

* масса израсходованной кислоты (*Мк*, т)
* масса израсходованного окислителя (*Мо*, т)
* удельный расход кислоты на извлечение единицы массы урана при максимальной (требуемой, заданной) степени извлечения урана
(*Рк*, кг/кг);
* удельный расход окислителя на извлечение единицы массы урана при максимальной (требуемой, заданной) степени извлечения урана (*Ро*, кг/кг);
* кислотоемкость руды – отношение массы затраченной кислоты, необходимой для достижения максимальной (требуемой) степени извлечения урана, к горнорудной массе, (*R*, кг/т).

Гидродинамическими показателями являются:

* объём выщелачивающих растворов (*Wв.р.*, м3)
* объёмы продуктивных растворов (*Wп.р*., м3)
* расход выщелачивающих растворов (*Qв.р*., м3/час)
* дебит продуктивных растворов (*Qп.р*., м3/час)

Знание геотехнологических параметров позволяет достаточно просто провести прогнозные геотехнологические расчеты.

Масса урана , которую планируется добыть, равна произведению запасов урана в контуре блока на степень извлечения *ε:*

. (5.3)

На Российских предприятиях, добывающих уран способом скважинного подземного выщелачивания, требуемая степень извлечения составляет восемьдесят процентов.

Количество рабочих растворов *Wв.р.*, необходимых для достижения требуемой степени извлечения урана, определяется произведением величины горнорудной массы на соответствующее отношение Ж/Т *(f):*

. (5.4)

Средняя концентрация урана в продуктивных растворах *Сср* рассчитывается как отношение массы урана к объему рабочих растворов :

. (5.5)

Если отношение Ж/Т *(f)*, необходимое для достижения требуемой степени извлечения урана, определено в ходе лабораторных исследований, то при расчете средней концентрации урана необходимо учесть, что часть рабочих растворов будет фильтроваться через породы не содержащие уран. В этом случае средняя концентрация урана будет зависеть от отношения коэффициента фильтрации руд к коэффициенту фильтрации рудовмещающего пласта, (*kр*/*kп)*:

. (5.6)

Масса израсходованной кислоты  может быть определена как произведение массы урана и удельного расхода кислоты:

. (5.7)

Аналогично может быть рассчитана масса  израсходованного окислителя:

. (5.8)

Масса израсходованной кислоты может быть также рассчитана по кислотоемкости пород :

. (5.9)

Прогнозируемое время отработки блока  может быть определено различными способами. Наиболее просто время отработки блока  рассчитывается, как отношение необходимого количества рабочих растворов к суммарному дебиту всех откачных скважин данного блока :

. (5.10)

Другой способ оценки времени отработки блока основан на применении коэффициента зависимости скорости выщелачивания от скорости фильтрации *β*. Время отработки блока равно отношению длины максимальной линии тока  к средней скорости распространения выщелоченной зоны :

. (5.11)

Средняя скорость фильтрации  может быть определена из закона Дарси, как отношение произведения коэффициента фильтрации рудовмещающего пласта  и перепада напора между скважинами () к длине максимальной линии тока:

. (5.12)

Подставляя соотношение (5.11) в выражение (5.10) получим формулу для оценки времени отработки блока :

. (5.13)

Время отработки блока может быть определено на основе экстраполяции данных, полученных в ходе проведения опытно-промышленных геотехнологических исследований:

, (5.14)

где  – характерный размер ячейки; индексы *э*  и *о* относятся к эксплуатации блока и опытным работам, соответственно.

Темп добычи (масса урана, извлекаемого из блока в единицу времени) равняется произведению средней концентрации урана в продуктивных растворах  на суммарный дебит всех откачных скважин данного блока :

. (5.15)

Во многих случаях важно знать не только средние характеристики отработки блоков за весь период эксплуатации, но и временные зависимости степени извлечения и концентрации урана. Для приближенного расчета этих зависимостей могут быть использованы простые эмпирические формулы, описывающие отработку блока. Например, можно считать, что степень извлечения с течением времени стремится к единице (100%) по экспоненциальному закону:

, при , (5.16)

где - время закисления; - характерное время отработки блока.

Зависимость от времени концентрации урана в продуктивных растворах равна производной массы извлеченного урана =*ε*(*t*) по объему продуктивных растворов V (отношению дифференциала массы =*dε*(*t*) к дифференциалу объема=*dt)*:

, при  (5.17)

Формула (5.16) содержит один эмпирический параметр (характерное время отработки блока *τ*) и описывает экспоненциальное снижение концентрации со временем.

На основе технологических параметров отработки блока можно, даже не проводя расчетов, дать оценку эффективности разработки месторождения урана способом подземного выщелачивания. В таблице 5.1 приведена градация технологических параметров с точки зрения эффективности применения подземного выщелачивания.

Таблица 5.1 - Градация технологические параметров с точки зрения эффективности применения подземного выщелачивания

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  ЭффективностьПараметр | Очень эффек-тивно | Эффек-тивно | Менее эффек-тивно | Не эффек-тивно |
| Степень извлечения урана | > 0,8 | 0,8-0,6 | 0,6-0,4 | < 0,4 |
| Отношение Ж/Т при заданной степени извлечения | < 2 | 2-4 | 4-6 | >6 |
| Отношение скорости выщелачивания к скорости фильтрации | >0,75 | 0,75-0,5 | 0,5-0,1 | < 0,1 |
| Удельный расход кислоты  | < 50 | 50-100 | 100-200 | >200 |
| Дебиты откачных скважин, м3/ч | >10 | 5-10 | 1-5 | < 1 |

**5.2 Геотехнологические условия и их влияние на процесс подземного выщелачивания**

Геотехнологическими условиями называют комплекс природных факторов, которые влияют на возможность, ход и результаты геотехнологического процесса. Скважинное подземное выщелачивание включает в себя гидродинамические и физико-химические процессы. Гидродинамические процессы связаны с движением технологических растворов от закачных скважин к рудному телу и от рудного тела к откачным скважинам. Физико-химические процессы участвуют в гетерогенной химической реакции на поверхности раздела жидкой и твердой фаз, с образованием растворимых соединений урана. Все природные факторы можно условно разделить на две группы: влияющие на гидродинамические и физико-химические процессы.

Основное влияние на гидродинамические процессы оказывают геометрические и гидрогеологические характеристики рудного тела и продуктивного горизонта. Оценка их влияния на эффективность выщелачивания приведена в таблицах 5.2 и 5.3.

Таблица 5.2 - Факторы геометрического строения и их влияние на эффективность выщелачивания

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  Оценка влиянияХарактеристика | Очень благо-приятная | Благо-приятная | Менее благо-приятная | Не благо-приятная |
| Мощность продуктивного горизонта | 5 - 10м | 10-20м | 20-30м | > 30м |
| Отношение мощности рудной залежи к мощности рудовмещающего горизонта  | > 0,5 | 0,5-0,2 | 0,2-0,1 | < 0,1 |
| Ширина рудного тела | >200м | 100-200м | 50-100м | < 50м |
| Глубина залегания рудного тела | < 100м | 100-300м | 300-500м | >500м |
| Положение рудного тела в водоносном горизонте  | В базаль-ной части | В нижней части  | В средней части | В верхней части |
| Расположение рудного тела в вертикальном разрезе | Одно-ярусное | Двух-ярусное | Трех-ярусное | Много-ярусное |

Мощность рудовмещающего водоносного горизонта влияет на область движения технологических растворов в продуктивном горизонте. Если мощность большая, то сложно обеспечить равномерность охвата рудного тела выщелачивающими растворами. Следует также отметить, что применение фильтров скважин, большого размера, более десяти метров, как правило, неэффективно, так как начинает работать только какая-то часть фильтра. При маленькой мощности рудовмещающего горизонта сложно обеспечить требуемую производительность технологических скважин. Наиболее благоприятная мощность составляет от пяти до десяти метров. Желательно, чтобы мощность рудного тела была больше половины мощности рудовмещающего горизонта. В противном случае сложно обеспечить движение технологических растворов от закачных скважин к рудному телу и от рудного тела к откачным скважинам. Велика вероятность того, что растворы пройдут мимо рудного тела.

Большая ширина рудной залежи позволяет применять различные ячеистые и рядные схемы вскрытия. Если рудное тело узкое, менее пятидесяти метров, то сложно расположить скважины так, чтобы предотвратить разубоживание продуктивных растворов пластовыми водами и уход технологических растворов за контур блока.

Глубина залегания рудного тела определяет конструкцию технологических скважин, стоимость и сложность их сооружения и эксплуатации. В настоящее время способом скважинного подземного выщелачивания разрабатываются месторождения с глубиной залегания рудного тела не более семисот метров.

Большое значение имеет положение рудного тела в продуктивном горизонте. Выщелачивающие растворы имеют более высокую плотность, по сравнению с пластовыми водами. В результате имеет место их гравитационное опускание. Это явление затрудняет выщелачивание в случае, когда рудное тела расположено в верхней части продуктивного горизонта. Лучше всего, если руда находится в его базальной части, непосредственно над нижним водоупором.

В случае много-ярусного оруднения, в процесс выщелачивания вовлекаются пустые породы, расположенные между рудными пропластками. Это способствует разубоживанию продуктивных растворов и увеличению расхода реагентов. Наиболее благоприятным является одно-ярусное расположение рудного тела в вертикальном разрезе продуктивного горизонта.

Таблица 5.3 - Гидрогеологические факторы и их влияние на эффективность выщелачивания

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  Оценка влиянияХарактеристика | Очень благо-приятная | Благо-приятная | Менее благо-приятная | Не благо-приятная |
| Наличие и состояние водоупоров | Сплошные верхний и нижний водоупоры | Преры-вистый верхний и сплошной нижний водоупор | Преры-вистые верхний и нижний водоупоры | Отсутствие верхнего и нижнего водоупоров |
| Коэффициент фильтрации руд, м/сут | >5 | 2-5 | 0,5-2 | <0,5 |
| Водопроводимость руд, м2/сут | >50 | 50-20 | 20-5 | <5 |
| Коэффициент фильтрационной неоднородности (по площади и в разрезе) | >0,75 | 0,75-0,5 | 0,5-0,25 | <0,25 |
| Глубина залегания уровня подземных вод, м  | <10 | 10-50 | 50-100 | >100 |
| Запасы урана в проницаемыхрудах, % | >80 | 80-60 | 60-40 | <40 |
| Активная пористость руд, % | >30 | 30-20 | 20-10 | <10 |
| Литологический состав руд | Хорошо отсорти-рованные песчано-гравийные отложения  | Отсорти-рованные крупно- и средне-зернистые пески | Неотсортированные мелко- и средне-зернистые пески | Тонко-зернистые алеври-товые пески |
| Доля глинисто-алевритовой части, % | < 10 | 10-20 | 20-30 | >30 |

Сплошные водоупоры ограничивают область движения растворов и не позволяют им пройти мимо рудного тела. Наличие гидравлических окон в водоупорах способствует разубоживанию или растеканию технологических растворов.

Коэффициент фильтрации руд, также как и водопроводимость, влияет на скорость движения выщелачивающих растворов и интенсивность извлечения урана. При коэффициенте фильтрации менее полметра в сутки для поддержания требуемой скорости фильтрации, необходимо создание значительного градиента напора. Это может привести к суффозии, то есть вымыванию мелких частиц из породы фильтрующейся водой. В результате суффозии могут образовываться высоко проницаемые каналы, по которым происходит преимущественное движение растворов, а также возникать механическая кольматация скважин. Эти явления сильно вредят процессу выщелачивания.

Различие фильтрационных свойств разных частей продуктивного горизонта характеризуется коэффициентом фильтрационной неоднородности, который равен доле пород с одинаковым коэффициентом фильтрации. Однородность фильтрационных свойств по площади и в разрезе обеспечивает равномерных охват продуктивного горизонта выщелачивающими растворами. Особенно неблагоприятным для подземного выщелачивания является ситуация, когда оруднение приурочено к слабопроницаемым породам. В этом случае выщелачивающие растворы будут двигаться преимущественно по пустым породам мимо рудных тел.

Глубина залегания уровня подземных вод определяет условия подъёма продуктивного раствора из недр. Глубокое залегание уровня подземных вод затрудняет достижение требуемых дебитов откачных скважин.

Минералы урана могут находиться в рудах с различной проницаемостью. Выщелачивание урана из руд с низкой проницаемостью происходит очень медленно, что существенно ухудшает геотехнологические показатели.

Большая проточная (активная) пористость облегчает доступ реагентов к ураносодержащим минералам и способствует переходу урана в раствор.

Литологический состав руд и доля глинисто-алевритовой фракции определяют величину коэффициента фильтрации руды и рудовмещающей породы. Хорошо отсортированные песчано-гравийные отложения с небольшим содержанием глинисто-алевритовой фракции характеризуются большими значениями коэффициента фильтрации.

Минералогические, химические и физические факторы, влияющие на протекание гетерогенной химической реакции, с оценкой их влияния на эффективность выщелачивания представлены в таблице 5.4[3].

Таблица 5.4 - Минералогические, химические и физические факторы и их влияние на эффективность выщелачивания

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  Оценка влиянияХарактеристика | Очень благо-приятная | Благо-приятная | Менее благо-приятная | Не благо-приятная |
| Продуктивность пласта (масса урана, приходящаяся на квадратный метр), кг/м2 | >5 | 5-3 | 3-1 | <1 |
| Содержание урана в руде, %  | >0,06 | 0,06-0,03 | 0,03-0,01 | <0,01 |
| Доля хорошо растворимых минералов урана, %  | >80 | 80-60 | 60-40 | <40 |
| Степень окисления урана в руде (доля шестивалентного урана), % | >80 | 75-50 | 50-25 | <25 |
| Содержание восста-навливающих соединений во вмещающих породах, %  | <1 | 1-3 | 3-5 | >5 |
| Содержание карбонатов во вмещающих породах, % СО2 | <1 | 1-2 | 2-3 | >3 |
| Температура подземных вод, °С | >30 | 30-15 | 15-4 | <4 |

Продуктивность пласта является одним из основных факторов определяющих величину концентрации урана в продуктивных растворах. Чем выше продуктивность, тем выше темпы добычи урана и меньше удельный расход реагентов. По величине продуктивности выделяют очень бедные, или убогие руды, с продуктивностью менее одного килограмма на квадратный метр, низкопродуктвные, от одного до трёх килограмм на квадратный метр, рядовые, с продуктивностью от трёх до пяти килограмм на квадратный метр, и высокопродуктивные, более пяти килограмм урана на квадратный метр.

Содержание урана в руде, также как и продуктивность, влияет на концентрацию урана в продуктивных растворах. Чем выше содержание урана, тем более благоприятны условия для подземного выщелачивания. Как правило, в отработку включаются руды с содержанием урана более одной сотой процента, то есть более ста грамм урана на тонну руды.

От доли хорошо растворимых минералов урана зависят такие геотехнологические показатели работы эксплуатационного блока, как максимальная степень извлечения и время отработки запасов. Кроме того, для выщелачивания трудно растворимых минералов необходимо поддерживать более высокую концентрацию кислоты в рабочих растворах. В результате возрастает её расход и увеличивается себестоимость добычи. Условия благоприятны, когда доля хорошо растворимых минералов урана превышает шестьдесят процентов.

Степень окисления урана в руде, или доля шестивалентного урана, также влияет на величину концентрации кислоты в рабочих растворах, необходимую для выщелачивания урана. При низкой степени окисления целесообразно повышать содержание кислоты и применять окислители, что приводит к дополнительным затратам.

Высокое содержание во вмещающих породах восстанавливающих веществ, таких как соединения двухвалентного железа или органических остатков, приводят к низкому окислительно-восстановительному потенциалу пластовых вод и высокой степени восстановленности урана в рудах. В этих условиях подземное выщелачивание без применения искусственных окислителей неэффективно.

Высокие содержания карбонатов в рудовмещающих породах приводят к большим затратам кислоты на стадии закисления. Кроме этого увеличивается вероятность газовой и химической кольматации. При содержании карбонатов более трёх процентов применение сернокислотного выщелачивания нецелесообразно.

Высокая температура подземных вод является благоприятным фактором, поскольку способствует увеличению скорости протекания химических реакций. Кроме этого, вязкость жидкости уменьшается с ростом температуры, что приводит к увеличению проницаемости продуктивного горизонта.

Скорость гетерогенной химической реакции также зависит от структуры и текстуры урановых руд. Переход урана в раствор происходит наиболее интенсивно, когда минералы урана приурочены к поверхности открытых пор, омываемых рабочими растворами. Для процесса подземного выщелачивания наиболее благоприятным является случай, когда урановые минералы представляют собой тонкодисперсные оксиды урана и коффиниты, текстура руд эмульсионно-дисперсная. Неблагоприятна ситуация, при которой урановые минералы ассоциированы с глинами, органическим веществом и сульфидами, текстура руд эмульсионная до пятнистой.

Анализ разработки месторождений урана методом скважинного подземного выщелачивания позволяет выявить главные факторы, определяющие эффективность отработки. В таблице 5.5 приводятся эксплуатационные показатели и соответствующие природные факторы, между которыми существует прямая зависимость.

Таблица 5.5 - Эксплуатационные показатели и природные факторы, находящиеся в прямой зависимости

|  |  |
| --- | --- |
| Эксплуатационные показатели  | Природные факторы |
| Средняя концентрация урана в продуктивных растворах, мг/л | Отношение линейного запаса металла к эффективной мощности рудовмещающего пласта, *mc/Mэф* |
| Темп добычи урана, кг/сут | Водопроводимость руд, *T= kр Mэф.* Отношение линейного запаса металла к эффективной мощности рудовмещающего пласта, *mc/Mэф* |
| Затраты реагента | Содержание главных кислотоёмких минералов |

Эксплуатационные показатели отработки блока методом подземного выщелачивания в значительной степени зависят от технологических параметров, таких как схема расположения технологических скважин (ячеистая, рядная, комбинированная); расстояния между рядами и между скважинами в ряду; концентрация кислоты на закислении; концентрация кислоты на стадиях выщелачивания и довыщелачивания; избыточное давление на устье нагнетательных скважин.

**Основные эксплутационные показатели**

**Средняя концентрация урана в продуктивных растворах**

**Производительность по извлекаемому из недр урану**

**Затраты реагента**

**Длительность отработки**

**Эксплутационные показатели сложным образом зависят от комплекса геотехнологических условий и параметров. Однако на современном уровне развития науки количественный прогноз выходных эксплутационных показателей отработки только на основе анализа природных факторов и параметров отработки блока невозможен.**

Эксплуатационные показатели сложным образом зависят от комплекса геотехнологических условий и параметров, и на современном уровне развития науки количественный прогноз геотехнологических показателей отработки только на основе анализа природных факторов и параметров отработки блока невозможен. Для количественного прогноза отработки необходимо иметь эмпирические данные, полученные при опытно-промышленных геотехнологических испытаниях.