

УДК 622.272:622.775

**Б.О. Дуйсебаев, М.П. Копбаева, Е.Н. Панова, Е.К. Смайлов**  
**РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНОГО ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО**  
**КОМПЛЕКСА ПОДЗЕМНОГО СКВАЖИННОГО**  
**ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА ДЛЯ ЛОКАЛЬНЫХ**  
**УЧАСТКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

*Приводится разработка модульного перерабатывающего комплекса урана из продуктивных растворов подземного выщелачивания на основе применения мелкодисперсных ионитов класса В для отдаленных участков месторождений.*

*Ключевые слова: уран, сорбент, кинетика, сорбция, капитальные расходы, ионитовый фильтр, десорбат.*

**В** связи с реализацией задачи увеличения объемов производства природного урана проводятся исследования по сокращению затрат на его добычу и переработку. При проектировании и строительстве новых участков переработки продуктивных растворов (УППР) особое значение имеет сокращение затрат на капитальные расходы. В первую очередь этого можно добиться за счет применения установок, имеющих меньшие габариты по сравнению с используемыми в настоящее время.

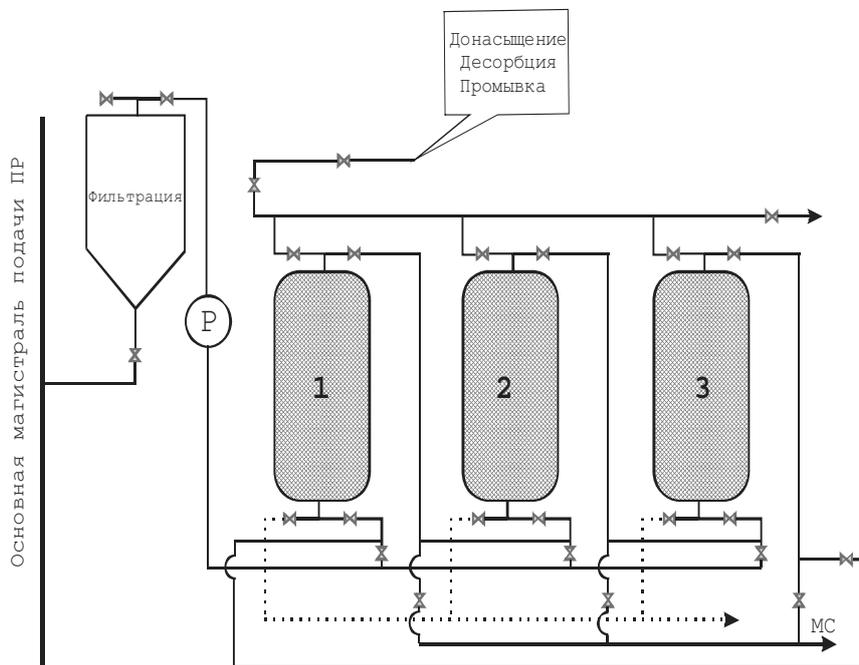
Промышленность изготавливает иониты нескольких классов крупности. На сегодняшний день на УППР находятся в эксплуатации промышленные колонны СНК-3000 и СДК-1500, в которых применяются ионообменные смолы различных марок класса А, имеющие крупность +0,63—2,00 мм. Вместе с тем, можно ожидать, что проведение ионного обмена на ионитах классов Б и В будет обладать некоторыми преимуществами, связанными с улучшением технико-экономических показателей ионообменного производства, интен-

сификацией процессов, уменьшением объема аппаратуры и единовременной загрузки ионита, сокращением капитальных затрат на строительство перерабатывающих комплексов.

Целью данной работы является разработка модульного перерабатывающего комплекса урана из продуктивных растворов подземного выщелачивания на основе применения мелкодисперсных ионитов класса В для отдаленных участков месторождений.

Исследования, проведенные сотрудниками Института высоких технологий (ИВТ) в 2005—2006 гг., показали, что использование мелкодисперсных ионитов приводит к снижению высоты работающего слоя и уменьшению фактора размытия фронта сорбции. Ускоренная кинетика сорбентов мелкого зёрнения позволяет резко интенсифицировать процесс, сократить загрузку смолы и объем колонны в 3—5 раз.

Благодаря высоким кинетическим параметрам сорбентов класса «В» все технологические процессы можно вести в одной колонне без перегрузок



**Рис. 1. Аппаратно-технологическая схема модульной установки**

смолы. Снижение количества сорбента приводит к уменьшению размеров сорбционного оборудования и возможности создания компактных установок, которые могут быть перебазированы на удаленные участки с целью получения богатого десорбата. Это позволит значительно сократить капитальные затраты на строительство участков сорбции на рудниках.

Для расчета технологических параметров модульного комплекса необходимо определить количество ионита и число колонн, обеспечивающих требуемую производительность по раствору с заданной концентрацией урана в растворе.

Так как для сорбента класса В полная динамическая обменная емкость (ПДОЕ) равна динамической обменной емкости (ДОЕ), то сорбцию можно проводить в двух последовательно подключенных колоннах. Время сорбции из ПР превышает сум-

марное время десорбции и регенерации ионита. Следовательно, общее число колонн будет равно 3 (две сорбционные и одна колонна на все другие операции). Причем высота колонн должна незначительно превышать высоту рабочего слоя сорбента.

Все операции технологической схемы проводятся в аппаратах колонного типа в периодическом режиме. Установка состоит из цепочки трех колонн с неподвижным слоем сорбента типа ионитового фильтра, работающей по принципу «блуждающего аппарата» (рисунок). При достижении сбросной концентрации урана в отработанном продуктивном растворе (2—5 мг/л) головную колонну с насыщенным ионитом выводят из сорбционной цепочки и подключают к операциям донасыщения, десорбции и промывки, а в конец сорбционной цепочки подключают колонну с регенерированным сорбентом.

Таблица 1

**Оптимальный технологический режим работы установки**

№	Показатель Процесс	Производ. по раство- ру, л/ч	Время, ч	Содержание урана, г/л	
				Смола по окончании процесса	Раствор на выходе из колонны
1	Сорбция	360	20—24	28—30	0,005
2	Донасыщение	7	3—4	40—45	до 1
3	Десорбция	10	10—12	2—3	16—25
4	Промывка	15	2—3	2—3	до 0,5

Периодичность переключения зависит от кинетических характеристик используемого сорбента.

Для проведения испытаний по извлечению урана из технологических растворов на сорбенты мелкого зерна была разработана укрупнено-лабораторная установка, которая состоит из трех одинаковых ионообменных аппаратов колонного типа. Испытания проводили на сорбенте **Purolite D-4712**. Данная смола по своему гранулометрическому составу относится к классу В (средний размер зерен 0,2—0,4 мм).

Опытно-промышленные испытания состояли из пяти полных циклов сорбционно-десорбционной переработки ПР. Один цикл включал в себя сорбцию, донасыщение и десорбцию всех трех ионообменных колонн. На стадии сорбции постоянно работало две из трех анионообменных колонн, одна из которых работала до ПДОЕ, а вторая, соответственно, до проскока (до ДОЕ). Время насыщения первой колонны в сорбционной цепочке совпадало со временем наступления проскока во второй колонне.

В качестве оптимального режима подачи ПР на сорбцию была выбрана производительность установки по раствору 360 л/ч. Концентрация урана в исходном ПР составляла 65 мг/л. Сорбцию вели до проскока в хвостовой колонне (содержание урана в растворе 5 мг/л). Практически

на всех этапах испытаний это соответствовало времени сорбции 20—25 часов и содержанию урана на выходе из первой колонны в сорбционной цепочке 50—65 мг/л.

Для донасыщения использовали бедную часть товарного десорбата, разбавленного водой. Раствор подавали с удельной нагрузкой 0,5 л/л/ч. Объем раствора, пошедшего на донасыщение, составлял 2—3 объема сорбента (30—40 л). Кислотность донасыщающего раствора после разбавления составляла 15—25 г/л, концентрация урана в растворе 3—5 г/л. Процесс вели до концентрации урана в растворе на выходе из колонны (маточник донасыщения — МД) 1 г/л. Время донасыщения составило 3—4 часа. Для десорбции использовали 20 %-й раствор серной кислоты. Оптимальная удельная нагрузка для проведения десорбции составляет 0,8 л/л/ч.

Таким образом, в ходе испытаний был установлен оптимальный режим для работы модульной сорбционно-десорбционной установки (табл. 1).

В целом, в результате испытаний переработано порядка 100 м<sup>3</sup> урансодержащего технологического раствора и получено около 5,0 кг урана в виде товарного десорбата.

На основании результатов опытно-промышленных испытаний разработан и утвержден технологический регламент модульного перерабаты-

Таблица 2

**Основные рекомендуемые параметры модульного перерабатывающего комплекса производительностью 50 т урана в год**

№	Параметр	Ед. изм.	Значение
1	Сорбционная емкость, А	кг/м <sup>3</sup>	25
2	Производительность по ПР	м <sup>3</sup> /ч	115
3	Производительность по урану	кг/ч	5,7
4	Производительность по сорбенту	м <sup>3</sup> /ч	0,25
5	Объем смолы на сорбцию, при t <sub>c</sub> =20ч	м <sup>3</sup>	5
6	Загрузка смолы в 1 колонну, V <sub>c</sub>	м <sup>3</sup>	5,5
7	С учетом порозности, принимаемый объем 1 колонны, V <sub>к</sub>	м <sup>3</sup>	7
8	Высота рабочего слоя сорбента (при W=40 м/ч, C <sub>сбр</sub> =0,005), Н	м	1,8
9	Принятая высота колонны, h	м	2,5
10	Диаметр колонны, d	м	1,8
11	Линейная скорость подачи ПР, W	м/ч	40
12	Сопротивление слоя сорбента в колонне	атм	8—10
13	Число колонн, n	штук	3
14	Единовременная загрузка сорбента	м <sup>3</sup>	20
15	Ориентировочные затраты на покупку сорбента (при цене за 1 м <sup>3</sup> 3 500 долл.)	Тысяч долл.	70

вающего комплекса (МПК) подземного скважинного выщелачивания урана месторождения «Семизбай».

Технологическая схема модульного перерабатывающего комплекса включает следующие основные операции: подготовка растворов к сорбции; сорбция урана высокоосновным анионитом; донасыщение насыщенного сорбента частью товарного десорбата, разбавленного маточником сорбции; десорбция урана раствором серной кислоты с получением товарного десорбата с содержанием урана в нем более 25 г/л.

Предусматривается создание перерабатывающего комплекса мощностью 115 м<sup>3</sup>/час по продуктивному раствору, состоящего из основной технологической линии переработки продуктивных растворов ПСВ урана и необходимых сооружений вспомогательных служб.

Для удобства монтажа и транспортировки все буферные емкости, технологические линии и вспомогательные службы устанавливаются (монтируются) в стандартные контейнеры.

Модульный передвижной перерабатывающий комплекс включает:

- линию по переработке продуктивных растворов;
- ионообменные аппараты колонного типа — 3 шт;
- вспомогательное емкостное и другое оборудование;
- насосные агрегаты;
- буферные емкости ПР и ВР;
- центральную насосную станцию;
- компрессорную станцию;
- расходный склад серной кислоты;
- помещение экспресс-лаборатории;
- емкость временного хранения твердых слаборадиоактивных отходов (ТРО);

• сооружения вспомогательных служб.

Нормы технологического режима МПК по переработке продуктивных растворов ПСВ урана и получению товарного десорбата производительностью 115 м<sup>3</sup>/час по продуктивному раствору при содержании урана в растворе 60 мг/л представлены в табл. 2.

Таким образом, результаты проведенных исследований показывают перспективность применения ионитов мелкого зёрнения, характеризующихся высокими кинетическими и емкостными характеристиками сорбционно-десорбционных процессов,

для концентрирования урана. Технологическая схема переработки урана на основе сорбентов класса В не должна принципиально отличаться от существующей технологии участка сорбции.

Основные отличия связаны с габаритами сорбционно-десорбционных аппаратов, их техническими характеристиками, одновременной загрузкой сорбента и скоростью протекания процессов. Выбор соответствующего оборудования позволяет создавать на основе мелкодисперсных ионитов высокоэффективные перерабатывающие комплексы. **ГИАБ**

---

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Дуйсебаев Б.О., Копбаева М.П., Панова Е.Н., Смайлов Е.К. — Институт высоких технологий АО НАК «Казатомпром», г. Алматы, Казахстан.



---

#### РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

##### ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА ЗАТРАТ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

(834/08-11 от 24.05.11) 12 с.

Сафонова Эмилия Геннадьевна, кандидат экономических наук, доцент, Российский экономический университет.

*Рассмотрены особенности учета затрат вспомогательных производств. Определен порядок учета затрат вспомогательных производств и исчисления себестоимости оказываемых ими услуг по этапам, а также вопросы учета и исчисления себестоимости вспомогательных производств дифференцированного характера, а именно, энергетических хозяйств, ремонтно-инструментальных участков промышленного предприятия.*

*Ключевые слова: производственные затраты, информационная база, себестоимость продукции, вспомогательные производства.*

##### **Safonova A.G.** THE FEATURES OF THE ACCOUNTING OF COSTS OF AUXILIARY PRODUCTION

*In this article the author discusses the features of cost accounting of subsidiary industries. The procedure for accounting of costs of auxiliary and calculating the cost of services rendered by them in stages, as well as accounting and calculating the cost of auxiliary differential nature, namely, energy farms, repair and instrumental parts of the industrial enterprise.*

*Key words: production costs, information base, production cost, auxiliary production.*