

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАДИОМЕТРИЧЕСКОГО ОБОГАЩЕНИЯ УРАНОВЫХ РУД РЕЗЕРВНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЭЛЬКОНСКОГО УРАНОВОРУДНОГО РАЙОНА

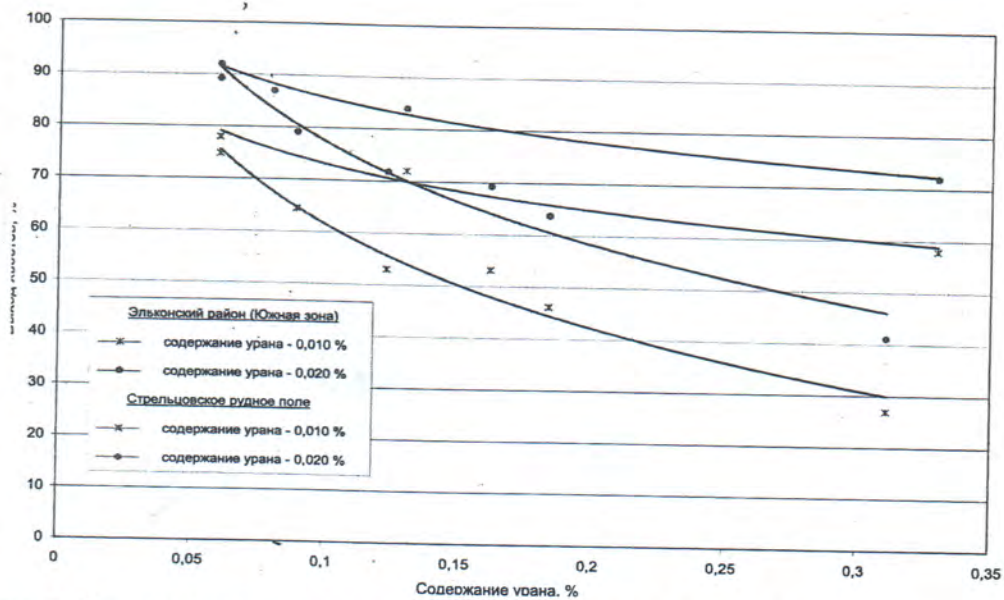
*В.В.Шаталов, В.А.Болдырев, Н.И.Асонова,
И.Г.Балакина, М.Е.Наумов, И.В.Воеводин
ФГУП «ВНИИ химической технологии»*

Исследования по радиометрическому обогащению руд Эльконского района проводились в 1960-80-х гг., затем возобновились с 2000 г. Была изучена обогатимость 24 рудных проб массой от 107 кг до 84 т [1-7]. Большинство проб (18 шт.) отобрано с четырех участков зоны Южной: Эльконское плато, Дружный, Курунг и Элькон. Пробы, изученные в 1960-80-х гг., были отобраны из разведочных горных выработок, а в 2000-2004 гг. — из отвалов разведочных выработок.

Оценка гранулометрического состава руд проводилась по результатам грохочения крупнотоннажных проб, т.к. остальные пробы не являются с этой точки зрения представительными. Выход сортируемых классов (-200+25 мм) составляет 47,7%, эти классы незначительно обогащены ураном, т.е. распределение урана по классам крупности близко равномерному. Как отмечалось, пробы были отобраны в процессе геологоразведочных работ. При переходе к промышленной эксплуатации месторождений средний выход сортируемых классов увеличится приблизительно до 53 — 55 %.

Руды четырех участков зоны Южной имеют близкие характеристики контрастности, являются, в основном, среднеконтрастными. Обогатимость определяется содержанием урана в исходной руде и, соответственно, в сортируемых классах крупности.

Представляет интерес сравнение уровней обогатимости урано-руд Эльконского района (ЭР) и Стрельцовского рудного поля (СРП). Руды ЭР являются менее контрастными, чем руды СРП: средние значения показателя контрастности составляют, соответственно, 1,23 и отн.ед. В зависимости от исходного содержания урана руды СРП относятся в основном к категории легко- и среднеобогатимых, а руды ЭР — к средне- и труднообогатимым радиометрическим методом. Как следует из усредненных данных обогатимости руд, представленных на ри-



ис. 1. Зависимости теоретического выхода хвостов от содержания урана в ортурируемых классах руд Эльконского района (Южная зона) и Стрельцовского рудного поля

ри содержании 0,12–0,15% урана в сортируемом классе теоретический выход хвостов с содержанием 0,02 % урана составляет для руд СРП 0–85 %, а для руд ЭР – 65–75 %. Следовательно, для успешного обогащения руд Эльконского района требуются более жесткие и эффективные условия и режимы сепарации, чем для руд Стрельцовского рудного поля.

Сепарация руд проводилась в 1960–80-е гг. в полупромышленных условиях опытного завода ВНИИХТ на ленточных одностадиальных сепараторах типа РС-2 и Памир с выделением двух продуктов (концентрата и хвостов). Эффективность выделения хвостов была невысокой, 71–78%. 2000–2007 гг. сепарация руд проводилась на опытной обогатительной станровке ФГУП «ВНИИХТ», включающей современное рудосепарационное оборудование. Промышленный вариант сепаратора УАС-50, входящий в состав установки, предназначен для трехстадиальной сепарации руды крупностью -50... +25 мм с выделением четырех продуктов: отвальных хвостов и трех концентратов с различным содержанием урана.

В табл. 1 представлены результаты сепарации наиболее труднообогащаемого класса -50...+25 мм на сепараторе УАС-50. Из них следует, что лучшие показатели зависят от содержания урана в сепарируемой руде и степени ее обогащенности. Эффективность выделения хвостов из мелко- и среднеобогащаемых руд с содержанием менее 0,20% урана (проц. ЭЛ-1, ВТ-2 и ДТ) высокая и составляет 82–93 %. При сепарации трудно-

Таблиц

**Результаты сепарации класса -50...+25 мм руд зоны Южной
на сепараторе УАС-50, %**

Участок (место- рождение)	Марка пробы	Продукты	Выход	Содержа- ние урана	Извлечение урана	Эффе- тивнос
Элькон	ЭЛ-1	Общий концентрат	33,6	0,177	89,9	93
		Хвосты	66,4	0,010	10,1	
		Исходный класс	100,0	0,066	100,0	
Курунг	ВТ-2	Общий концентрат	48,0	0,287	93,0	88
		Хвосты	52,0	0,020	7,0	
		Исходный класс	100,0	0,148	100,0	
Эльконское плато	ВТ-1	Общий концентрат	65,2	0,430	97,3	76
		Хвосты	34,8	0,022	2,7	
		Исходный класс	100,0	0,288	100,0	
	ВТ-3	Общий концентрат	77,2	0,485	98,5	66
		Хвосты	22,8	0,025	1,5	
		Исходный класс	100,0	0,380	100,0	
	Т-3	Общий концентрат	43,4	0,346	93,6	87
		Хвосты	56,6	0,018	6,4	
		Исходный класс	100,0	0,160	100,0	
Дружный	ДТ	Общий концентрат	51,7	0,167	91,4	88
		Хвосты	48,3	0,017	8,6	
		Исходный класс	100,0	0,095	100,0	

нообогатимых руд, содержащих 0,3–0,4 % урана (пробы ВТ-1 и ВТ-3) эффективность получения хвостов снижается до 76–66 %.

В последнее время появились сторонники использования для сепарации урановых руд рентгенорадиометрического (РРМ) метода. В 2006 г. на предприятии ОАО «ППГХО» была восстановлена и puesta в эксплуатацию РОФ на основе применения рентгенорадиометрических сепараторов типа СРФ производства ООО «РАДОС». Ранее этот метод не рассматривался специалистами как возможный для обогащения естественно радиоактивных руд. Основным недостатком рентгенорадиометрического (РМ) метода считается возможность нарушения радиоактивного равновесия между ураном и радием. Однако по имею-

данным руды большинства урановых месторождений в целом являются равновесными. Кроме того, разработаны и успешно применяются с 50-х гг. прошлого столетия несложные методики радиометрических измерений с учетом неравновесности руд и их эманирования путем введения соответствующих поправок.

Рентгенорадиометрический метод сепарации имеет более существенные недостатки, основными из которых являются:

- необходимость использования источников первичного излучения для облучения потока руды;
- низкая проникающая способность первичного рентгеновского излучения (около 1 мм), что отрицательно сказывается на результатах сепарации из-за неравномерного распределения урановой минерализации в объеме рудных кусков;
- наличие мешающих излучений: характеристического излучения элементов, сопутствующих урану в руде (рубий, стронций, иттрий, ниобий, молибден), а также мягкой части бета-излучения уранового ряда.

Сравнение результатов работы восстановленной на базе рентгенорадиометрических сепараторов СРФ РОФ предприятия ОАО «ППГХО» за первый квартал 2007 г. с результатами сепарации аналогичного класса крупности на сепараторах «Гранат» старой РОФ за 1989 г. показывает преимущество радиометрического метода. При примерно равном выходе хвостов (около 65%) содержание урана в хвостах сепараторов «Гранат» было 0,011%, а в хвостах сепараторов СРФ — 0,017 %, т.е. в 1,5 раза выше.

Сравнительные испытания РМ и РРМ методов были проведены на классе крупности $-50...+25$ мм технологической пробы Т-3 руды Эльконского района. Сепарация осуществлялась на радиометрическом и рентгенорадиометрическом ручьях сепаратора УАС-50 опытного стенда ВНИИХТ. В сопоставимых условиях при одинаковом выходе хвостов (около 56% от класса) содержание урана в хвостах РМ сепарации составило 0,019%, а в хвостах РРМ сепарации — 0,039% , т.е. в два раза выше (табл. 2).

Таким образом, для успешного обогащения урановых руд Эльконского района необходимо использование радиометрического метода сепарации (по естественной радиоактивности) и, соответственно, радиометрического варианта сепараторов УАС, разработанных во ФГУП «ВНИИХТ». Основные преимущества сепараторов УАС по сравнению с сепараторами СРФ заключаются в следующем:

- возможность обогащения любых типов урановых руд, в т.ч. труднообогатимых и богатых;
- более высокая производительность;

Таблица

**Результаты сепарации руды пробы Т-3 радиометрическим
и рентгенорадиометрическим методами на сепараторе УАС-50,%**

Продукты	Выход от класса	Содержание урана	Извлечение урана	Эффективности выделения хвостов
Радиометрическая сепарация				
Концентрат	44,2	0,372	93,9	90
Хвосты	55,8	0,019	6,1	
Исходный класс	100,0	0,175	100,0	
Рентгенорадиометрическая сепарация				
Концентрат	44,0	0,348	87,5	73
Хвосты	56,0	0,039	12,5	
Исходный класс	100,0	0,175	100,0	

– возможность получения 3–4-х продуктов с различным содержанием урана;

– стабильность скорости и траектории кусков;

– учет эффекта подсветки;

– высокая эффективность сепарации – 80÷90%.

Сепараторы УАС -50 были успешно внедрены на РОФ «Восток» конце 80 гг. и эксплуатировались около года (до остановки РОФ). В последние годы в г.Желтые Воды на Украине на трех РОФ успешно эксплуатируются сепараторы «Уранит» и «Азурит», близкие по конструкции сепараторам УАС.

Основные базовые варианты технологической схемы РМ обогащения урановых руд Эльконского района с ожидаемыми показателями приведены на рис. 2 и 3.

По первому варианту технологической схемы предусматривается выделение отвальных хвостов и получение товарного продукта, состоящего из концентрата радиометрической сепарации и несортируемого класса -25...+0 мм.

По второму варианту технологической схемы предусматривается деление отвальных хвостов, получение богатого концентрата радиометрической сепарации и товарного продукта, состоящего из промпродукта радиометрической сепарации и несортируемого класса -25...+0 мм.

По вариантам I и II ожидаемый выход хвостов составляет 36,6%. Тери урана с хвостами – 5,6%. По варианту I ожидаемое содержа-

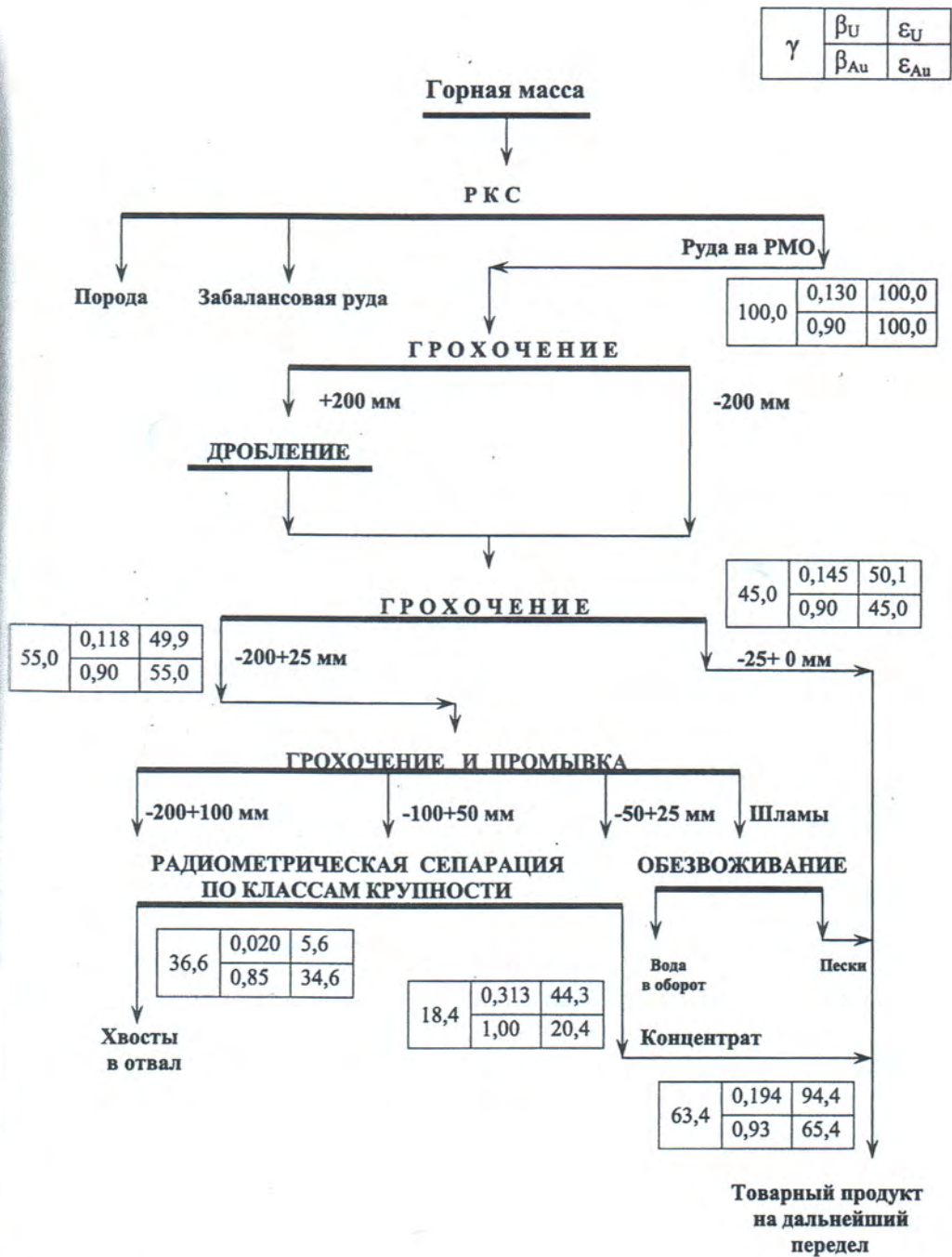


Рис. 2. Технологическая схема радиометрического обогащения руды (Вариант I)

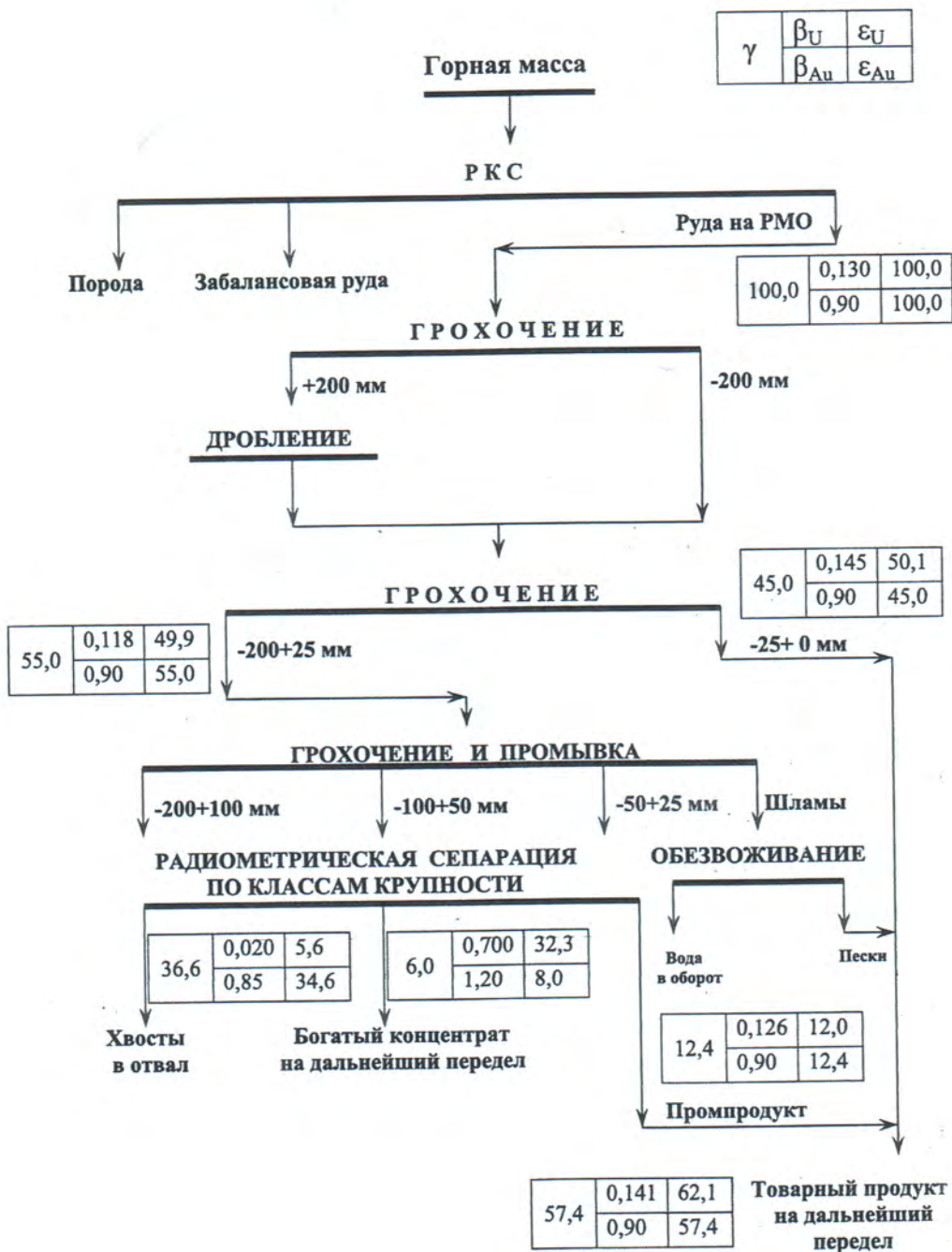


Рис. 3. Технологическая схема радиометрического обогащения руды (Вариант II)

урана в товарном продукте составляет 0,194% при извлечении 94,4%. По варианту II товарный продукт содержит 0,141% урана. Выход богатого концентрата с содержанием урана 0,7% составляет 6,0% при извлечении 32,3%.

На основании изложенного сделаны следующие основные выводы:

1. Использование рентгенорадиометрического метода сепарации для обогащения урановых руд нецелесообразно в связи с малой степенью проникновения рентгеновского излучения, нарушением соответствия между содержанием урана в кусках и величиной разделительного признака и, как следствие, невозможностью получения требуемых технологических показателей при сепарации.

2. Для успешного обогащения урановых руд Эльконского района необходимо применение радиометрического метода при соблюдении жестких условий сепарации: стабилизации скорости и траектории кусков руды, учета эффекта подсветки, трехстадиального режима. Все эти условия обеспечивают ленточные сепараторы типа УАС, позволяющие с высокой эффективностью выделять отвальные хвосты, концентраты разного качества и промпродукты для кучного выщелачивания.

3. Исследования необходимо продолжить в следующих направлениях:

- изучение обогатимости и разработка технологии радиометрического обогащения урановых руд новых резервных месторождений;
- поиск способов дальнейшего повышения эффективности процесса сепарации;
- разработка технологии покусковой рудосепарации мелких классов крупности с целью снижения границы сортируемых классов до 15 (20) мм;
- подготовка исходных данных, проектирование и создание опытной рудосепарационной установки для проведения испытаний технологии радиометрического обогащения на многотоннажных пробах непосредственно на промплощадке месторождений Эльконского района.

Литература

1. Ласкорин Б.Н., Горшков А.И. и др. Разработка технологической схемы комплексного извлечения ценных компонентов из руд Алданского рудного поля: Отчет/ВНИИХТ, 1972. Арх. № 4235.
2. Алхазашвили Г.М. и др. Разработка технологической схемы комплексного извлечения ценных компонентов из руд Алданского рудного поля: Отчет/ВНИИХТ, 1976. Арх. № 1/С-НД – 5382.