

УДК 622.7

ГРАВИТАЦИОННОЕ ОБОГАЩЕНИЕ ШЕЛЬФОВЫХ ФОСФОРИТОВ НАМИБИИ

**В. И. Белобородов, Г. П. Андронов, И. Б. Захарова,
Н. М. Филимонова, Е. Д. Рухленко**

*Горный институт КНЦ РАН,
ул. Ферсмана, 24, 184209, г. Апатиты, Россия*

Представлены результаты исследований по обогащению шельфовых фосфоритов Намибии. Предложены варианты технологических схем гравитационного обогащения проб фосфоритов, имеющих различный химический и гранулометрический состав. Получен фосфатный концентрат с содержанием 27 % P_2O_5 при извлечении 81.2 % P_2O_5 .

Фосфориты, гравитационное обогащение, концентрационный стол, фосфатный концентрат

Месторождения фосфатов на морском шельфе у берегов Африки были открыты в конце XVIII в. Содержание P_2O_5 в рудах колеблется от 10 до 30 %. Технологические испытания морских фосфатов, проведенные в ряде стран (ЮАР, США, Новая Зеландия, Россия), показали, что они обладают высокими агрохимическими качествами и могут быть использованы в качестве удобрения — фосфатной муки, а также для производства суперфосфата, аммофоса, фосфорной кислоты и кормовых фосфатов [1 – 7].

В настоящее время ведутся проектные работы по освоению запасов морских фосфатов у берегов Намибии.

Начальная стадия исследований на обогатимость фосфоритов состояла в применении методов магнитной сепарации, флотации и стадийного измельчения с последующим обесшламливанием. Максимально высокое содержание 27.0 % P_2O_5 в фосфатном концентрате получено с использованием флотационного метода, при этом извлечение P_2O_5 в концентрат составило 50.7 % [8].

Анализ удельного веса материала, присутствующего в пробах фосфоритов, а также изучение формы частиц фосфатных зерен дало основание для проведения экспериментов по разделению фосфоритов гравитационными методами обогащения.

Исследования по гравитационному обогащению проведены на двух пробах фосфоритов Намибии (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1. Содержание химических компонентов в пробах, %

Проба	P_2O_5	CO_2	SiO_2
1	23.95	8.20	7.46
2	18.16	13.86	9.95

Более низкое содержание P_2O_5 в пробе 2 относительно пробы 1 связано с наличием в “верхних” классах крупности +5.0 мм створок и раковин моллюсков. Крупность пробы 1 составляет менее 1.0 мм.

Фосфатный материал проб представлен в основном фосфатными зернами и в меньшей степени фосфатизированными костными остатками и стяжениями. Выделяются три вида фосфатных зерен: круглые — шарообразной формы; плоские — овальной формы; зерна неправильной формы с бугристой, шероховатой поверхностью. Зерна имеют темный, почти черный цвет, преимущественно глянцевую ровную блестящую поверхность, реже шероховатую. Нефосфатная часть проб сложена биогенными, терригенными и хемогенными компонентами. Ниже приведен вещественный состав пробы 1, вес. %:

Фосфатный материал	75–78
Нефосфатный материал:	
биогенный	18–20
терригенный	3–4
хемогенный	1.5–3

На рис. 1 показана технологическая схема по выделению фосфатного концентрата гравитационным методом. Схема включает обогащение на винтовом сепараторе с выделением черного концентрата, промпродукта и отвальных хвостов.

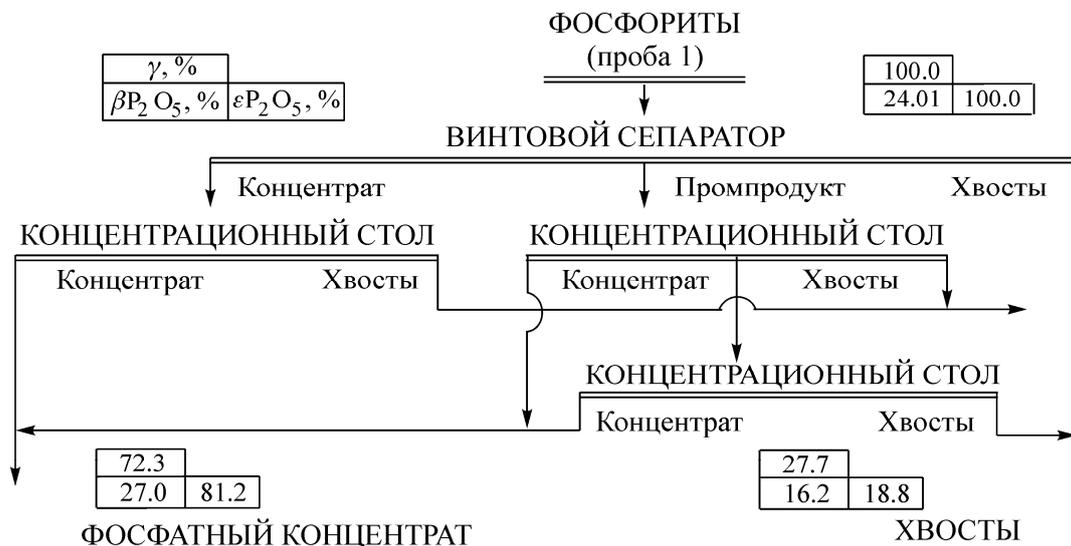


Рис. 1. Схема обогащения пробы 1

Концентрат и промпродукт винтового сепаратора направляются на концентрационные столы. В результате гравитационного обогащения из пробы 1 получен фосфатный концентрат с содержанием 27% P_2O_5 при извлечении 81.2% и выходе 72.3%. Содержание P_2O_5 в хвостах составляет 16.2%. Характеристика фосфатного гравитационного концентрата приведена в табл. 2 и 3.

С хвостами винтового сепаратора и концентрационных столов выводится основная часть карбонатсодержащих минералов. При этом в хвостах винтового сепаратора преобладают удлиненные остроугольные обломки раковин гастропод и кораллов, а в хвостах концентрационных столов — уплощенно-округлые раковины фораминифер. Основные потери фосфора связаны с мелкими фосфатными зернами (рис. 2).

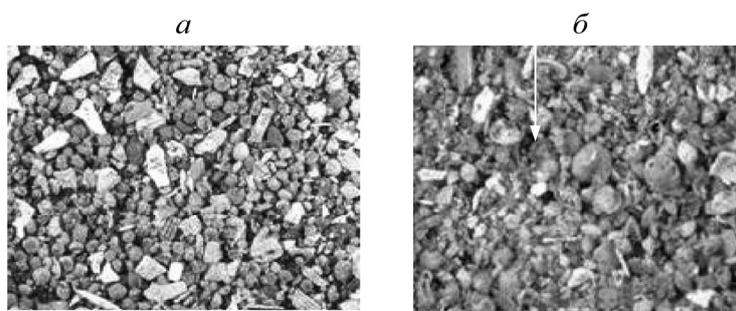
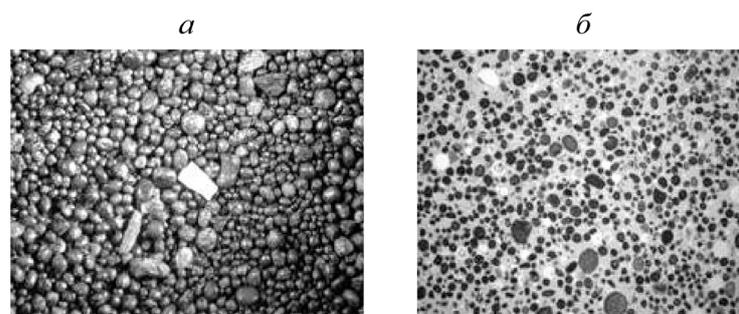
На рис. 3а представлен общий вид гравитационного концентрата, а на рис. 3б — концентрата в искусственном шлифе. Фосфатный концентрат состоит преимущественно из зернистого материала. Основными примесями являются обломки раковин и зерна терригенных минералов, в основном кварца.

ТАБЛИЦА 2. Гранулометрический состав фосфатного концентрата

Класс крупности, мм	Выход, %	Содержание P ₂ O ₅ , %	Извлечение P ₂ O ₅ , %
+ 0,4	4.7	28.07	4.9
– 0.4 + 0.315	11.3	28.11	11.7
– 0.315 + 0.2	43.5	27.70	44.4
– 0.2 + 0.16	26.7	27.08	26.7
– 0.16 + 0.1	11.8	25.31	11.0
– 0.1 + 0.071	1.7	18.75	1.2
– 0.071	0.3	6.44	0.1
Итого	100.0	27.10	100.0

ТАБЛИЦА 3. Химический состав фосфатного концентрата

Содержание, %								
P ₂ O ₅	CO ₂	Fe _{общ.}	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃
27.0	4.89	2.78	1.19	40.9	0.11	0.18	8.52	1.99

Рис. 2. Общий вид хвостов: *a* — винтового сепаратора; *б* — концентрационного столаРис. 3. Гравитационный концентрат (*a*) ($\times 30$); концентрат концентрационного стола в искусственном шлифе (*б*) ($\times 20$)

Отличительной особенностью гравитационной схемы обогащения пробы 2 фосфоритов является предварительная классификация руды (рис. 4). В результате из процесса в хвосты выводятся граничные классы крупности +0.63 и –0.1 мм (рис. 5) с низким содержанием P₂O₅ — 4.36 и 9.11 % соответственно. В питание винтового сепаратора содержание P₂O₅ повышается до 24.2 %. После обогащения пробы 2 фосфоритов по гравитационной схеме получен фосфатный концентрат с содержанием 27.2 % P₂O₅ при извлечении 80.0 %, выход которого составил 53.6%. Выход общих хвостов гравитации равен 46.4 % при содержании 7.85 % P₂O₅ (см. рис. 4). Общий вид продуктов гравитационного обогащения и питания гравитации представлен на рис. 6.



Рис. 4. Схема обогащения пробы 2



Рис. 5. Створки и раковины малюсков в классе крупности + 0.63 мм



Рис. 6. Продукты гравитационного обогащения фосфоритов: 1 — питание гравитационного цикла; 2 — фосфатный концентрат; 3 — отвальный продукт (хвосты гравитации)

Запасы пентоксида фосфора на прибрежных шельфах континентов составляют около 20–25 млрд т [1]. Освоение донных океанических месторождений полезных ископаемых — металлосодержащих минералов — начато в конце XX в. Возможность отработки морских фосфоритов, ввиду высокой себестоимости, рассматривалась теоретически. В последнее десятилетие сокращение запасов фосфорсодержащих руд (богатых и рентабельных месторождений) и в то же время увеличение спроса на фосфаты привели к росту цен, что позволило рассматривать морские фосфориты как реальное сырье.

По оценке австралийской компании “Bonaparte Diamond Mines NL”, значительные запасы шельфовых фосфоритов Намибии находятся на глубине 100–250 м, что дает возможность вести их добычу с использованием современных морских технологий (рис. 7).

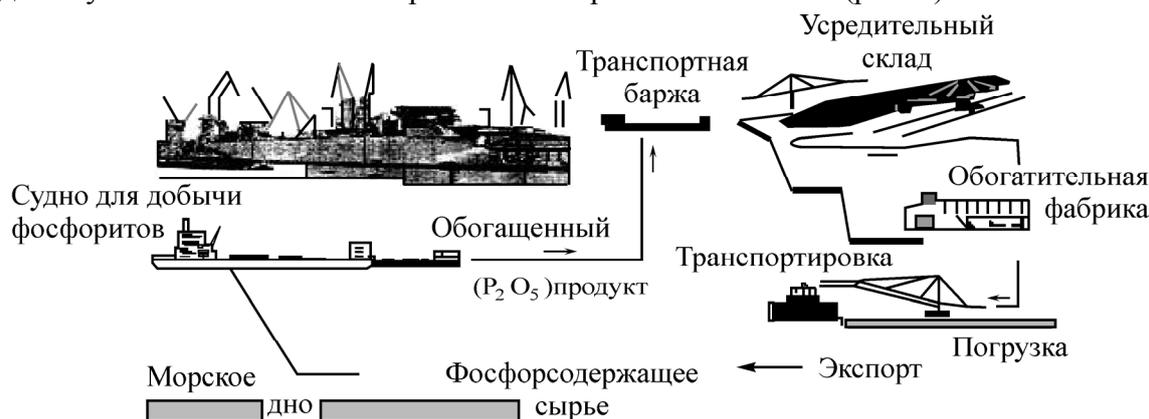


Рис. 7. Схема добычи и обогащения шельфовых фосфоритов

В ближайшее время планируется осуществить ввод в эксплуатацию месторождения с выпуском 3 млн т фосфатного концентрата при помощи специализированных морских судов.

ВЫВОДЫ

Приведены исследования по обогащению фосфоритов Намибии с помощью гравитационных методов. Получен фосфатный концентрат с содержанием 27 % P_2O_5 при извлечении 81.2 % P_2O_5 , выход которого составил 72.3 %. Обогащение с использованием гравитационного оборудования является наиболее экономически целесообразным способом по сравнению с магнитным и флотационным методами обогащения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батури Г. Н. Фосфатонакопление в океане. — М.: Наука, 2004.
2. Айнемер А. И., Коншин Г. И. Россыпи шельфовых зон Мирового океана. — М.: Недра, 1982.
3. Лисицин А. П., Богданов Ю. А., Гурвин Е. Г. Гидротермальные образования рифтовых зон океана. — М.: Недра, 1990.
4. Батури Г. Н., Жегалло Е. А., Исаева А. Б. Формирование фосфатных зерен в осадках шельфа Намибии // Океанология.— 1998. — Т. 38. — № 2.
5. Батури Г. Н. Фосфориты на дне океана. — М.: Наука, 1978.
6. Батури Г. Н. Цикл фосфора в океане // Литология полезных ископаемых. — 2003. — № 2.
7. Батури Г. Н. Желваковая фракция фосфатных песков шельфа Намибии // Литология полезных ископаемых. — 2002. — № 1.
8. Белобородов В. И., Захарова И. Б., Рухленко Е. Д., Филимонова Н. М., Андронов Г. П. Исследование вещественного состава и обогатимости фосфоритов Намибии // Обогащение руд. — 2011. — № 2.

Поступила в редакцию 21/V 2012