

ное нами для гидромагнезита уравнение карбонатного равновесия (8) является правильным и хорошо описывает реальное образование гидромагнезита в природе путем химического осаждения из щелочных водных растворов, обогащенных ионами  $Mg^{2+}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $OH^-$ .

Расчеты по уравнению (5) показывают, что в условиях равновесия реакции (4) уже при  $pH \leq 8$  количество образующихся ионов  $Mg^{2+}$  при гидролизе серпентина вполне достаточно для осаждения гидромагнезита, что видно из табл. 1 и рисунка, а достаточное для осаждения гидромагнезита количество образующихся ионов  $HCO_3^-$  достигается при  $pH \leq 8$ . Так как в зоне гипергенеза сверху вниз уменьшается кислотность и возрастает щелочность, значит растет  $pH$ , то основным поставщиком ионов  $Mg^{2+}$  и  $HCO_3^-$  при химическом выветривании серпентинитов являются верхние горизонты зон выветривания этих пород. Однако в этих зонах не хватает щелочности для образования гидромагнезита. Достаточная для образования гидромагнезита щелочность ( $pH > 9,27$ ) может достигаться в воде средних и нижних горизонтов зон гипергенеза серпентинитов, т.к. сюда просачиваются сверху воды, обедненные ионами  $H^+$  (которые израсходовались на гидролиз серпентинитовых минералов) и обогащенные щелочными ионами  $Mg^{2+}$ , что смещает ионное произведение воды в направлении увеличения концентрации ионов  $OH^-$  и увеличивает щелочность грунтовых вод. Поэтому при достижении необходимой щелочности ( $pH > 9,27$ ) уже на средних и нижних горизонтах зоны гипергенеза серпентинитов будет осажаться гидромагнезит в трещиноватых зонах просачивания гипергенных вод, а также в зонах повышенной трещи-

новатости, в зонах скопления гипергенных вод. Поэтому гидромагнезитовые залежи в зонах гипергенеза представлены небольшими жилами, прожилками, гнездами, линзами. Эти залежи могут достигать и значительных размеров, иметь промышленное значение. Также они свидетельствуют о наличии мощных, хорошо развитых зонах гипергенеза, которые способны поставлять в зоны седиментации большое количество  $Mg^{2+}$  и давать крупные залежи хемогенного осадочного гидромагнезита. Поэтому наличие зон магнезиальной карбонатизации в корях выветривания серпентинитов может служить хорошим типоморфным поисковым признаком на хемогенные осадочные гидромагнезиты в прилегающих бассейнах седиментации [3]. Более того, зоны магнезиальной карбонатизации в корях выветривания при их денудации могут служить источником терригенного гидромагнезита, накопление которого на путях водной миграции и в бассейнах седиментации могут создавать кластогенные и хемокластогенные залежи гидромагнезита в реках и прилегающих озерах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Борисов, М.В. Термодинамика геохимических процессов / М.В. Борисов, Ю.В. Шваров. — М.: Изд-во МГУ, 1992. — 256 с.
2. Булах, А.Г. Методы термодинамики в минералогии / А.Г. Булах. — Л.: Изд-во Недр, 1968. — 176 с.
3. Щербакова, Т.А. Гидромагнезит — новый вид магнезиального сырья в России / Т.А. Щербакова, П.П. Сенаторов, А.И. Шевелев // Бюллетень научно-технической и экономической информации «Черная металлургия». — Вып. 3 (1383). — 2015. — С. 80–85.

© Щербакова Т.А., Бахтин А.И., Шевелев А.И., 2018

Щербакова Татьяна Анатольевна // root@geolnerud.net

Бахтин Анатолий Иосифович

Шевелев Анатолий Иванович // root@geolnerud.net

## ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 552.068.57:622.7

Левченко Е.Н.<sup>1</sup>, Галкин М.В.<sup>2</sup>, Матвиенко С.Ю.<sup>2,1</sup>  
(1 — ФГБУ «ИМГРЭ», 2 — ООО «С.Б.К. ПРО.», Тюмень)

### ГЛУБИНА ПЕРЕРАБОТКИ И КОМПЛЕКСНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ — ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВОЕНИЯ РЕДКОМЕТАЛЛЬНО-ТИТАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Рассмотрены пути повышения инвестиционной привлекательности россыпных редкометалльно-титановых месторождений с низким качеством рудных песков. На примере месторождения Стеглянка рассмотрены возможности переработки минеральных рудных концентратов с получением высоколиквидной конечной продукции. **Ключевые слова:** редкометалльно-титановые россыпи, минералогические исследования, технологические испытания, ферросплавы.

Levchenko E.N.<sup>1</sup>, Galkin M.V.<sup>2</sup>, Matvienko S.Yu.<sup>1,2</sup>  
(1 — IMGRE, 2 — S.B.K. PRO.)

DEPTH OF PROCESSING AND COMPREHENSIVE UTILIZATION OF MINERAL RAW MATERIALS — A WAY TO INCREASE THE EFFICIENCY OF THE DEVELOPMENT OF RARE-METAL-TITANIUM DEPOSITS

*The ways of increase of investment attractiveness of placer rare-metal-titanium deposits with low quality of ore Sands are considered. On the example of Glassy Deposit the possibilities of mineral ore concentrates processing with obtaining highly liquid end products are considered. **Keywords:** rare-metal-titanium placers, mineralogical studies, metallurgical testing, ferro alloys.*

Несмотря на то что Россия обеспечена мощным сырьевым потенциалом Ti-Zr россыпных месторождений, до сих пор свои потребности в цирконии (около 20 тыс. т/год цирконового концентрата) обеспечивает на 100 % за счет импорта, в титане (при потребности в

**Таблица 1**  
**Результаты ситового анализа исходной пробы песков**

Класс, мм	Выход, %		
	Проба ТПС-02	Проба МТП	Среднее по площади
+1,0	—	0,65	3,2
-1,0+0,5	0,01	0,92	3,8
-0,5+0,25	0,04	0,88	47,8
-0,25+0,1	86,70	43,03	22,5
-0,1+0,074	8,05	12,85	6,0
-0,074+0,044	3,15	3,64	
-0,044+0,02	0,43	17,64	4,8
-0,02	1,62	20,38	12,8

**Таблица 2**  
**Распределение  $TiO_2$  и  $ZrO_2$  по классам крупности исходной пробы ТПС-02**

Класс, мм	Выход, %	Содержание, %		Распределение, %	
		$TiO_2$	$ZrO_2$	$TiO_2$	$ZrO_2$
-1,0+0,5	0,01	≤0,02	≤0,001	0,00	0,00
-0,5+0,25	0,04	≤0,02	≤0,001	0,00	0,00
-0,25+0,1	86,70	0,74	0,009	73,04	11,34
-0,1+0,074	8,05	1,03	0,35	9,44	40,98
-0,074+0,044	3,15	4,26	0,896	15,26	41,00
-0,044+0,02	0,43	1,23	0,310	0,60	1,93
-0,02	1,62	0,89	0,201	1,65	4,75
Итого (расчет)	100,0	1,02	0,095	100,00	100,00
х.а.		0,88	0,069		

суммарной товарной титановой продукции, оцениваемой в 350—400 тыс. т, в перспективе — 600—800 тыс. т ильменитового концентрата в год, 50—60 тыс. т рутилового и 30 тыс. т пигментного диоксида титана) — также почти на 100 % за счет импорта. Основная причина этого — низкая инвестиционная привлекательность российских объектов, относительно низкое качество рудных песков, наличие вредных примесей, большая глубина залегания (>20 м), засушливый климат, не позволяющий использовать традиционные технологии гидрообогашения, необходимость обязательного получения и реализации большого объема попутного нерудного сырья (песков, глины и др.) и т.д.

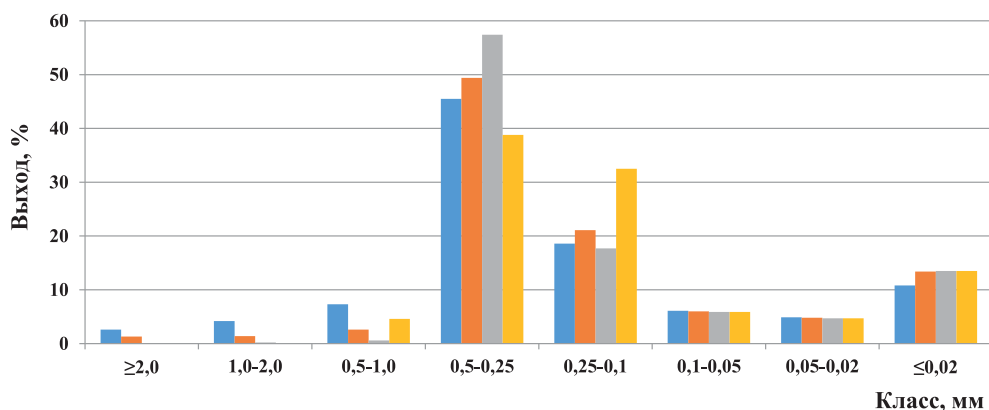
Кардинальное повышение инвестиционной привлекательности найдено в применении новых экономически эффективных технологий добычи и глубокой переработки Ti-Zr при изучении титаноциркониевых песков месторождения Стекло-клянка.

Россыпное месторождение титаноциркониевых песков Стеклоклянка расположено в 50 км от областного центра г. Тюмень в экономически освоенном районе с развитой инфраструктурой и благоприятными горно-техническими условиями разработки. Вещественный состав и технологические свойства титаноциркониевых песков месторождения Стеклоклянка изучены на малой технологической пробе МТП массой 35 кг и укрупненно-лабораторной технологической пробе ТПС-02 массой 1300 кг.

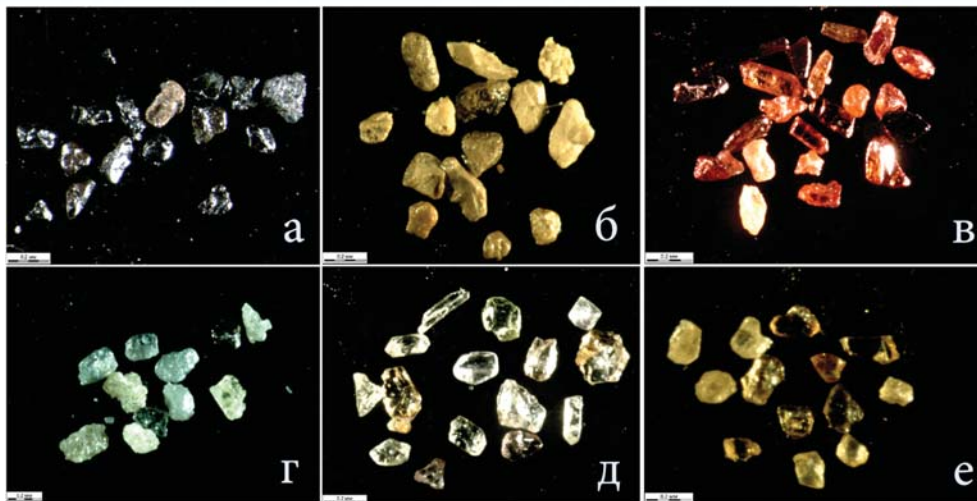
Титаноциркониевые продуктивные отложения представляют собой тонкозернистые (табл. 1, рис. 1) существенно кварцевые, слабо ожеженные пески с небольшой примесью полевых шпатов, глинистых минералов (монтмориллонита, каолинита, иллита) и кальцита, обогащенные рассеянными рудными минералами и содержащие рудные прослои различной мощности. В продуктивных толщах выход тяжелой (рудной) фракции составляет 2—2,5 %. Для рудных песков месторождения Стеклоклянка характерно отсутствие внешних и внутренних (прослои пустой породы) границ, так как отмечается прерывистое распределение содержаний условного ильменита в направлении мощности. Анализ горно-геологических и горнотехнических условий залегания рудных тел (морфология, незначительная мощность, приповерхностное залегание) предопределяет применение открытого способа разработки месторождения с применением на добычных работах средств гидромеханизации — земснаряда.

Результаты лабораторных исследований показали, что по составу тяжелой фракции изученные отложения россыпи полностью соответствуют составу типичных титаноциркониевых россыпей прибрежно-морского генезиса. Отрицательным моментом является низкий выход тяжелой фракции в отложениях россыпи и тонкозернистость рудных минералов. Средние содержания полезных минералов (кг/м<sup>3</sup>): ильменит — 8,02; циркон — 1,05; рутил — 0,46; лейкоксен — 0,85.

Из полученных данных распределения диоксидов титана и циркония по классам крупности исходной укрупненной технологической пробы ТПС-02 (табл. 2) следует, что 97,75 %  $TiO_2$  и 93,32 %  $ZrO_2$  сконцентрировано в классе -0,25 +0,044 мм, в т.ч. 73,04 %  $TiO_2$  и



**Рис. 1. Усредненная гранулометрическая характеристика исходных песков месторождения Стеклоклянка**



**Рис. 2. Основные рудные минералы (класс 0,25–0,1 мм):** а — зерна ильменита, б — зерна лейкоксена и лейкоксенизированного ильменита, в — зерна рутила красной и оранжевой окраски, г — зерна анатаза, д — кристаллы и осколки зерен циркона, е — зерна монацита

**Таблица 3**  
Статистический анализ данных размерности зерен рудных минералов (мм)

	Ильменит	Рутил	Лейкоксен	Циркон
Максим.	0,08	0,079	0,105	0,076
Миним.	0,062	0,052	0,077	0,052
среднее	0,070	0,065	0,086	0,062

11,34 %  $ZrO_2$  — в классе  $-0,25 + 0,1$  мм. В класс менее 0,044 мм распределилось 2,25 %  $TiO_2$  и 6,68 %  $ZrO_2$ , при этом в классе  $-0,02$  мм эти цифры составляют 1,65 % и 4,75 % соответственно. Материал крупнее 0,25 мм не имеет промышленного содержания ценных компонентов. Однако с целью исключения нивелирования по плотности крупных породообразующих минералов и мелких рудных предусматривается выведение их процесса класса  $+0,25$  мм. Тонкое грохочение по такой крупности в промышленности при обогащении больших масс бедного материала, каковым являются титаноциркониевые россыпи большинства месторождений, реально только с использованием высокочастотных грохотов. Несмотря на отсутствие в исходных песках материала крупнее 1,0 мм,

**Таблица 4**  
Распределение основных рудных минералов по продуктивным классам крупности исходной пробы ТПС-02

Классы, мм	$-0,25+0,1$ мм		$-0,1+0,074$ мм		$-0,074+0,044$ мм		На класс $-0,25 + 0,044$ мм
	Содержание	Распределение	Содержание	Распределение	Содержание	Распределение	
ильменит	0,199	16,96	0,310	26,38	0,642	54,56	1,151
лейкоксен	0,068	66,88	0,026	24,92	0,006	6,09	0,100
рутил	0,023	13,23	0,084	48,94	0,062	35,74	0,169
циркон	0,006	41,65	0,003	19,83	0,006	36,42	0,015
<b>Σ Ti-минералы</b>	<b>0,291</b>	<b>20,04</b>	<b>0,420</b>	<b>28,95</b>	<b>0,709</b>	<b>48,91</b>	<b>1,451</b>
<b>Σ Ti-Zr-минералы</b>	<b>0,297</b>	<b>20,26</b>	<b>0,423</b>	<b>28,86</b>	<b>0,715</b>	<b>48,78</b>	<b>1,466</b>

**Таблица 5**  
Распределение  $TiO_2$  и  $ZrO_2$  по продуктивным классам крупности исходной пробы ТПС-02

Класс, мм	Выход, %	Содержание, %		Распределение, %	
		$TiO_2$	$ZrO_2$	$TiO_2$	$ZrO_2$
$+0,25$	2,46	$\leq 0,02$	$\leq 0,001$	0,00	0,00
<b><math>-0,25+0,044</math></b>	<b>59,52</b>	<b>0,64</b>	<b>0,06</b>	<b>35,01</b>	<b>32,78</b>
$-0,044$	38,02	1,89	0,201	<b>64,99</b>	<b>67,22</b>
$+0,25$	2,46	$\leq 0,02$	$\leq 0,001$	0,00	0,00
<b><math>-0,25+0,02</math></b>	<b>77,16</b>	<b>0,88</b>	<b>0,07</b>	<b>61,67</b>	<b>44,56</b>
$-0,02$	20,38	1,63	0,129	38,33	54,44
Исходная проба	100,00	1,1	0,11	100,00	100,00

операция грохочения исходных песков должна предусматривать удаление незначительных количеств крупняка («галя»), щепы и других посторонних предметов и должна вестись в промышленных условиях по классу 2,0 (2,5) мм.

Основные рудные минералы россыпи — ильменит, лейкоксен, рутил и циркон (рис. 2). Для всех рудных минералов характерно абсолютное преобладание в гранулометрическом спектре зерен размером 0,1–0,05 мм (табл. 3). Однако для лейкоксена типично присутствие в заметном количестве

более крупных зерен (0,25–0,1 мм), а для ильменита, циркона и рутила наоборот — более мелких (0,05–0,01 мм). Отсюда и средний размер зерен этих минералов несколько различается: для лейкоксена обычно 0,08–0,09 мм, ильменита — 0,06–0,08 мм, циркона — 0,05–0,07 мм и рутила — 0,05–0,08 мм. Такие значения типичны для прибрежно-морских комплексных титано-



циркониевых россыпей. Например, средний размер зерен ильменита Туганской россыпи (Западная Сибирь) равен 0,063–0,072 мм.

В основу схемы обогащения положены технологические показатели и исходные данные лабораторных и полупромышленных испытаний, проведенных в 2016 г. на технологической пробе ТПС-02, в ходе которых получены балансовые показатели обогащения и предложена принципиальная схема обогащения исходных песков. Данные гранулометрического анализа (табл. 5) в сочетании с распределением полезных компонентов по классам крупности показывают, что:

- для исследуемой пробы продуктивным является класс  $-0,25+0,044$  мм с выходом 59,52 % от исходной массы песков при извлечении 35,01 %  $TiO_2$  и 32,78 %  $ZrO_2$ ;

- в классе  $-0,25+0,1$  мм содержание диоксидов титана (0,29 %) и циркония (0,015 %) невысокое, но, учитывая большой выход класса (43,03 %), его нельзя выводить из процесса обогащения;

- выход класса  $-0,044$  мм составляет 38,02 % от исходных песков с повышенным содержанием диоксидов титана (1,89 %) и циркона (0,201 %). Потери диоксидов титана и циркония в шламовых классах составляют 64,99 %  $TiO_2$  и 67,22 %  $ZrO_2$ ;

- учитывая возможность доизвлечения рудных минералов из материала крупностью  $-0,044+0,02$  мм, выход класса  $-0,25+0,02$  мм составит 77,16 % от исходной массы песков при извлечении 67,67 %  $TiO_2$  и 44,56 %  $ZrO_2$ ;

- класс  $-0,02$  мм является в настоящее время необогатимым, т.е. рудные минералы в нем составят неизбежные технологические потери. Для данной пробы россыпи эти величины будут содержать 38,33 %  $TiO_2$  и 54,44 %  $ZrO_2$ , что и составит общие прогнозируемые потери.

Для обогащения песков месторождения Стеглянка принята магнитно-гравитационно-электрическая схема (рис. 3), включающая рудоподготовку, магнитную сепарацию с получением ильменитового концентрата, гравитационное обогащение с получением коллективного циркон-рутилового продукта и кварц-полевошпатовых хвостов, блок доводки и получения селективных рутил-лейкоксового и цирконового концентратов.

В процессе переработки песков месторождения Стеглянка получены: ильменитовый концентрат с содержанием 49,89–

50,1 %  $TiO_2$  и извлечением 77,27 %  $TiO_2$  при выходе 0,95 % от исходной пробы; рутил-лейкоксовый концентрат с содержанием 95,1 %  $TiO_2$  при извлечении 3,31 %  $TiO_2$  и выходе 0,02 %; цирконового концентрат с

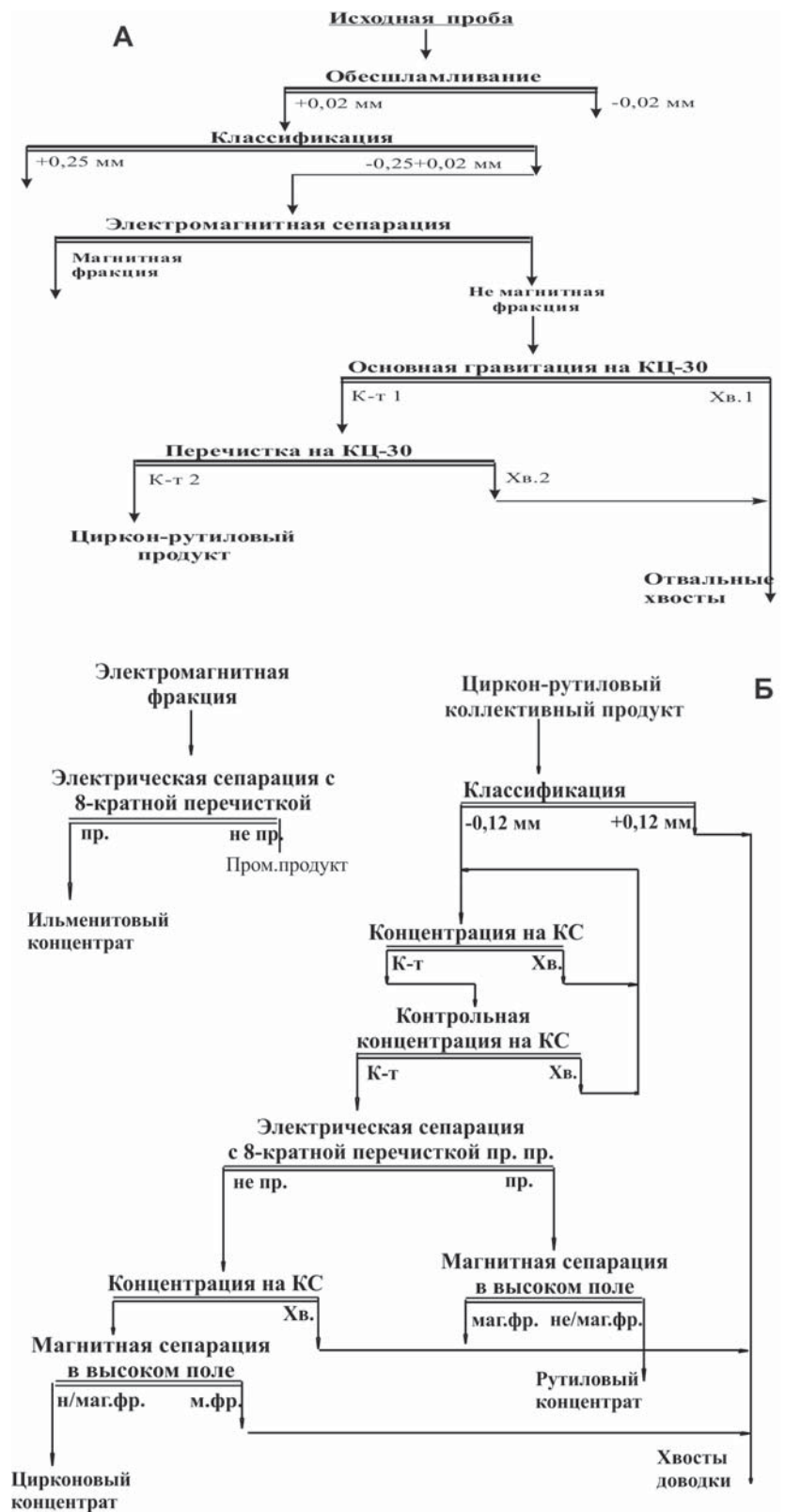


Рис. 3. Блочная технологическая схема обогащения рудных титан-циркониевых песков: А — схема магнитно-гравитационного обогащения исходных песков, Б — доводки коллективного концентрата обогащения

содержанием 64,9 % ZrO<sub>2</sub> при извлечении 67,02 % ZrO<sub>2</sub> и выходе 0,07 %. Потери диоксидов титана и циркония с хвостами гравитационного обогащения составляют 2,6 % TiO<sub>2</sub> и 16,73 % ZrO<sub>2</sub>. Потери титансодержащих минералов связаны в основном с глинистой фракцией –0,03 мм, из-за мелкого размера частиц рудных минералов и их природных характеристик, а также с продуктами электрической и магнитной сепарации и немагнитной фракций, потери циркона — в основном с хвостами доводки. Хвосты доводки цирконового цикла являются резервом для повышения извлечения циркона при условии разработки новых нетрадиционных методов обогащения тонких классов.

В качестве попутных компонентов в балансовых запасах титаноциркониевых песков подсчитаны запасы песков строительных (фракция ≥ 0,1 мм), получаемых в процессе обогащения и соответствующие требованиям ГОСТа 8736-2014 («Песок для строительных работ. Технические условия»).

Тем не менее, учитывая невысокое содержание рудных минералов (около 2 %) и соответственно небольшой выход товарных концентратов строительство ГОКа, даже с учетом реализации попутной нерудной продукции, не окупается (табл. 6). Поэтому наиболее оптимальным решением в сложившейся ситуации стало принятие программы первоочередного строительства специализированного ферросплавного завода на базе собственных запасов титаноциркониевых рудных песков и с использованием самых современных технологий высокотемпературной алюминотермической плавки и оборудования. Действительно, если стоимость 1 кг титана в ильмените 0,3–0,5 долл. США, то цена 1 кг титана в ферротитане сразу увеличивается в 10–15 раз.

Внедрение указанной технологии позволит получать, например, ферротитан с содержанием титана от 25 до 70 % без использования в плавку не только дорогостоящего титанового лома, но и существенно ухудшающего качество металла по содержанию таких вредных примесей как азот, кислород, водород, углерод, олово и других цветных элементов.

Попытки заменить электродный 30-процентный ферротитан на 30-процентный ферротитан, полученный из титановых и железных ломов, не дали положительного результата, т.к. металл, полученный из титанового лома содержит до 2 % кислорода (против 0,05 %), до 1 % азота (против 0,01 %), до 0,3–0,5 % углерода (про-

тив 0,10–0,15 %), до 0,2 % олова (против 0,01 %), до 0,1 % водорода (против 0,0001 %). Только ферротитан, полученный из оксидного низкофосфористого титанового сырья месторождения Стеглянка, может удовлетворить потребности российских предприятий, производящих качественные сварочные материалы.

Содержание оксидов марганца от 0,6 до 2,1 % в ильмените месторождения Стеглянка для производства ферротитана не критично, т.к. марганец в ферротитане не регламентирован и, более того, является полезной примесью при производстве широкого ассортимента сталей. Следует отметить относительно низкое содержание оксида фосфора в ильмените (0,06–0,08 %), что характерно для малоокисленных, низколейкоксенизированных ильменитов в приповерхностных рудных песках. При указанном содержании фосфора в ильмените месторождения Стеглянка содержание его в ферротитане будет соответствовать низкофосфористой марке ФТи-30А (0,04 %), что крайне важно для обеспечения производства качественных сварочных материалов для России.

Сравнение качества ильменитового концентрата тюменского месторождения с ильменитом Иршанского и Малышевского месторождений (Украина) по содержанию фосфора и ряда других примесей для целей производства сварочного ферротитана оценивается в пользу ильменита месторождения Стеглянка.

ООО «СБК ГРУПП» в 2015 г. выполнило работу «Разработка основных технических решений и технологического задания на проект металлургических печей для производства сплавов металлов из титаноциркониевого сырья». В работе проведен анализ рынка ферросплавов и шлаковой продукции на основе титана и циркония и весь комплекс мероприятий по реа-

**Таблица 6**  
**Сравнение ТЭП переработки рудных песков**

Показатели	Един. измер.	Варианты		
		Получение рудных минеральных концентратов	Глубокая переработка минеральных концентратов	
			с учетом нерудной продукции	без учета нерудной продукции
Стоимость товарной продукции, всего	млн руб.	12835,98	39709,86	40392,94
— минеральные концентраты	млн руб.	12152,9	2339,87	2339,87-
— пески строительные (фракция ≥ 0,1 мм)	млн руб.	683,08	—	683,08
— продукты ферросплавного завода	млн руб.	—	—	37369,99
Капитальные вложения, всего	млн руб.	1429,9	1964,0	1964,0
Эксплуатационные затраты, всего	млн руб.	15736,96	28425,45	28464,9
Чистая прибыль на горизонт расчета		-24940,88	8703,00	9222,46
Внутренняя норма доходности	%		20,14	21,24
Срок окупаемости капитальных вложений	лет	Не окупается	8	7



Рис. 4. Блок-схема переработки рудных минеральных концентратов

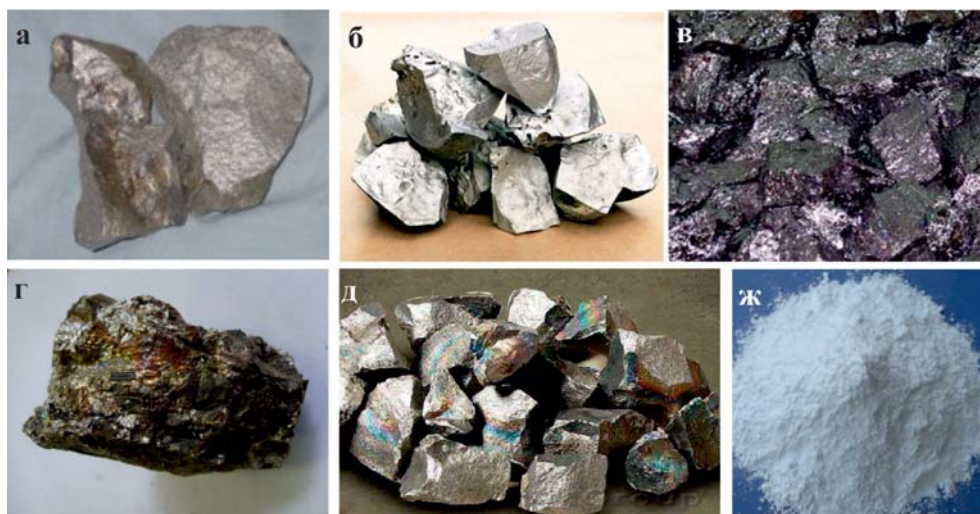


Рис. 5. Конечная продукция завода по производству ферросплавов: а — ферросиликоцирконий, б — ферротитан 70 %, в — титан-марганцевый сплав, г — продукт высокоглинистый титановый ТПГ-5, д — ферротитан 30 %, ж — диоксид циркония

лизации технологии переработки титанового и циркониевого концентратов. Планируемая к внедрению технология предусматривает организацию безотходного производства высококачественных сплавов на основе титана и циркония с использованием титановых и циркониевых концентратов. Разработан «Бизнес-план строительства завода по производству ферросплавов», который предусматривает строительство в промышленной зоне г. Тюмень нового металлургического комплекса по производству ферросплавов и циркониевых продуктов с применением алюминотермической технологии селективного восстановления оксидов металлов для получения сплавов высокого качества на основе титана, циркония (рис. 4, 5). Глубокая переработка минеральных концентратов позволила повысить рентабельность отработки титан-циркониевого россыпного месторождения Стеглянка и признать его балансовую принадлежность (табл. 6).

Таким образом, повышение «глубины» переработки руд позволяет получить продукты металлургического передела — металлы или их соединения, цена на которые в десять и более раз выше, чем на минеральные концентраты. Эксплуатационные и капитальные затраты на стадию химико-металлургического передела увеличиваются в среднем в 2 раза. Повышение глубины переработки редкометалльных руд позволяет значительно повысить экономическую эффективность освоения редкометалльных месторождений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Быховский, Л.З. Перспективы обеспечения потребностей высокотехнологичных производств России редкометалльным минеральным сырьем / Л.З. Быховский, Е.Н. Левченко, Т.Д. Онтоева, В.С. Пикалова, А.А. Рогожин. // Разведка и охрана недр. — 2016. — № 9. — С. 106–115.
2. Быховский, Л.З. Россыпные месторождения в сырьевой базе и добыче полезных ископаемых / Л.З. Быховский, Л.В. Спорыхина // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — № 6. — 2013. — С. 6–17.
3. Газалеева, Г.И. Выбор специальных методов рудоподготовки при обогащении тонковкрапленных труднообогатимых руд, содержащих редкие металлы: Сб. материалов XI конгресса обогатителей стран СНГ / Г.И. Газалеева, Е.Н. Левченко, Е.В. Братыгин. — М.: МИСиС, 2017. — С. 4–10.
4. Галкин, М.В. Разработка основных технических решений и технологического задания на проект металлургических печей для производства сплавов металлов из титан-циркониевого сырья / М.В. Галкин. — Техническое задание. — Тюмень, 2015.
5. Левченко, Е.Н. Влияние вещественного состава на технологические свойства титан-циркониевых россыпей / Е.Н. Левченко // Разведка и охрана недр. — 2004. — № 11. — С. 42–47.
6. Левченко, Е.Н. Повышение эффективности освоения редкометалльных месторождений за счет глубины переработки и комплексности использования минерального сырья / Е.Н. Левченко, Е.А. Калиш // Разведка и охрана недр. — М., 2012. — № 9. — С. 89–94.
7. Левченко, Е.Н. Минералого-технологическое сопровождение в системе геологического изучения недр, добычи и переработки редкометалльного сырья / Е.Н. Левченко, Е.Г. Ожогина // Разведка и охрана недр. — 2016. — № 11. — С. 30–36.
8. Седелникова, Г.В. Современные технологии переработки минерального сырья, обеспечивающие полноту и комплексность освоения месторождений ТПИ / Г.В. Седелникова, А.А. Рогожин, Т.З. Лыгина, Е.Н. Левченко // Разведка и охрана недр. — 2013. — № 4. — С. 61–68.
9. Ожогина, Е.Г. Специфика методики изучения тонкодисперсных комплексных руд редких и редкоземельных металлов / Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения-2016): Матер. минерал. семинара



с междунар. участием / Е.Г. Ожогина, О.А. Якушина. — Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2016. — С. 121–122.

10. *Levchenko, E.* New solutions deep and complex processing titanium-zirconium placers. XV Congress BMP 2013 / E. Levchenko, E. Kalish, T. Lygina. — Sozopol. — Bulgaria, 2013. — Vol. 2. — P. 1144–1148.

11. *Levchenko, E.* Specific Features of the Mineral Composition of Titanium-Zirconium Placers in Russia. 19-th International Sedimentological Congress (ISC 2014) / E. Levchenko, E. Kalish. — Geneva. — Swiss, 2014. — P. 397.

© Левченко Е.Н., Галкин М.В., Матвиенко С.Ю., 2018

Левченко Елена Николаевна // levchenko@imgre.ru

Галкин Михаил Владимирович // tmngok@gsbk.ru

Матвиенко Сергей Юрьевич // tmngok@gsbk.ru

УДК 339.562.4

Жданеев О.В. (Шлюмберге)

### НОВЫЙ ПОДХОД К РАЗВИТИЮ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОДУКЦИИ ПОСРЕДСТВОМ ЛОКАЛИЗАЦИИ

*На примере успешного опыта разработки передового программного обеспечения и технологий для оптимизации разработки и добычи углеводородного сырья, локализации производства оборудования для шельфовых проектов компанией «Шлюмберге» в статье показаны возможности программы импортозамещения в нефтегазовой промышленности Российской Федерации. Обозначена важность экспортно-ориентированного импортозамещения для успешного включения в цепочки международной промышленной кооперации. Повышение производительности труда, развитие НИОКР и внедрение элементов «Индустрии 4.0» для снижения издержек и повышения качества продукции являются залогом успеха реализации планов по импортозамещению. **Ключевые слова:** нефтегазовое машиностроение, разработка программного обеспечения, импортозамещение, локализация, цифровой керн, DNV.*

Zhdaneev O.V. (Schlumberger)

NEW APPROACH TO HIGH TECHNOLOGY PRODUCT ENGINEERING AND MANUFACTURING BY MEANS OF LOCALIZATION

*The import-replacement opportunities for the Russian oil and gas industry are reviewed in the paper using the successful examples of software development, novel products engineering and manufacturing for reservoir exploration and production, and solutions for offshore projects by Schlumberger. It is highlighted that to become an integral part of the international industrial cooperation the products developed as a part of import-replacement activities shall be competitive on international arena. Success of the import-replacement program depends on substantial increase in labor productivity, expansion of the R&D work in the country, implementation of Industry 4.0 elements to reduce product cost and improve quality. **Keywords:** oil and gas manufacturing, software development, import-replacement, localization, digital rock, DNV*

### Введение

В мае 2014 г. в списке поручений о дополнительных мерах по стимулированию экономического роста Президент России В.В. Путин поручил Правительству Российской Федерации разработать и утвердить планы содействия импортозамещению в промышленности и сельском хозяйстве [1]. Основные мероприятия в этом направлении были определены в распоряжении Правительства РФ от 30.09.2014 №1936-р «План содействия импортозамещению в промышленности», которым была предусмотрена разработка отраслевых планов и мероприятий по импортозамещению в отраслях промышленности Российской Федерации на период до 2018 г. [2]. Министерством промышленности и торговли Российской Федерации к середине 2015 г. утверждено 20 отраслевых планов по импортозамещению, в основном с ориентиром на машиностроительный комплекс. Определено более 2000 технологических направлений, по которым будут оказаны меры государственной поддержки. Целевые ориентиры по этим проектам обозначены до 2020 г. [3].

Импортозамещение совместно с другими государственными программами способствует преодолению главных стратегических угроз национальной безопасности [4]: низкой конкурентоспособности экономики, зависимости от внешнеэкономической конъюнктуры и последствий дискриминационных мер в отношении ключевых отраслей, связанных с ограничением доступа к современным технологиям.

Импортозамещение затрагивает ключевые проблемы машиностроения: низкую производительность труда, нестабильное качество продукции, недостаточность номенклатуры для замены импортируемого оборудования и материалов, несоответствие технологическим требованиям предприятий-заказчиков, недостаточную профессиональную подготовку рабочей силы, инженерно-технического и управленческого персонала, изношенность производственной инфраструктуры, невысокую инновационную активность предприятий. Поэтому важнейшим условием для успешной реализации программ импортозамещения является повышение производительности труда, развитие НИОКР внутри предприятий совместно с академическими институтами и международными партнерами, внедрение информационных технологий и автоматизации для снижения издержек и повышения качества продукции.

Сегодня в мире накоплен богатый опыт реализации политики импортозамещения, причем не только в развивающихся (Латинская Америка, Юго-Восточная Азия, Индия), но и в индустриально развитых странах (ЕС, США). В развитых странах можно наблюдать явление рещоринга (reshoring) — перенос зарубежных производств крупных корпораций на территорию стран резиденции.

Большинство примеров успешной политики импортозамещения за рубежом были связаны с ориентацией на экспорт, так называемое экспортоориентированное импортозамещение. Эффективная политика импортозамещения не исключает, а напротив требует