

НАУКОЕМКИЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ АЛЮМОСИЛИКАТНОГО И СИЛИКАТНОГО СЫРЬЯ ВЕРХНЕГО И СРЕДНЕГО ПРИАМУРЬЯ

© 2009 В.С. Римкевич¹, А.П. Сорокин², Ю.Н. Маловицкий¹, А.А. Пушкин¹

¹ Институт геологии и природопользования ДВО РАН

² Амурский научный центр ДВО РАН, г. Благовещенск

Поступила в редакцию 11.11.2009

На основе фундаментальных и технологических исследований процессов переработки алюмосиликатного и силикатного сырья выявлены оптимальные условия получения огнеупорных волокнистых материалов, алюминия, кремния и их соединений. В результате разработаны наукоемкие инновационные технологии комплексного производства различной товарной продукции из местного минерального сырья, освоение которых позволит создать высокотехнологичные горнопромышленные комплексы и металлургические предприятия в Верхнем и Среднем Приамурье.

Ключевые слова: *алюмосиликатное сырье, технологии переработки, огнеупорные материалы*

Развитие производительных сил Верхнего и Среднего Приамурья во многом определяется эффективным промышленным использованием минерально-сырьевой базы профилирующих для этого региона месторождений железа, титана, бурых и каменных углей, россыпного и рудного золота, различного нерудного сырья и других видов полезных ископаемых [1]. При этом промышленное производство должно быть не только экономически рентабельным, но и экологически безопасным для окружающей среды. В основе предлагаемых инновационных технологий лежат фундаментальные и технологические наукоемкие разработки с использованием местного алюмосиликатного и силикатного сырья.

В Верхнем и Среднем Приамурье широко распространены каолиновые и огнеупорные глины, расположенные в Райчихинском и Магдагачинском районах (месторождения Святогорское, Антоновское, Чалганское и др.), высокоглиноземистые породы и анортзиты Каларского массива. Прогнозные ресурсы каолинов оцениваются в 1056 млн. т, высокоглиноземистых сланцев и гнейсов – 1686 млн. т,

Римкевич Вячеслав Сергеевич, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией наукоемких технологий переработки минерального сырья. E-mail: vrimk@yandex.ru

Сорокин Анатолий Петрович, член-корреспондент РАН, Председатель. E-mail: aturnc@ascnet.ru

Маловицкий Юрий Николаевич, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории наукоемких технологий переработки минерального сырья. E-mail: alsislab@mail.ru

Пушкин Александр Андреевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории наукоемких технологий переработки минерального сырья. E-mail: Pushkin@ascnet.ru

лабрадоритов (без учета андезитов) Каларского массива – 34 млрд. т [2]. В Амурской области действует Зейская гидроэлектростанция, а с введением в полную эксплуатацию Бурейской ГЭС регион будет обеспечен в большом объеме дешевой электроэнергией. В перспективе намечается строительство Нижнебурейской ГЭС, а также каскада низконапорных электростанций на р. Зея, ниже Зейской ГЭС. На основе ряда вышеприведенных месторождений в Институте геологии и природопользования ДВО РАН и Амурском научном центре ДВО РАН разработаны и запатентованы экономически эффективные и экологически безопасные инновационные технологии получения огнеупорных волокнистых материалов, алюминия, кремния и их соединений из различного алюмосиликатного и силикатного сырья, а также имеется необходимая производственная база для освоения этих технологий в виде Экспериментально-технологического филиала (ЭТФ) в п.Чалганы Магдагачинского района Амурской области. ЭТФ АмурНЦ действует на Чалганском месторождении каолинсодержащих кварц-полевошпатовых песков, которое расположено на Транссибирской железнодорожной магистрали в 400 км к северо-западу от г. Благовещенска. Утвержденные запасы каолинов составляют 65,5 млн. т, прогнозные ресурсы оцениваются в 190 млн. т.

В результате промышленной переработки каолинсодержащих кварцполевошпатовых песков выделяются следующие кондиционные товарные продукты – каолины, кварцевые пески и полевошпатовый концентрат, которые широко используются в различных

отраслях промышленности (табл. 1). Каолины широко применяются для изготовления изделий тонкой керамики, в качестве наполнителя для бумаги и резины, производства огнеупоров, строительных материалов и других целей. По данным химических анализов каолины являются перспективным небокситовым сырьем для производства алюминия. Кварцевые пески используются в литейной, стекольной

и керамической промышленности, а полевошпатовый концентрат – в керамической, стекольной и электрокерамической промышленности. Следует отметить, что получаемый полевошпатовый концентрат характеризуется высоким калиевым модулем – до 10-12 (обычно 3-5), что позволяет использовать его для производства высоковольтного фарфора.

Таблица 1. Химический состав исходного сырья Чалганского месторождения и товарных продуктов ЭТФ АмурНЦ

Оксиды, мас. %	Исходное сырье	Каолины		Кварце- вый песок	Полевошпато- вый концентрат
		КН-73	КМ-1		
SiO ₂	77,38	50,28	46,83	96,64	69,72
Al ₂ O ₃	14,75	33,88	37,00	0,44	16,27
Fe ₂ O ₃	0,46	0,71	0,96	0,13	0,32
TiO ₂	0,35	0,47	0,60	0,28	0,40
Na ₂ O	0,13	0,14	0,11	0,12	0,95
K ₂ O	1,65	1,20	1,33	1,03	11,37
п.п.п.	4,83	12,86	12,83	0,54	0,90
Сумма	99,55	99,54	99,66	99,18	99,93

Примечание: MgO, CaO и P₂O₅ – не обнаружены. Составы образцов определены в лаборатории химического анализа ИГиП ДВО РАН

Проектная промышленная мощность ЭТФ АмурНЦ составляет 50 тыс. т каолинов, 85,5 тыс. т кварцевых песков и 12,4 тыс. т полевошпатовых концентратов в год. Среднемировая стоимость каолинов составляет 50 долл. США/т, кварцевых песков – 10 долл./т, полевошпатовых концентратов – 70 долл./т. На базе Чалганского месторождения нашими учеными разработаны следующие инновационные технологии: 1 – производства огнеупорных волокнистых материалов; 2 – фторидной металлургии и электролитического извлечения.

Технология производства огнеупорных волокнистых материалов. Шихту, составленную из каолина и глинозема, перемешивают, просеивают, плавят в электропечах, а выпускаемый в виде струй расплав распыляют водяным паром с добавлением эмульсора, при этом при выпуске расплава его струи дополнительно подогревают (рис. 1). Применяемая технология значительно уменьшает сечение волокон до 3 мкм, за счет чего не только существенно улучшаются теплоизоляционные свойства материала, но и снижается ломкость волокон, что повышает безопасность применения материала [3]. Для того, чтобы ускорить охлаждение осажденного

материала конвейер выполняют сетчатым, а для облегчения дальнейшего использования материала его на конвейере подпрессовывают.

Конечным продуктом являются огнеупорные волокнистые материалы (рулонный материал, войлок, фетр). Они инертны по отношению к воде, пару, щелочам и кислотам, обладают высокими фильтрующими способностями и электроизоляционными свойствами, в 2-4 раза легче огнеупорного кирпича и выдерживают температуру до 1600⁰С. Огнеупорные волокнистые материалы, выпускаемые по ГОСТ 23619-79, не уступают по качеству таковым, поставляемым на мировой рынок фирмами США и Великобритании, а по ряду показателей превосходят мировые стандарты (табл. 2). Расчетная себестоимость 1 т продукции огнеупорного волокнистого материала равна 840 долл. США при средней себестоимости 1100 долл./т на аналогичных предприятиях Российской Федерации. Огнеупорные волокнистые материалы широко применяются в металлургической, машиностроительной, нефтеперерабатывающей, авиационной, космической, и других отраслях промышленности.

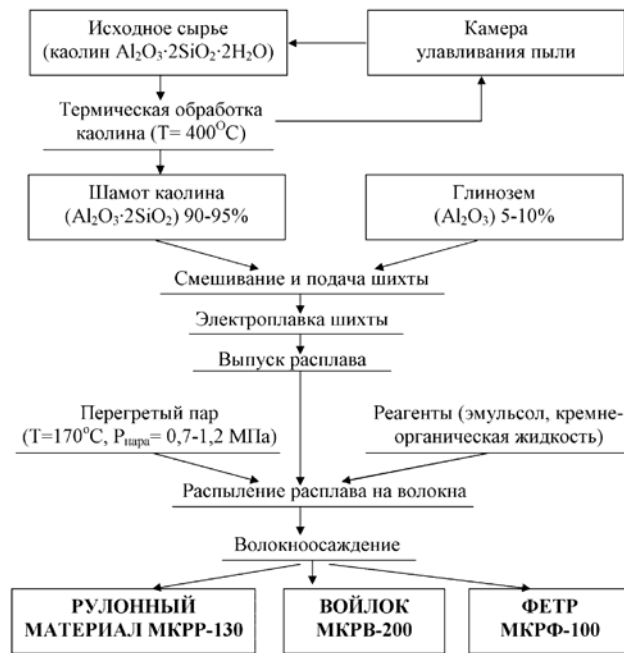


Рис. 1. Технологическая схема производства огнеупорных волокнистых материалов из каолинов Чалганского месторождения

Таблица 2. Сравнительная техническая характеристика огнеупорных волокнистых материалов

Показатель	Рулонный материал		Войлок		Фетр	
	ГОСТ 23619-79	США, фирма «Карборундум», Каталог, 1990, МКРР-130	ГОСТ 23619-79	США, фирма «Карборундум», Каталог, 1990, МКРВ-200	ГОСТ 23619-79	США, фирма «Карборундум», Каталог, 1990, МКРФ
Al ₂ O ₃ , мас. %	51	50	50	43,9	50	50
Al ₂ O ₃ +SiO ₂ , мас. %	97	100	97	94	97	97
потеря массы (ппп), %	0,25	2	2	5	1	2
кажущаяся плотность, кг/м ³	130	96-192	200	128	100	128

Технология фторидной металлургии и электролитического извлечения. Для комплексной переработки каолинов, кварцевых песков и полевошпатовых концентратов в качестве фторирующих реагентов использованы гидродифторид (NH₄HF₂) и фторид аммония (NH₄F), которые в нормальных условиях являются экологически безопасными веществами. На первом этапе (рис. 2) обработка каолиновых концентратов фторирующими реагентами происходит при 170-220°C в термической электропечи специальной конструкции. Затем образовавшийся порошкообразный спек загружается в бункер разгрузки, откуда с помощью шнекового питателя подается в рабочую зону барабанно-вращающейся электропечи, где под действием температуры (300-600°C) и водяного пара происходит химическая реакция с образованием летучего гексафторосиликата аммония и нелетучего осадка –

глинозема. Глинозем через обогреваемую выгрузную головку поступает во второй бункер разгрузки. После заполнения бункера глинозем выгружают в изложницы и направляют на дальнейшую кальцинацию при температурах выше 800°C. На втором этапе смесь газов удаляется из барабанно-вращающейся печи через трубу отвода и поступает на абсорбционный аппарат, где происходит образование мелкодисперсного аморфного кремнезема при взаимодействии осажденного гексафторосиликата аммония с аммиачной водой. Полученная в результате реакции пульпа из куба абсорбционной колонны направляется на разделение твердой и жидкой фазы в вакуумный нутч-фильтр, где отделяется твердый осадок аморфного кремнезема, а раствор фторида аммония профильтровывается в нижнюю часть фильтра и поступает на регенерацию в выпариватель-кристаллизатор.

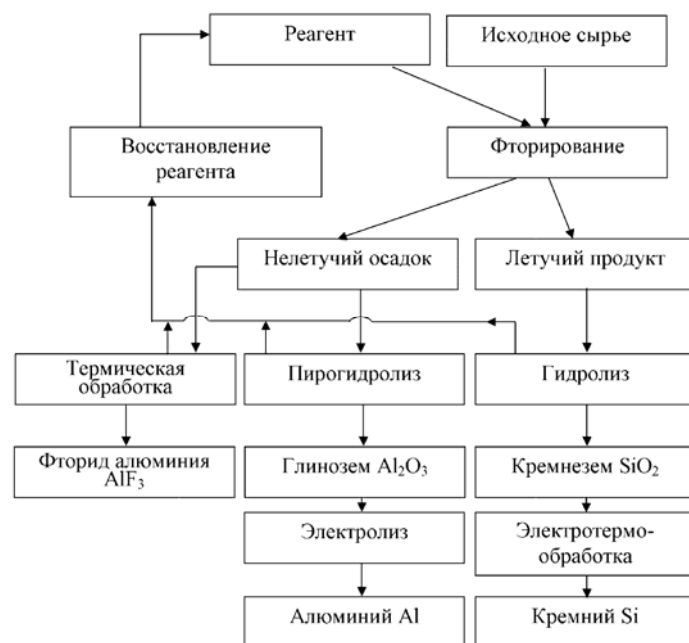


Рис. 2. Технологическая схема комплексной переработки небокситового сырья с извлечением алюминия, кремния и их соединений

На рис. 2 показана замкнутая технологическая схема переработки небокситового минерального сырья с получением товарных продуктов: глинозема и аморфного кремнезема [4]. Из 1000 т каолина марки КМ-1 можно извлечь 445 т аморфного кремнезема и 352 т глинозема. Среднемировая стоимость аморфного кремнезема составляет 5000 долл. США/т, глинозема – 450 долл./т. Ультрадисперсный аморфный кремнезем различной химической чистоты широко используется в качестве наполнителя при производстве резины, текстиля, бумаги, при изготовлении косметической продукции и лекарственных средств, в качестве основы при производстве оптоволоконного кабеля дальней связи и в других отраслях промышленности.

После фторидной обработки (рис. 2) летучий продукт представляет собой гексафторосиликат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ высокой химической чистоты, обладающий высокими бактерицидными и огнестойкими свойствами, который широко применяется в мебельной промышленности, при фторировании питьевой воды, для получения аморфного кремнезема и других целей. Электролитическим методом из гексафторосиликата аммония получен аморфный кремний [5], который используется в электронной, радиотехнической, космической и других отраслях промышленности. Среднемировая стоимость гексафторосиликата аммония составляет 4 тыс. долл. США/т, аморфного кремния – 200 тыс.

долл./т. Из глинозема методом электролитического восстановления получен первичный технический алюминий, а из кремнезема – полупроводниковый кремний. Из 1000 т каолина марки КМ-1 можно извлечь 156 т полупроводникового кремния и 184 т первичного электролитического алюминия. Среднемировая стоимость полупроводникового кремния составляет 35 тыс. долл. США/т, алюминия – 2100 долл. /т. Предварительные экономические расчеты показывают, что себестоимость алюминия ниже себестоимости этого металла, извлекаемого из высококачественных бокситов, существенным образом, за счет использования инновационных технологий комплексной переработки различного небокситового сырья. В результате термической обработки каолинов при восстановительных или инертных условиях в нелетучем остатке образуется фторид алюминия (AlF_3) , используемый как компонент электролитического расплава, для получения криолита, флюсов, эмалей и других целей. Среднемировая стоимость фторида алюминия составляет 1000 долл. США/т.

Применяемые дополнительные компоненты легко восстанавливаются с отсутствием твердых, жидких и газообразных отходов, что обеспечивает их многократное использование в замкнутых технологических процессах и гарантирует полную экологическую безопасность окружающей среды. Следует отметить, что стоимость выпускаемой наукоемкой товарной продукции будет превышать в сотни и

тысячи раз стоимость исходного минерального сырья. Например, стоимость 1 т кварцевого песка составляет 10 долл. США/т, а получаемого из него аморфного кремнезема – 5000 долл./т и аморфного кремния – 200 тыс. долл./т.

Разработанную инновационную технологию переработки небокситового сырья методом фторидной металлургии можно реализовать на стандартном опытно-промышленном и промышленном оборудовании с незначительной реконструкцией. Функциональные возможности разработанной инновационной технологии и применяемой аппаратуры заключаются в их использовании для любого состава различного небокситового сырья и низкокачественной высококремнистой бокситовой руды. Полученные физико-химические характеристики фторидной экстракции и электролитического извлечения алюминия, кремния и их соединений вносят вклад в решение проблемы расширения минерально-сырьевой базы алюминиевой промышленности РФ и являются основой для дальнейших фундаментальных и технологических исследований по извлечению рудных металлов из горных пород и отходов промышленного производства.

На основе месторождений алюмосиликатного и силикатного сырья в Верхнем и Среднем Приамурье существуют благоприятные перспективы для развития высокотехнологичных горнопромышленных комплексов и металлургических предприятий по производству

огнеупорных волокнистых материалов, алюминия, кремния и их соединений с использованием разработанных инновационных технологий. Местная сырьевая база и огромные экономические ресурсы позволят получать конечную товарную продукцию, конкурентоспособную с производимой в центральных районах России, странах ближнего и дальнего зарубежья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Васильев, И.А.* Минерально-сырьевая база Амурской области на рубеже веков / *И.А. Васильев, В.П. Капанин, Г.П. Ковтонюк* и др. // Благовещенск: Зея, 2000. – 168 с.
2. Оценка перспектив алюминиевого сырья Дальнего Востока. Хабаровск: ДВИМС, 1979. – 528 с.
3. *Сорокин, А.П.* Комплексная переработка силикатного и алюмосиликатного сырья Верхнего Приамурья / *А.П. Сорокин, В.С. Римкевич, Ю.Н. Маловицкий* и др. // *Материалы XXVI Российской школы по проблемам науки и технологий.* – Екатеринбург: УРО РАН, 2006. – С. 314-316.
4. *Римкевич В.С., Маловицкий Ю.Н., Демьянова Л.П.* Способ переработки кремнеземсодержащего сырья. Патент РФ №2286947. – 2006, БИ №31.- С. 304.
5. *Маракушев, А.А.* Экспериментальные исследования несмесимости галогенидно-силикатных расплавов и получение кремния электролизом водного раствора $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ / *А.А. Маракушев, И.А. Зубенко, Ю.Н. Маловицкий* и др. // Бюл. моск. об-ва испытателей природы. Отд. геол. – 2005. – Т. 80, вып. 5. – С. 47-51.

THE HIGH TECHNOLOGY INNOVATIVE ENGINEERING OF COMPLEX PROCESSING ALUMINOSILICATE AND SILICATE RAW MATERIAL FROM UPPER AND MIDDLE PRYAMURYE

© 2009 V.S. Rimkevich¹, A.P. Sorokin², Yu.N. Malovitskiy¹, A.A. Pushkin¹

¹ Institute of Geology and Nature Management FEB RAS

² Amur Science Centre FEB RAS, Blagoveshchensk

On the basis of fundamental and technological researches of processing aluminosilicate and silicate raw material optimum conditions of reception the fire-resistant fibrous materials, aluminium, silicon and their bridgings are revealed. As a result the high technology innovative engineering of complex production various commodity output from local mineral raw material which development will allow to create hi-tech mining complexes and metallurgical factories in Upper and Middle Pryamurye are developed.

Keywords: *aluminosilicate raw material, engineering of processing, fire-resistant materials*

Vyacheslav Rimkevich, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Head of the Laboratory of Mineral Processing High Technologies. E-mail: vrimk@yandex.ru
Anatoly Sorokin, Corresponding Member of RAS, President. E-mail: amurnc@ascnet.ru
Yury Malovitskiy, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Leading Research Fellow at the Laboratory of Mineral Processing High Technologies. E-mail: alsislab@mail.ru
Alexander Pushkin, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Research Fellow at the Laboratory of Mineral Processing High Technologies. E-mail: Pushkin@ascnet.ru