

## **Получение игольчатого волластонита при каталитическом автоклавном выщелачивании лейкоксенового концентрата известковым молоком**

**Г. Б. Садыхов, Ю. В. Заблоцкая, К. Г. Анисонян, Д. Ю. Копьев, Т. В. Олюнина, Т. В. Гончаренко**

---

Исследованы условия одновременного получения рутила и волластонита при автоклавном обескремнивании лейкоксеновых руд Ярегского месторождения известковым молоком. Изучено влияние расхода извести, концентрации NaOH, крупности концентрата, температуры и продолжительности выщелачивания на полноту связывания  $\text{SiO}_2$  с CaO в  $\text{CaSiO}_3$  и установлены оптимальные параметры процесса для получения рутила и гидрата метасиликата кальция. Методами термогравиметрического и рентгенофазового анализов определены параметры термической обработки гидрата метасиликата кальция для получения синтетического волластонита. С помощью электронной микроскопии установлено, что полученный в условиях автоклавного выщелачивания лейкоксенового концентрата волластонит имеет игольчатую форму, что делает его ценным материалом, способным заменить природный волластонит.

**Ключевые слова:** лейкоксен, автоклавное выщелачивание, известковое молоко, обескремнивание, синтетический рутил, метасиликат кальция, игольчатый волластонит.

---

### **Введение**

Волластонит в настоящее время является одним из главных минеральных наполнителей, применяемых в различных отраслях промышленности. Главные потребители волластонита — производства керамики, пластика, заменителей асбеста, металлургических флюсов и наполнителей для красок [1]. Природный волластонит имеет игольчатую форму кристаллов, которая определяет основное направление его использования в качестве микроармирующего наполнителя. Игольчатая форма волластонита позволяет получать более прочные покровные пленки из лакокрасочных материалов и повышает их долговечность и износостойкость. Даже небольшие его добавки увеличивают прочность различных материалов на два порядка, снижают время и температуру обработки, увеличивают жаростойкость, химическую стойкость и износостойкость изделий, улучшают электроизолирующие и диэлектрические характеристики. Кроме традиционного применения в качестве наполнителя синтетический волластонит

может быть использован в производстве белого пигмента в качестве заменителя  $\text{TiO}_2$  [1, 2].

Мировая добыча природного волластонита составляет 0,5 – 0,7 млн. т в год и осуществляется в США (44 %), КНР (44 %), Индии (4 %), Мексике (4 %), Финляндии (4 %). В России волластонит не добывают. Небольшие разведанные запасы волластонита в мире и возрастающий спрос на данное сырье стимулируют интерес к разработке способов получения синтетического волластонита. Ежегодное мировое производство синтетического волластонита составляет 0,6 млн. т и осуществляется в Великобритании (80 %), Дании, Франции, Германии и США [2]. В России производство волластонита практически отсутствует. По ориентировочной оценке потребности российского рынка в волластоните для полной замены им только асбеста составляют ~ 1,5 – 2 млн. т в год.

Исходным сырьем для синтеза волластонита служат разнообразные соединения кальция и кремния (от отходов химических производств до различных природных соединений, например, фосфогипс, мел, кальцит, кварцевый песок, диатомит

и т.д.) [1]. Волластонит в основном получают с помощью высокотемпературного твердофазного синтеза из широкого комплекса веществ в результате спекания кальций- и кремнийсодержащих компонентов при температурах 1000 – 1400 °С [1]. В ряде стран (Германия, Франция, Дания и др.) синтетический волластонит получают гидротермальным синтезом гидросиликатов кальция из водных суспензий при температурах в интервале от 80 до 350 °С с последующей дегидратацией и прокаливанием при температуре выше 800 °С [3, 4]. Более дешевый и менее энергозатратный способ синтеза гидросиликатов кальция (в частности, ксонотлита) — гидрохимический синтез, при котором процесс осуществляется при температурах ниже 100 °С и нормальном атмосферном давлении [1, 3, 5 – 8].

Следует отметить, что в зависимости от условий синтеза силикаты кальция могут выделяться в разных формах, что обуславливает их области применения. Один из способов получения длинноцепочечных гидросиликатов кальция — их гидротермальным синтез из техногенного кальцийсодержащего сырья (фосфогипса) и кремнийсодержащего продукта — силикат-глыбы [8]. Полученный в результате порошок сушат при 25 °С в течение 24 ч, а затем прокаливают 2 ч при 1000 °С. Размер частиц синтезированного волластонита составляет менее 1 мкм. Согласно работе [9] игольчатый волластонит можно получить из гидросиликата кальция со сферической формой частиц при дополнительной обработке в автоклаве щелочным раствором при температуре 220 °С.

В России имеется уникальное крупнейшее месторождение лейкоксена (Ярегское месторождение), на долю которого приходится около половины промышленных запасов титана страны [10, 11]. Отличительной особенностью лейкоксена этого месторождения является сложный полиминеральный состав и высокое содержание кремнезема. Зерна лейкоксена представляют собой минеральную ассоциацию, состоящую из рутила и кварца в тонком проращении. Содержание  $TiO_2$  и  $SiO_2$  в них изменяется в пределах 56 – 67 и 25 – 30%, соответственно. Помимо этого в лейкоксене содержатся  $Fe_2O_3$  — 2,5 – 3,5 %,  $Al_2O_3$  — 3 – 4 %, редкие (Nb, Ta, Zr) и редкоземельные элементы (Y, Nd, Gd, Sm, Eu). Государственным балансом запасов Российской Федерации по Ярегскому месторождению учтено по промышленным категориям 219,4 тыс. т редких земель (1,2% от общероссийских) и по категории  $C_2$  — 811,7 тыс. т при среднем содержании 0,04 %. Эти обстоятельства порождают ряд проблем при обогащении и переработке ярегских лейкоксеновых руд. Поэтому эффективная переработка этого вида

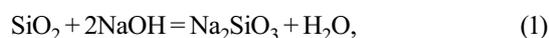
комплексного сырья возможна только химическими способами, которые позволят одновременно получать качественные титан- и кремнийсодержащие товарные продукты с попутным извлечением редких и редкоземельных элементов. В связи с этим в последние годы в ИМЕТ РАН проведены исследования по разработке технологии переработки лейкоксеновых концентратов и руд с получением синтетических рутила — высококачественного сырья для производства титана и пигментного  $TiO_2$  хлорным способом, и волластонита [12 – 16].

Цель данной работы — разработка процесса одновременного получения рутила и волластонита при автоклавном обескремнивании лейкоксеновых руд известковым молоком.

### Методика исследований

Для получения синтетических рутила и волластонита лейкоксеновый концентрат подвергают магнетизирующему обжигу с последующей магнитной сепарацией. Полученный титановый концентрат (магнитная фракция) выщелачивают в автоклаве известковым молоком в присутствии 3 – 5 г/л щелочи при температуре 200 – 220 °С. Затем полученную при выщелачивании пульпу с помощью мокрой магнитной сепарации разделяют на рутильный продукт и гидрат метасиликата кальция, который сушат и прокаливают при 1050 °С [14 – 16]. При этом содержащиеся в лейкоксеновом концентрате редкие и редкоземельные элементы концентрируются в рутильном продукте, что существенно облегчает их дальнейшее извлечение (в виде твердого остатка) при производстве тетрахлорида титана.

При автоклавном выщелачивании лейкоксеновых концентратов известковым молоком процесс протекает по сложному механизму и зависит от многих факторов. Связывание  $SiO_2$  с  $CaO$  в  $CaSiO_3$  происходит в две стадии по реакциям:



При этом скорость образования  $CaSiO_3$  определяется, во-первых, скоростью реакции (1), во-вторых, скоростью растворения  $Ca(OH)_2$ , необходимого для поддержания интенсивности протекания реакции (2). Из-за использования при выщелачивании грубодисперсного лейкоксенового концентрата (крупность от –0,63 до –0,3 мм) скорость реакции (1) существенно зависит от модификации и крупности частиц кремнезема, находящегося внутри зерен лейкоксена — “внутреннего” кремнезема.

Таблица 1

Влияние фракционного состава на остаточное содержание  $\text{SiO}_2$  в выщелоченном титановом концентрате (рутильный продукт)

Крупность, мм	Продолжительность процесса 2 ч			Продолжительность процесса 3 ч		
	Выход фракции, масс. %	Содержание, масс. %		Выход фракции, масс. %	Содержание, масс. %	
		$\text{TiO}_2$	$\text{SiO}_2$		$\text{TiO}_2$	$\text{SiO}_2$
-1+0,63	1,3	88,24	7,39	1,5	91,28	4,25
-0,63+0,315	40,8	90,58	4,22	34,3	92,79	2,18
-0,315+0,2	42,6	92,10	2,19	41,2	92,29	2,38
-0,2	15,3	92,63	1,77	23,0	92,48	2,20

С другой стороны  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  трудно растворимое в воде соединение, и поэтому в случае ограничения его растворения возрастает вероятность протекания побочных реакций с локальным образованием силиката кальция на поверхности частиц  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , отрицательно влияющих на скорость и полноту связывания  $\text{SiO}_2$  с  $\text{CaO}$  в условиях выщелачивания.

Таким образом, при автоклавном выщелачивании лейкоксенового концентрата известковым молоком в присутствии  $\text{NaOH}$  связывание  $\text{SiO}_2$  с  $\text{CaO}$  в  $\text{CaSiO}_3$  лимитируется в основном двумя процессами: взаимодействием кремнезема с  $\text{NaOH}$  по реакции (1) и интенсивностью растворения  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  по мере израсходования его по реакции (2). Кроме того скорость выщелачивания существенно зависит от концентрации в растворе  $\text{NaOH}$ , температуры и продолжительности процесса.

### Результаты исследований и их обсуждение

Для достижения высокой степени связывания  $\text{SiO}_2$  с  $\text{CaO}$  в  $\text{CaSiO}_3$  изучено влияние расхода  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и концентрации  $\text{NaOH}$  при автоклавном выщелачивании титанового концентрата в широкой температурной области (140 – 220 °С). Для улучшения растворимости известки был использован высокодисперсный  $\text{CaO}$  после прокалывания при 1100 °С. В результате было показано, что повышение температуры выщелачивания позволяет значительно уменьшить концентрацию  $\text{NaOH}$  в растворе. При температурах 200 – 220 °С практически полное взаимодействие  $\text{SiO}_2$  с  $\text{CaO}$  достигается при содержании 3 – 5 г/л  $\text{NaOH}$  в растворе. В этих условиях полнота взаимодействия  $\text{SiO}_2$  с  $\text{CaO}$  определяется количеством  $\text{CaO}$  в системе. При недостаточном его количестве выщелачивание идет медленно, а также имеет место образование гелеобразных силикатов с повышенным содержанием кремнезема —  $\text{CaO} \cdot x\text{SiO}_2$  ( $x > 1$ ). Они обволакивают зерна лейкоксена, что ухудшает условия протекания процесса. Увеличение расхода  $\text{CaO}$  до стехиометрического количества приводит к значительному ускорению скорости выщелачивания.

Дальнейшее увеличение расхода  $\text{CaO}$  не целесообразно, так как приводит к образованию других силикатов, отрицательно влияющих на качества волластонита.

Установлено, что крупность концентрата существенно влияет на скорость процесса его выщелачивания (табл. 1). Так, при выщелачивании титанового концентрата при температуре 220 °С в течение 2 ч полнота взаимодействия  $\text{SiO}_2$  с  $\text{CaO}$  достигается во фракциях крупностью -0,315 мм. Содержание остаточного  $\text{SiO}_2$  в этих фракциях находится в пределах 1,8 – 2,2 %, а в более крупных фракциях продукта — от 4 до 7 % и более. При увеличении продолжительности процесса до 3 ч сопоставимые результаты выщелачивания достигаются в более крупной фракции (-0,63+0,315 мм). Остаточное содержание  $\text{SiO}_2$  в ней уменьшается с 4,22 до 2,18 %. В этих условиях содержание  $\text{SiO}_2$  в более грубой фракции -1,0+0,63 мм составляет 4,25 %. Полученные результаты по изменению содержания остаточного кварца в продуктах выщелачивания подтверждены рентгенофазовым анализом.

Исследования показали, что при мокрой магнитной сепарации при напряженности магнитного поля 3,0 – 5,0 кЭ достигается практически полное отделение

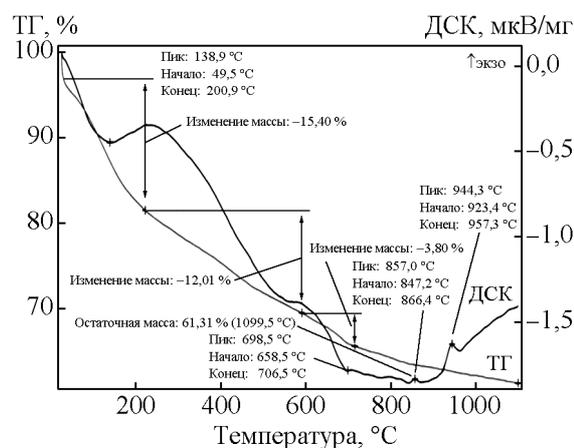


Рис. 1. Термограмма гидрата метасиликата кальция, полученного при автоклавном обескремнивании лейкоксенового концентрата известковым молоком.

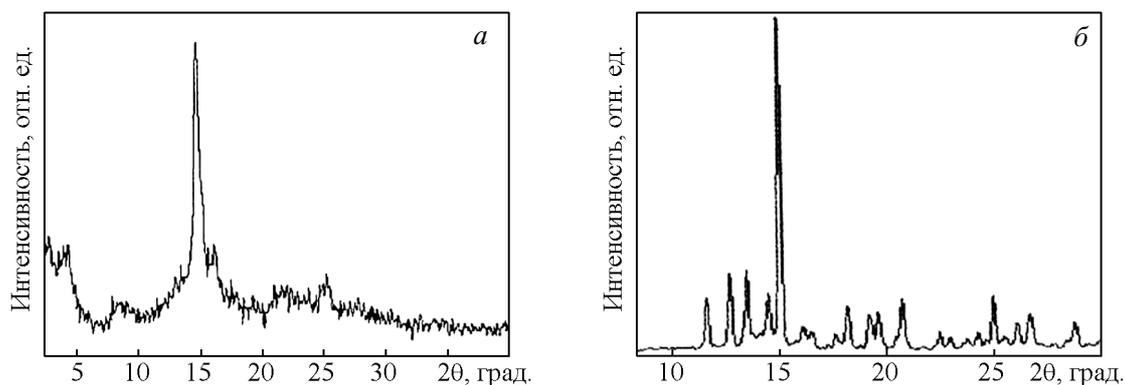


Рис. 2. Дифрактограммы метасиликата кальция, полученного при автоклавном выщелачивании лейкоксенового концентрата известковым молоком: *a* – высушенного при 120 °С; *б* – прокаленного при 1050 °С в течение 1 ч (Cu  $K_{\alpha}$ -излучение).

ние метасиликата кальция в виде водной суспензии от рутильного продукта. Метасиликат кальция легко выделяется из суспензии фильтрацией. После фильтрации получается осадок гидрата  $CaSiO_3$ , содержащий до 80–85 % воды.

Полученный продукт после сушки при комнатной температуре исследовали методом совмещенного

дифференциального термического анализа (ДТА) и термогравиметрии (ТГ) на установке STA 409 Luxx. На кривых ДТА (рис. 1) наблюдаются эндоэффекты, связанные с удалением воды из полученного гидросиликата кальция при различных температурах. Эндоэффект при температуре 138,9 °С связан с удалением адсорбционной и кристаллизационной

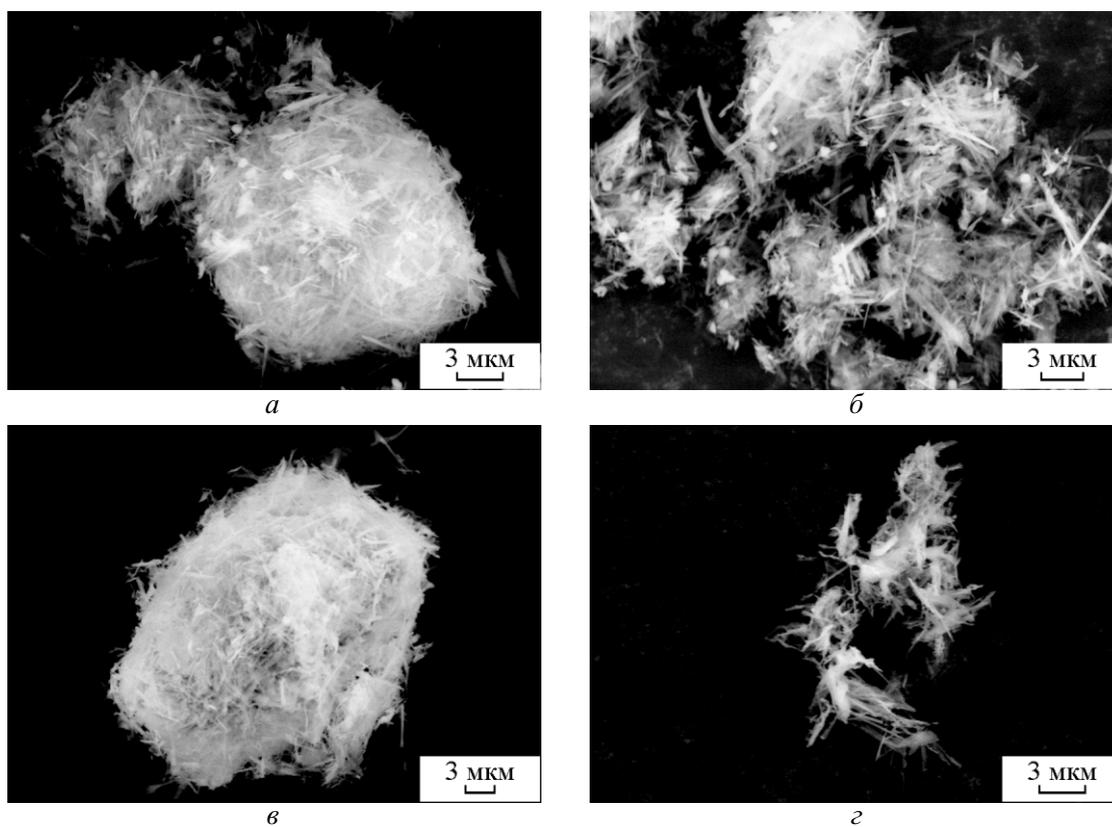


Рис. 3. Микрофотографии волластонита, полученного при автоклавном выщелачивании лейкоксенового концентрата известковым молоком: *a, б* – высушенный при 105 °С; *в, г* – прокаленный при 1050 °С.

воды, которая составляет ~15 %. Согласно рентгенофазовому анализу, высушенный осадок — плохо кристаллизованный гидрат метасиликата кальция (рис. 2а). Эндозффект в интервале температур 200–710 °С связан с удалением связанной воды из гидрата метасиликата кальция. Практически полная дегидратация метасиликата кальция достигается при температуре около 850 °С, что согласуется с работой [5]. Экзоэффекты на кривой ДТА при температурах 857 и 944 °С относятся к перестройке кристаллической решетки с формированием β-волластонита, которое растягивается до 1000–1050 °С, что подтверждается рентгенофазовым анализом (рис. 2б). В этих условиях масса образца практически не изменяется. Полученный волластонит представляет собой белое высокодисперсное вещество, содержащее 50,2 % SiO<sub>2</sub>, 46,9 % CaO, до 0,9 % TiO<sub>2</sub> и до 1,6 % Na<sub>2</sub>O. Потери титана с волластонитом незначительны и составляют всего 0,5–0,7 %. Содержание примесей до 10 % соответствует требованиям технических условий для различных марок волластонита.

Методом растровой электронной микроскопии на микроскопе LeO-430i изучена морфология метасиликата кальция, высушенного при 105 °С и прокаленного при 1050 °С (рис. 3). В результате было показано, что образцы представляют собой агломераты разной формы размером от 4 до 20–30 мкм, состоящие из игольчатых кристаллов. Длина (*L*) и диаметр (*D*) отдельных “иголок” составляют 2–5 мкм и ~0,2 мкм, соответственно. При этом отношение *L/D* меняется от 10:1 до 20:1. Этот показатель соответствует характеристикам микроигольчатых сортов волластонита (*L/D* = 12÷20:1), применение которых позволяет упрочнять различные композиционные материалы и придавать им высокую термостойкость, в связи с чем используется в качестве армирующей добавки. Следует отметить, что синтетический игольчатый волластонит с длиной иголок до 5 мкм по своим техническим характеристикам может конкурировать с TiO<sub>2</sub> в производстве лакокрасочных материалов [8, 9]. Он также используется как экологически чистый наполнитель — заменитель асбеста, каолина, мела и талька.

Образование метасиликата кальция игольчатой формы при каталитическом автоклавном выщелачивании лейкоксенового (титанового) концентрата известковым молоком связано с тем, что связывание SiO<sub>2</sub> с CaO проходит через образование Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, выделение которого происходит медленно по мере растворения кварца в зернах лейкоксена. Это создает благоприятные кинетические условия для роста кристаллов CaSiO<sub>3</sub>, благодаря постепенному осаждению на кристаллах метасиликата кальция, образу-

ющегося в результате взаимодействия Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> с Ca(OH)<sub>2</sub>.

С помощью анализатора TriStar 3000 определена удельная поверхность и пористость полученных порошков синтетического волластонита: удельная поверхность равна 11,2 м<sup>2</sup>/г, а объем внутренних пор — 1,1 м<sup>3</sup>/г.

## Заключение

Показана возможность одновременного получения синтетического рутила и игольчатого волластонита (около 0,8 т волластонита на 1 т синтетического рутила) в едином технологическом цикле комплексной переработки лейкоксеновых руд Ярегского месторождения с попутным извлечением редких и редкоземельных металлов. Это позволит существенно снизить себестоимость получаемых продуктов, решить сырьевые проблемы титана и обеспечить Россию ценным и многофункциональным материалом — волластонитом.

## Литература

1. Гладун В.Д., Акатьева Л.В., Андреева Н.Н., Холькин А.И. Получение и применение синтетического волластонита из природного и техногенного сырья. *Химическая технология*, 2004, № 9, с. 4–11.
2. Гладун В.Д., Холькин А.И., Акатьева Л.В. Перспективы создания производства синтетического волластонита в России. *Химическая технология*, 2007, № 5, с. 201–204.
3. Гладун В.Д., Акатьева Л.В., Андреева Н.Н., Холькин А.И. Получение ксонолита и перспективы его применения. *Химическая технология*, 2000, № 11, с. 2–9.
4. Гладун В.Д., Холькин А.И., Акатьева Л.В., Андреева Н.Н. Способ получения силиката кальция. Патент РФ № 2213054. Заявл. 11.11.2002, опубл. 27.09.2003.
5. Гордиенко П.С., Ярусова С.Б., Супонина А.П., Крысенко Г.Ф., Буланова С.Б., Колзунов В.А., Баринов Н.Н. Гидрохимический синтез силикатов кальция в системах CaCl<sub>2</sub> – Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>·nH<sub>2</sub>O, CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O – Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>O, CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O – SiO<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O – KOH, состав, структура, свойства. *Вестник ДВО РАН*, 2009, № 2, с. 30–33.
6. Манвелян М.Г., Мартиросян Г.Г. Способ получения синтетического волластонита. А.с. СССР № 528261. заявл. 13.05.74, опубл. 15.09.76, Бюл. № 34.
7. Оганесян Э.Б., Оганесян К.Б., Овсепян Г.Ш. и др. Способ получения гидросиликата кальция. А.с. СССР № 1159884. Заявл. 12.12.83, опубл. 07.06.85, Бюл. №21.
8. Гладун В.Д., Акатьева Л.В., Холькин А.И. Переработка фосфогипса в экологически чистый синтетический волластонит. *Международная конференция по химической технологии ХТ'07*. Санкт-Петербург,

- 10 – 13 октября 2007 г., Сб. тезисов докладов. Т. 1. М.: ЛЕНАНД, 2007, с. 130 – 134.
- Акатьева Л.В. Получение наноразмерных порошков гидросиликатов кальция для композиционных материалов. *Химическая технология*, 2013, т. 14, № 4, с. 199 – 209.
  - Тигунов Л.П., Быховский Л.З., Зубков Л.Б. Титановые руды России: состояние и перспективы освоения. Минеральное сырье. Серия геолого-экономическая. № 17. М.: Изд-во ВИМС, 2005, 104 с.
  - Игнатъев В. Д., Бурцев И. Н. Лейкоксен Тимана. СПб.: Наука, 1997, 214 с.
  - Садыхов Г.Б., Резниченко В.А., Заблоцкая Ю.В., Олюнина Т.В., Кирюшкина Н.Ю., Анисонян К.Г., Копьев Д.Ю., Зеленова И.М. Нефтеносные титановые пески ярегского месторождения – решение проблемы титанового сырья в России. *Титан*, 2006, № 1 (18), с. 12 – 19.
  - Садыхов Г.Б. Новые подходы к решению проблем использования комплексного титанового и других видов труднообогатимого сырья России. Юбилейный сборник “Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН 75 лет”. М.: Интерконтакт Наука, 2013, с. 37 – 59.
  - Анисонян К.Г., Садыхов Г.Б., Олюнина Т.В., Гончаренко Т.В., Леонтьев Л.И. Исследование процесса магнетизирующего обжига лейкоксенового концентрата. *Металлы*, 2011, № 4, с. 62 – 66.
  - Заблоцкая Ю.В., Садыхов Г.Б., Гончаренко Т.В., Олюнина Т.В., Анисонян К.Г., Тагиров Р.К. Особенности процессов автоклавного выщелачивания лейкоксенового концентрата с участием  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . *Металлы*, 2011, № 6, с. 9 – 14.
  - Заблоцкая Ю.В., Садыхов Г.Б., Гончаренко Т.В., Олюнина Т.В. Получение синтетического рутила и волластонита из лейкоксенового концентрата Ярегского месторождения гидromеталлургическим способом. Сб. трудов 2-й научно-практической конференции с международным участием и элементами школы для молодых ученых “Перспективы развития металлургии и машиностроения с использованием завершённых фундаментальных исследований и НИОКР”. (Екатеринбург 1 – 4 октября 2013 г.). Екатеринбург: ИздатНаукаСервис, 2013, с. 350 – 353.
  - Gladun V.D., Akatyeva L.V., Andreyeva N.N., Holkin A.I. *Metod polucheniya silikata kaltsiya* [Method of obtaining silicate calcium]. Patent RF, no. 2213054., announce 11.11.2002, publ. 27.09.2003.
  - Gordiyenko P.S., Yarusova of S. V. Suponin A.P., Infantrat G.F., Bulanova S.B., Kolzunov V.A., Barinov N. N. Gidrochemical synthesis of calcium silicates in systems  $\text{CaCl}_2 - \text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{SiO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ ,  $n\text{H}_2\text{O} - \text{KOH}$ , composition, structure, properties. Far East Branch of Russian Academy of Sciences bulletin, 2009, no. 2, pp. 30 – 33.
  - Manvelyan M. G., Martirosyan G.G. *Metod polucheniya sinteticheskogo wollastonita* [Method of obtaining a synthetic wollastonite]. Inventors certificate USSR, no. 528261, announce 13.05.74, publ. 15.09.76, Bulletin no. 34.
  - Oganesyan E.B., Oganesyan K.B., Ovsepyan G. Sh., etc. *Sposob polucheniya gidrosilikata kaltsiya* [Method of obtaining calcium hydrosilicat]. Inventors certificate USSR, no. 1159884, announce 12.12.83, publ. 07.06.85, Bulletin no. 21.
  - Gladun V.D., Akatyeva L.V., Holkin A.I. *Pererabotka fosfogipsa v ekologicheski chisty sintetichesky wollastonit* [Processing of a phosphogypsum to the eco-friendly synthetic wollastonite]. Int. conference on the chemical technology CHT’07, vol. 1, Moscow, LENAND Publ., 2007, pp. 130 – 134.
  - Akatyeva L. V. Polucheniye nanorazmernykh poroshkov gidrosilikatov kaltsiya dlya kompozitsionnykh materialov [Obtaining nano-sized powders of calcium hydrosilicates for composite materials]. *Khimicheskaya tekhnologiya — Chemical engineering*, 2013, vol. 14, no. 4, pp. 199 – 209.
  - Tigunov L.P., Bykhovsky L.Z., Zubkov L.B. *Titanovye rudy Rossii: sostoyaniye i perspektivy osvoyeniya. Mineralnoye syrye. Seriya geologo-ekonomicheskaya* [Titanic ores of Russia: State and prospects of development. Mineral raw materials. Series Geological and economic. Moscow, VIMS Publ., 2005, no 17, 104 p.
  - Ignatyev V.D., Burtsev I.N. *Leykoksen Timana* [Leucoxene of Timman]. St-Petersburg, Nauka Publ., 1997, 214 p.
  - Sadykhov G. B., Reznichenko V.A., Zablotskaya Yu.V., Olyunina T.V., Kiryushkina N. Yu., Anisonyan K.G., Kopyev D.Yu., Zelenova I.M. Neftenosnye titanovye peski Yaregskogo mestorozhdeniya — resheniye problemy titanovogo syrya v Rossii [Oil-bearing titanic sand of a Yarega field – a solution of the problem of titanic raw materials in Russia]. *Titan – Titanium*, 2006, vol. 18, no. 1, pp. 12 – 19.
  - Sadykhov G. B. *Novye podkhody k resheniyu problem ispolzovaniya kompleksnogo titanovogo i drugikh vidov trudnoobogatimogo syrya Rossii* [New approaches to the solution of problems of use complex titanium and other types of difficult for concentration raw materials of Russia], pp. 37-59. In book: Ed. Solntsev K.A. Baikov Institute of metallurgy and materials science 75 years, Moscow, Interkontakt Nauka Publ., 2013, 792 p.
  - Anisonyan K.G., Sadykhov G. B., Olyunina T.V., Goncharenko T.V., Leontyev L.I. Issledovaniye protsessa magnetiziruyushchego obzhiga leykoksenovogo

## References

- Gladun V.D., Akatyeva L.V., Andreyeva N.N., Kholkin A.I. Obtaining and application of synthetic wollastonite from natural and industrial row. *Khimicheskaya tekhnologiya — Chemical technology*, 2004, no. 9, pp. 4 – 11.
- Gladun V.D., Holkin A.I., Akatyeva L.V. Prospects for creation of synthetic wollastonite production in Russia. *Khimicheskaya tekhnologiya — Chemical engineering*, 2007, no. 5, pp. 201 – 204.
- Gladun V.D., Akatyeva L.V., Andreyeva N. N., Holkin A.I. Obtaining of ksonotlite and prospects of its application. *Khimicheskaya tekhnologiya — Chemical engineering*, 2000, no. 11, pp. 2 – 9.

- konsentrata [Magnetizing roasting of leucoxene concentrate]. *Metally — Russian metallurgy*, 2011, no. 4, pp. 62 – 66.
15. Zablotskaya Yu.V., Sadykhov G. B., Goncharenko T.V., Olyunina T.V., Anisonyan K.G., Tagirov R. K. Pressure leaching of leucoxene concentrate using  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . *Metally — Russian metallurgy*, 2011, no. 6, pp. 9 – 14.
16. Zablotskaya Yu.V., Sadykhov G. B., Goncharenko T.V., Olyunina T.V. *Polucheniye sinteticheskogo rutila i wollastonita iz leykoksenovogo konsentrata Yaregskogo mestorozhdeniya gidrometallurgicheskim sposobom* [Obtaining synthetic rutile and wollastonit from a leucoxene concentrate of the Yarega field by hydrometallurgical method]. Proc. 2nd Conference Prospects for the development of metallurgy and mechanical engineering with the use of the completed fundamental research and R & D. Ekaterinburg, Russia, IzgatNaukaServis Publ., 2013, pp. 350 – 353.

*Статья поступила в редакцию 8.09.2014 г.*

**Садыхов Гусейнгулу Бахлул оглы** — Федеральное государственное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН (г. Москва, 119991, ГСП-1, Ленинский пр. 49), доктор технических наук, заведующий лабораторией, специалист в области химии и технологии комплексного использования редкометалльного сырья. E-mail: Sadykhov@imet.ac.ru.

**Заблоцкая Юлия Витальевна** — Федеральное государственное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, научный сотрудник, специалист в области металлургии цветных и редких металлов.

**Анисонян Карен Григорьевич** — Федеральное государственное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, научный сотрудник, специалист в области металлургии цветных и редких металлов.

**Копьев Дмитрий Юрьевич** — Федеральное государственное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, научный сотрудник, специалист в области металлургии цветных и редких металлов.

**Олюнина Татьяна Владимировна** — Федеральное государственное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, старший научный сотрудник, специалист в области петрографии и минералогии.

**Гончаренко Татьяна Васильевна** — Федеральное государственное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, старший научный сотрудник, специалист в области химии и технологии редких и рассеянных элементов.

## **Obtaining of needle wollastonite under catalytic pressure leaching of leucoxene concentrate by lime milk**

**G. B. Sadykhov, Yu. V. Zablotskaya, K. G. Anisonyan, L. Yu. Kopiev,  
T. V. Olyunina, T. V. Goncharenko**

Conditions of simultaneous obtaining of rutile and wollastonit by autoclave desilicization of leucoxene ores from the Yaregsky field by limy milk were studied. Influence of consumption of lime, concentration of NaOH, fineness of concentrate, temperature and duration of leaching on the maximum extent of interaction between  $\text{SiO}_2$  and CaO with formation of  $\text{CaSiO}_3$  is studied and optimum parameters of process with receiving rutile and hydrate of metasilicate of calcium are established. Methods of thermogravimetric and X-ray phase analyses were used for determination parameters of heat treatment of calcium metasilicate hydrate and receiving a synthetic wollastonit. It is established by electron microscopy that wollastonit received under autoclave leaching of leucoxene concentrate has a needle form that allows to use it as materials capable to replace the natural wollastonit.

Keywords: leucoxene, autoclave leaching, limy milk, desilicization, synthetic rutile, calcium metasilicate, needle wollastonit.

---

**Sadykhov Guseyngulu Bachlul oglu** — Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science, Russian Academy of Sciences (119991, Russia, Moscow, Leninskiy pr., IMET RAS, 49), Dr Sci (Eng), head of laboratory. E-mail: Sadykhov@imet.ac.ru.

**Zablotskaya Yulia** — Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science, Russian Academy of Sciences, research worker.

**Anisonyan Karen** — Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science, Russian Academy of Sciences, research worker.

**Kop'yev Dmitriy** — Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science, Russian Academy of Sciences, research worker.

**Olyunina Tatiana** — Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science, Russian Academy of Sciences, senior research worker.

**Goncharenko Tatiana** — Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science, Russian Academy of Sciences, senior research worker.