

**Рис. 7. Гистограммы изменения удельной поверхности в зависимости от температурного воздействия для образцов железистых пигментов различных месторождений**

Продукт, полученный из сырья Калининского и Такерманского типа – пигмент типа сурик – характеризуется следующими показателями: маслосмолность 15–28 г/100 г, укрывистость –20–35 г/м. Продукт, полученный из сырья Байларского и Шабизбашского типа – пигмент типа охра – характеризуется показателями: 25-43/100г; 80–100 г/м<sup>2</sup> соответственно.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification / edit.by G.W. Brindley, G.Brown. Min.Soc., London, 1980. P. 362–376.
2. Буров Б.В., Ясонов П.Г. Терромагнитный анализ горных пород. Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та, 1979. 160 с.
3. Карпачевский Л.О., Бабанин В.Ф., Гендлер Т.С., Опаленко А.А., Кузьмин Р.Н. Диагностика железистых минералов при помощи мессбауэровской спектроскопии // Почвоведение. 1972. № 10. С. 110–120.

## АНАЛЬЦИМСОДЕРЖАЩИЕ ПОРОДЫ ТИМАНА КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО СЫРЬЯ

**Котова О.Б., Шушков Д.А.**

ИГ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

К одной из важных задач развития минерально-сырьевого сектора Республики Коми относится формирование базы для алюминиевой промышленности. Основным сырьем для алюминиевой промышленности являются бокситы республики. Вследствие конечности запасов бокситов (подсчитано, что бокситового сырья Средне-Тиманского рудника хватит примерно на 36 лет) в сферу научного исследования и промышленного применения вовлекается небокситовое глиноземсодержащее сырье – нефелины, алуниты, глины (каолины) и цеолиты.

То, что кислотная обработка цеолитов приводит к их dealюминированию, нам представляется весьма интересным.

Вопрос о получении алюминиевого сырья из цеолитов неоднократно поднимался в отечественной и зарубежной литературе. В.И. Будников и др. [1, 2, 3], отмечали, что проблему получения алюминия можно решить с использованием лейцита  $K(AlSi_2O_6)$ . Этот минерал такого же структурного типа (ANA), как и анальцим. Имеются сведения о том, что в Италии в 30-е годы на лейцитах работал завод, дававший 10 тыс. т глинозема в год. Причем рентабельным оказывалось производство, использующее породы с содержанием лейцита 20–30%.

Что касается аналцимсодержащих пород, то необходимо отметить, что они достаточно широко распространены на Тимане и Притиманье (рис. 1). В результате многолетних исследований выявлено значительное распространение осадочных аналцимсодержащих отложений на Тимане и высокое содержание цеолита (до 80%). Б.А. Осташенко [3] во второй половине прошлого века в Республике Коми выделена Тиманская цеолитоносная провинция площадью около 150000 км<sup>2</sup>.

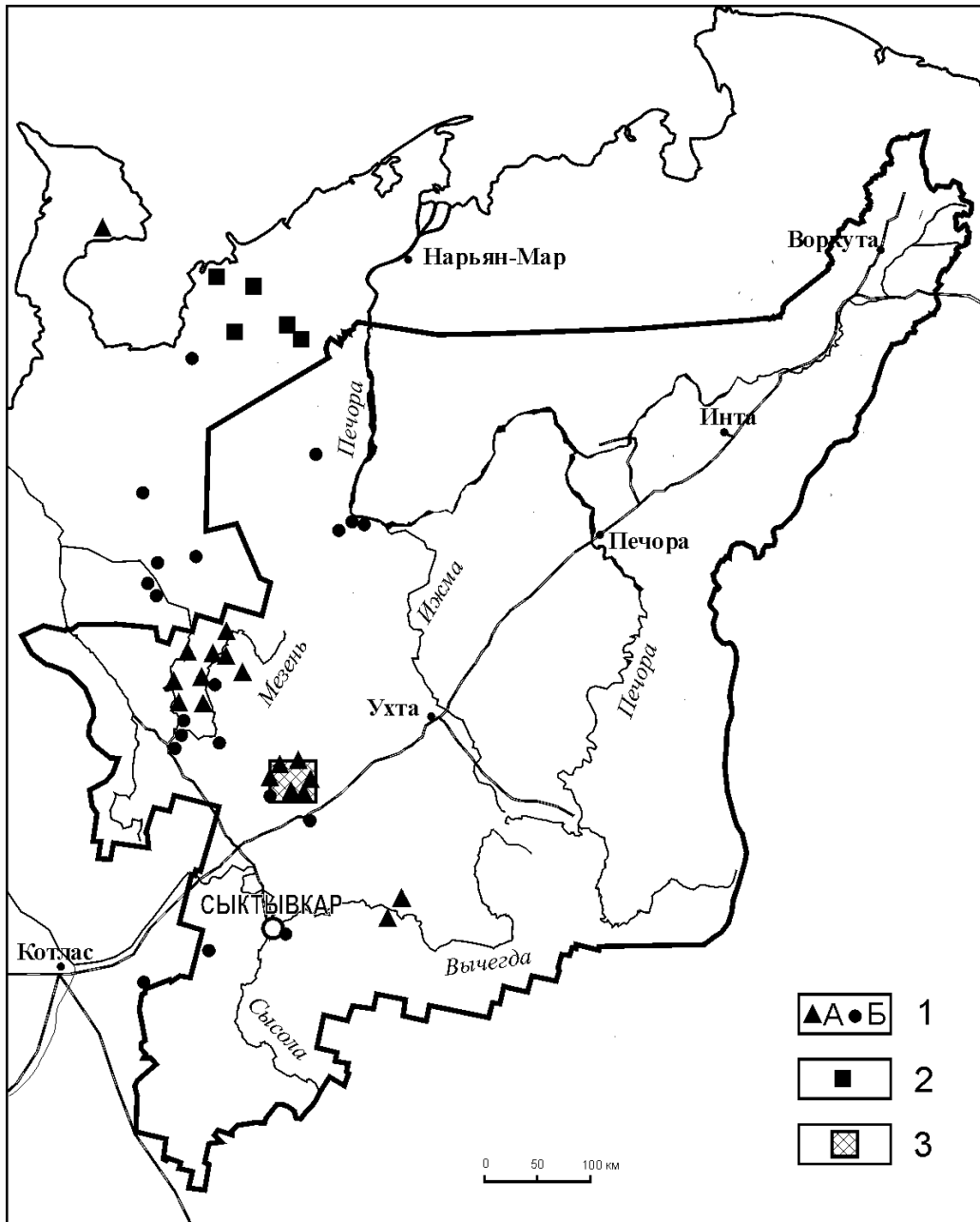
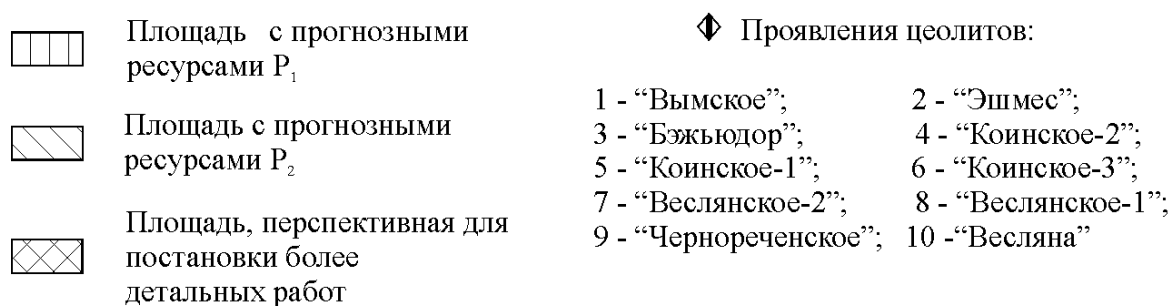
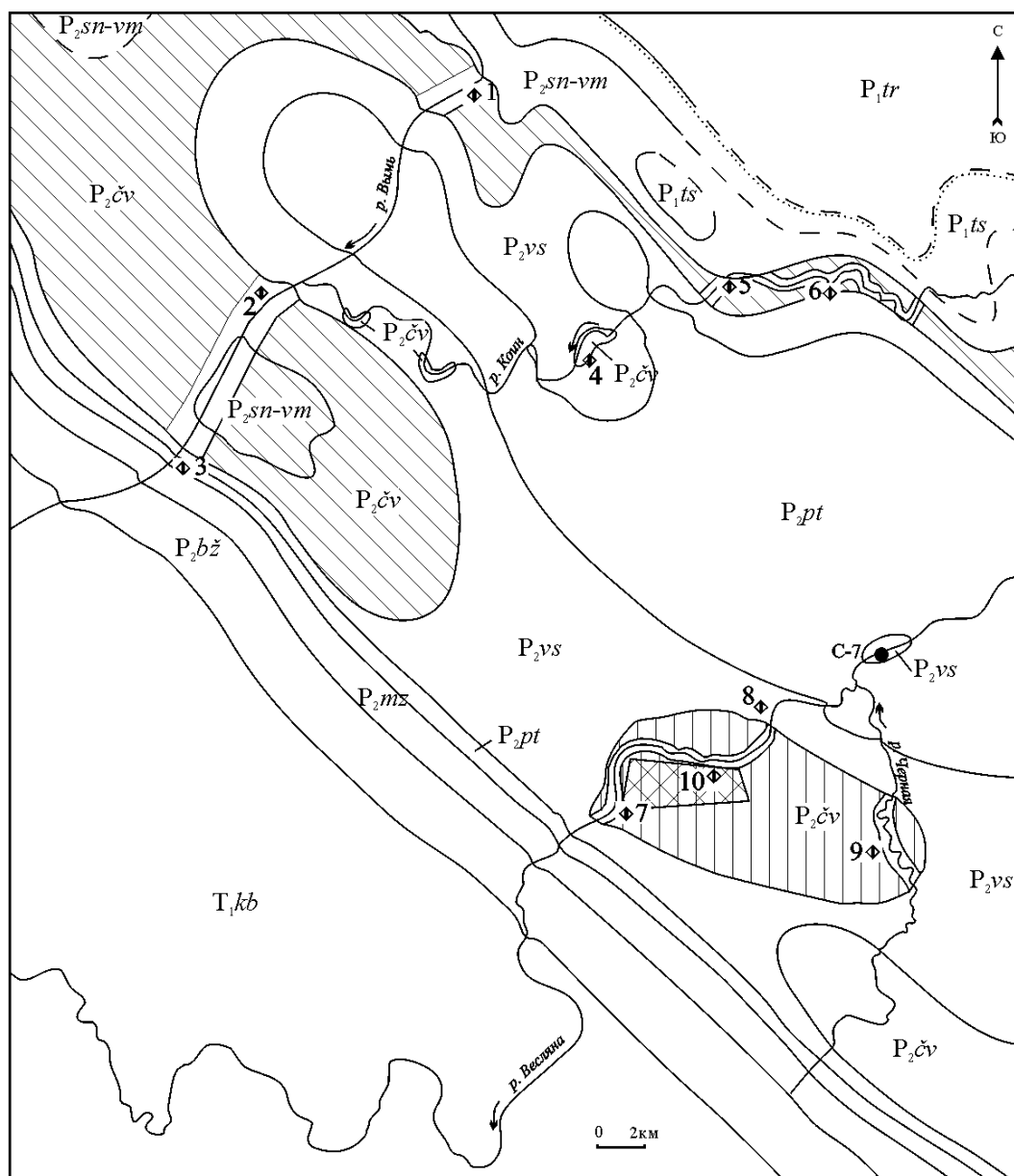


Рис. 1. Цеолитопоявления Европейского Северо-Востока [3].

- 1 – цеолиты в верхнепермских отложениях (А – коренные выходы, Б – в скважинах);
- 2 – цеолиты в базальтах; 3 – Коинская площадь

В пределах провинции наиболее изученной является Коинская цеолитоносная площадь (рис. 2). На данной территории сотрудниками ООО «Комигеология» проведены ревизионные работы. Геологическая изученность площади соответствует среднемасштабной геологической съемке, однако в отношении аналцимонности она исследована неравномерно. На площади известно около 10 аналцимопроявлений. Прогнозные ресурсы Коинской площади по данным ООО «Комигеология» категории P<sub>1</sub> составляют около 600 млн. т, категории P<sub>2</sub> – порядка 1 млрд. 500 млн. т.

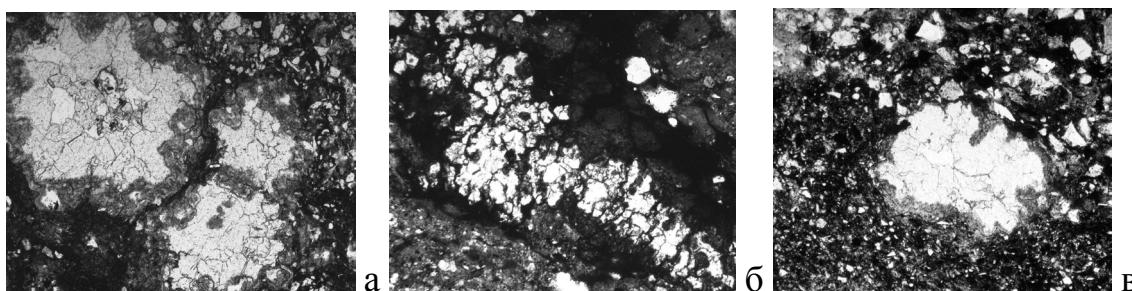


**Рис. 2.** Схема оценки прогнозных ресурсов альцимсодержащих пород Коинской площади.  
Составили В.М. Капитанов, А.Н. Игнатьев и др., ООО «Комигеология» (2005 г)

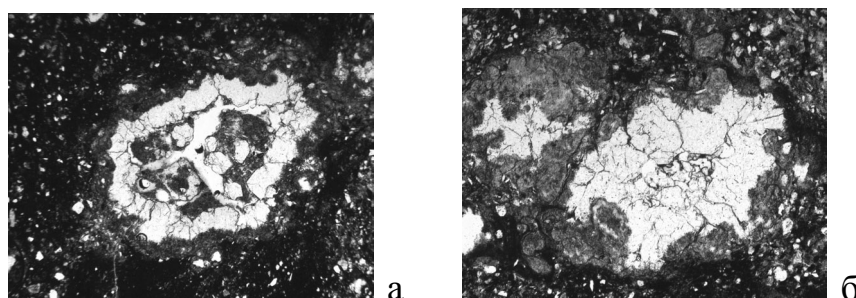
Альцимсодержащие породы представлены верхнепермскими аргиллитами и алевролитами. Анализ минерального состава показал, что породы характеризуются высоким содержанием глинистых минералов (от 50 до 70%), которые пропитаны оксидами и гидроксидами железа. Также присутствуют кварц (10–30%), альцим (1–30%), полевые шпаты (2–10%), карбонаты (2–5%), пирокластический материал [4].

Цеолитовая минерализация по нашим данным представлена анальцитом  $\text{Na}_{16}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96}] \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ . Анальцит на дифрактограммах диагностирован по серии рефлексов ( $d$ , Å): 5,58 (211); 4,83 (220); 3,65 (321); 3,42 (400); 2,92 (322); 2,79 (422); 2,683 (431); 2,491 (521); 2,417 (440) и находится в соответствии с типичными анальцитами [5]. Согласно методике И. В. Пекова с соавторами [6] установлено, что анальцит имеет кубическую сингонию, параметры элементарной ячейки  $a = 13,670 \pm 0,005$  Å,  $V = 2566,20$  Å<sup>3</sup>.

В породе анальцит встречается в виде изометричных кристаллов, микроолитовых стяжений, микрожеодных агрегатов или цемента. Анальцитовые агрегаты инкрустируют полости, а также выполняют микротрещины в породе (рис. 3). Под микроскопом в шлифах четко прослеживаются разные стадии заполнения анальцитом пустот. На рис. 4 а видно, что мелкокристаллический агрегат анальцита инкрустирует полости, а на рис. 4 б наблюдается полностью выполненная им полость в породе. Как правило, анальцитовый агрегат имеет разную структуру. Отмечаются как тонкокристаллические агрегаты анальцита с размером кристаллов менее 0,01 мм, так и среднекристаллические с размером кристаллов около 0,5 мм. Содержание анальцита в породе варьирует от 1 до 30%.



**Рис. 3. Формы выделения анальцитовых агрегатов: а – анальцитовые агрегаты сложной формы, выполняющие полости; б – анальцитовый агрегат, выполняющий трещину в породе; в – анальцитовый агрегат, выполняющий полость. Параллельные николи. Увел. 200. Изображения получены с помощью поляризационного микроскопа Leica RD DM (ВИМС, г. Москва)**



**Рис. 4. Различные стадии заполнения пустот анальцитовыми агрегатами: а – инкрустации полости агрегатами анальцита; б – агрегаты анальцита замешают полость. Параллельные николи. Увел. 200. Изображения получены с помощью поляризационного микроскопа Leica RD DM (ВИМС, г. Москва)**

Алюминий входит в состав кристаллической решетки как анальцита, так и глинистых минералов. Поэтому представлялось интересным рассматривать источником алюминия не только анальцитом, но и породу в целом.

По величине отношения Si/Al анальцит относится к группе низкокремнистых цеолитов, т.е. содержит достаточно большое количество алюминия. Содержание глинозема ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) в анальците составляет от 19 до 21%, в породе от 13 до 18% [7].

Как упоминалось выше, при кислотной обработке из кристаллической решетки анальцита может быть выведена часть атомов алюминия без разрушения самого каркаса минерала. Это способствует увеличению адсорбционной и ионообменной емкости, улучшению каталитических свойств. В тоже время деалюминирование анальцита позволяет рассматривать его в качестве небокситового сырья для производства алюминия.

Для выделения анальцитового концентрата из породы нами была разработана схема обогащения. Она включает следующие операции: дезинтеграция, классификация, ультразвуковая обработка, магнитная сепарация (рис. 5). С помощью данной схемы обогащения получен концентрат с содержанием анальцита 95% [4].



**Рис. 5. Технологическая схема обогащения анализимсодержащих пород**

Нами проведен ряд экспериментов для изучения возможности извлечения алюминия из анализима в кислотный раствор (табл. 1) в зависимости от различных параметров (время обработки, концентрация кислоты). Наибольшее количество  $Al_2O_3$  (более 50%) выделено с помощью 10%  $H_2SO_4$  (время обработки 120 ч.). Более 40%  $Al_2O_3$  выведено в раствор при воздействии 3%  $HCl$  (время обработки 72 ч.) и 10%  $H_2SO_4$  (время обработки 24 ч.) соответственно. Проведенные нами эксперименты показали, что количество выделенного  $Al_2O_3$  имеет сложный характер зависимости от этих параметров.

*Таблица 1*

Изменение химического состава анализима при обработке соляной и серной кислотами

Реагент	Концентрация, %	Время, ч	Масса пробы, г	Крупность, мм	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Na_2O$
Без обработки					66,48	19,73	13,72
HCl	2%	0,12	0,2	-0,4+0,2	66,1	19,77	14,13
	2%	0,5	0,2	-0,4+0,2	67,05	18,81	13,59
	2%	72	0,1	-0,4+0,2	69,69	15,7	14,61
	3%	72	0,1	-0,4+0,2	80,4	11,1	8,5
	5%	24	0,1	-0,05	76,47	13,48	8,17
	5%	120	0,1	-0,05	74,03	13,49	12,41
	7%	0,5	0,2	-0,4+0,2	69,19	18,38	12,41
	конц.	1	0,1	-0,4+0,2	69,54	19,05	11,09
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	конц.	48	0,1	-0,4+0,2	79,88	13,63	6,41
	2%	0,5	0,2	-0,4+0,2	69,49	19,23	10,93
	10%	0,5	0,2	-0,4+0,2	77,52	17,86	4,57
	10%	24	0,1	-0,05	79,42	11,27	6,8
	10%	120	0,1	-0,05	83,65	9,7	6,1
	конц.	1	0,1	-0,4+0,2	69,2	17,44	13,28
	конц.	48	0,1	-0,4+0,2	71,4	16,7	11,69

Примечание: рентгено-флуоресцентный силикатный анализ, аналитик С.Т. Неверов.

Анальцимсодержащие породы также подвергались кислотной обработке. В первом случае в раствор перешло около 45% оксида алюминия, во втором – около 20% (табл. 2). Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что анальцимсодержащие породы также можно использовать в качестве сырья для получения алюминия.

Таблица. 2

Изменение химического состава анальцимсодержащей породы при обработке соляной кислотой

Компонент	пр. № 551		пр. № 58603	
	без обработки	5% HCl, 120 ч.	без обработки	5% HCl, 120ч.
SiO <sub>2</sub>	55,52	61,452	63,6	62,821
TiO <sub>2</sub>	0,94	1,352	0,96	–
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,71	9,856	13,98	11,135
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,91	12,478	6,17	11,332
MnO	0,05	0,043	0,02	0,051
MgO	1,43	–	0,8	0,6
CaO	0,6	0,258	2,08	1,327
K <sub>2</sub> O	1,36	1,085	1,55	2,456
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07	0,087	0,79	0,052
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	0,036	0,01	0,017
NiO	0,01	–	–	–
ZnO	0,01	–	–	–
Rb	0,01	–	0,01	0,009
Sr	0,01	–	0,02	–

Примечание: рентгено-флюоресцентный силикатный анализ, аналитик С.Т. Неверов.

Кроме того, нами разработан способ очистки питьевой воды р. Вычегда с использованием анальцимсодержащей породы [8]. Порода была модифицирована с помощью прокаливания. Это позволило увеличить сорбционные свойства и удалить органические вещества. Установлено, что кварцевый песок и анальцимсодержащая порода примерно одинаково уменьшают цветность и мутность воды (рис. 6, 7). Однако анальцимсодержащая порода значительно лучше снижает содержание железа в воде и уменьшает перманганатную окисляемость (рис. 8, 9). Таким образом, анальцимсодержащие породы могут быть использованы как природные адсорбенты для очистки питьевой и сточной воды.

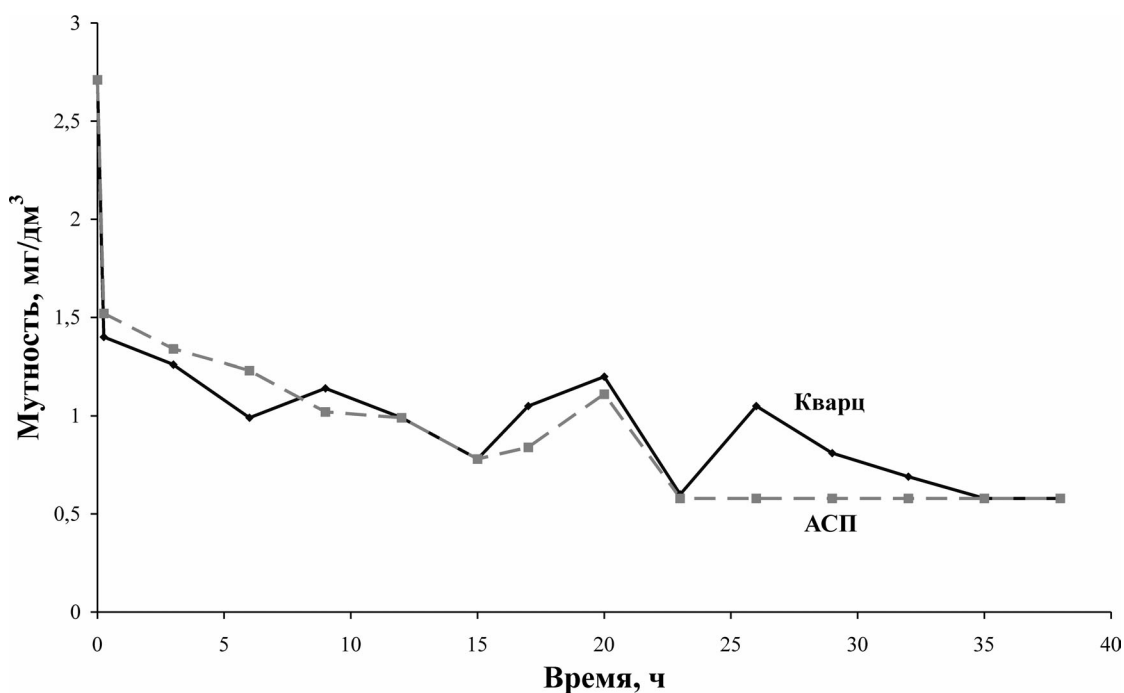


Рис. 6. Мутность воды при пропускании через анальцимсодержащую породу (АСП) и кварцевый песок

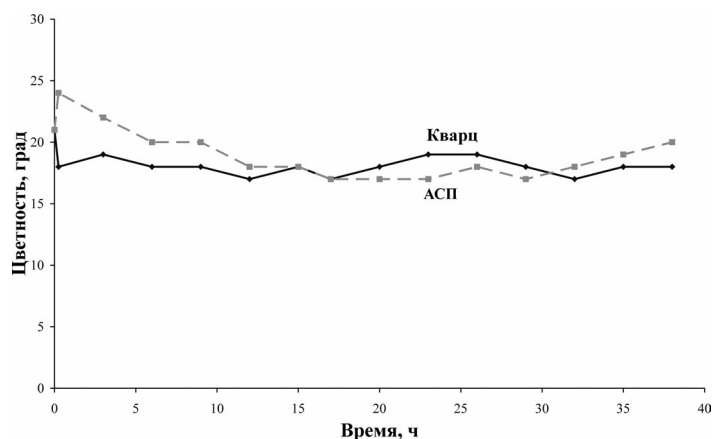


Рис. 7. Цветность воды при пропускании через анальцимсодержащую породу (АСП) и кварцевый песок

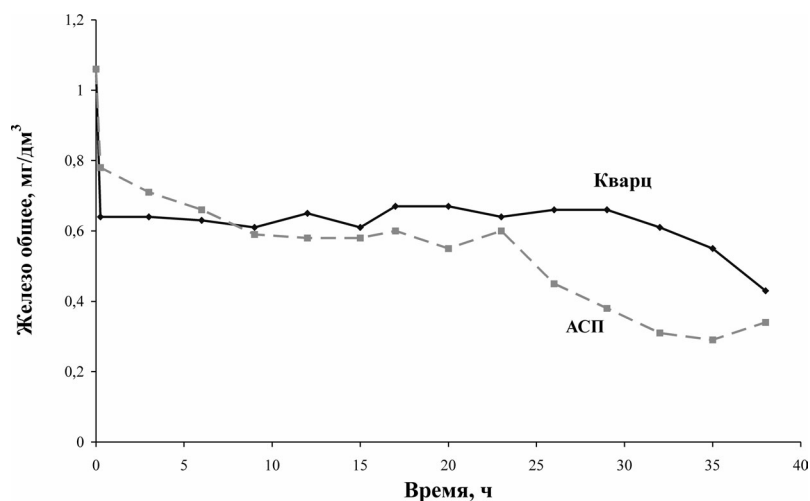


Рис. 8. Содержание железа (общее) при пропускании через анальцимсодержащую породу (АСП) и кварцевый песок

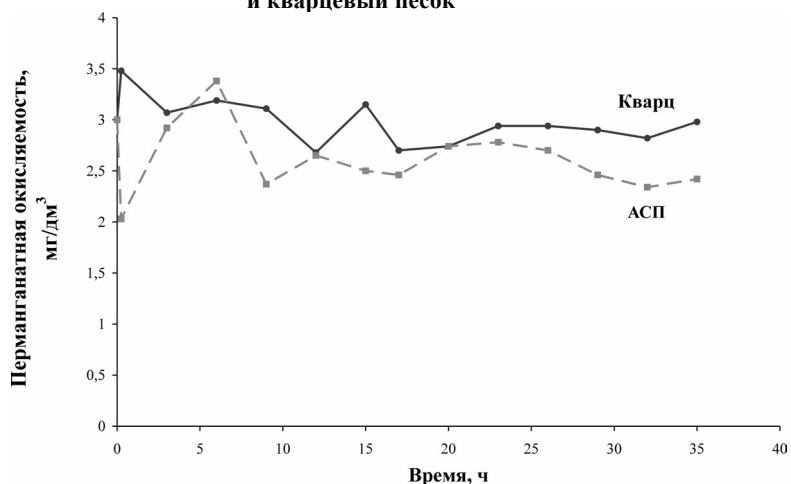


Рис. 9. Перманганатная окисляемость при пропускании через анальцимсодержащую породу (АСП) и кварцевый песок

По своим характеристикам анальцимсодержащие породы Тимана могут применяться в различных сферах хозяйственной деятельности, например:

- при утилизации отходов на животноводческих комплексах и птицефабриках, с производством высококачественных органо-минеральных гранулированных удобрений с пролонгированным действием;
- в качестве добавки в рационы в животноводстве и птицеводстве для стимуляции прироста живого веса, продуктивности и повышения сохранности молодняка;

- в качестве мелиоранта для улучшения структуры почв, повышения урожайности, как в открытых, так и в закрытых грунтах;
- в качестве сырья для производства строительной и некоторых видов электротехнической керамики [9].

Проведенные исследования показали перспективы использования анальцимсодержащих пород в прикладных целях, например, они могут применяться в качестве природных сорбентов для очистки питьевой и сточной воды, в сельском хозяйстве, а также их можно рассматривать как потенциальный источник получения алюминиевого сырья.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Keller W.D. Analcime in the Popo Agie member of the Chugwater formation // Journal of Sedimentary Petrology. 1952. Vol. 22, №. 2. P. 70–82.
2. Будников В.И., Горюцев И.Ф., Резанова Н.М. и др. Цеолиты Тунгусской синеклизы – возможный источник получения алюминия // Проблемы геологии алюминиевого сырья Сибири: Тр. СНИИГТИМС. Новосибирск, 1977. Вып. 256. С. 88–92.
3. Остащенко Б.А. Проблема цеолитов Тимана. Сыктывкар, 1984. 20 с. (Научные рекомендации – народному хозяйству / Коми НЦ УрО РАН; вып. 49).
4. Шушков Д.А., Котова О.Б., Капитанов В.М. и др. Анальцимсодержащие породы Тимана как перспективный вид полезных ископаемых // Научные рекомендации – народному хозяйству // Коми научный центр УрО РАН; вып. 123. Сыктывкар, 2006. 40 с.
5. Семушин В.Н. Рентгенографический определитель цеолитов. Новосибирск: Наука, 1986. 128 с.
6. Пеков И.В., Турчкова А.Г., Ловская Е.В. и др. Цеолиты щелочных массивов. М.: Ассоциация «Экост», 2004. 168 с.
7. Котова О.Б., Ожогина Е.Г., Шушков Д.А. и др. Особенности вещественного состава анальцимсодержащих пород Тимана // Вестник Института геологии. 2003. № 8. С. 8–10.
8. Патент № 2296718 RU. МПК C02F 1/28, C02F 1/64, C02F 103/04. Способ очистки воды // Шушков Д.А., Котова О.Б., Пальшин И.П.. Оpubл. 10.04.2007, бюл. № 10.
9. Керамика на основе анальцимсодержащих пород // Голдин Б.А., Гришин Д.Н., Клочкова И.В. и др. // Научные доклады Коми НЦ УрО РАН; вып. 108. Сыктывкар, 1994. 12 с.

## **ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ И МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ РУД И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ**

*Шадрунова И.В., Концева Н.В., Колодежная Е.В., Ефимова Ю.Ю.*

ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет»

Накопленный за последние десятилетия опыт изучения различных видов полезных ископаемых показывает, что применение комплекса современных минералого-аналитических методов исследования обеспечивает решение практически всех задач по прогнозной технологической оценке горных пород, руд и техногенного сырья от прогнозирования до обоснования схем их переработки. Одной из важнейших проблем современности является оценка качества и технологических свойств минерального сырья, позволяющая уже на ранних стадиях, а также при геолого-экономической переоценке месторождений при минимальных затратах получить достаточно полную и достоверную информацию.

Современное состояние отечественной минерально-сырьевой базы цветных, благородных металлов, когда в производство вынужденно вовлекаются бедные и труднообогатимые руды, в том числе и техногенного генезиса, создало достаточно сложные условия для проведения прикладных минералогических исследований. Конкретные виды минерального сырья требуют индивидуального подбора комплекса методов их исследования, позволяющего получить полную, достоверную и объективную информацию об объекте изучения в сжатые сроки и с минимальными затратами. Значительная часть отечественных руд благородных, черных и редких металлов, а также техногенных видов сырья характеризуется не только сложным текстурно-структурным рисунком и полиминеральным составом, но и нередко высокой дисперсностью слагающих их фаз. Поэтому весьма актуальным является изучение поверхности минералов, чтобы научиться придавать контрастность свойств как рудным, так и нерудным минералам. Поверхность минеральных частиц как природная, так и образованная в результате рудоподготовительных операций (дробление, измельчение, промывка) обладает определенными технологическими свойствами, которые могут быть положены в основу различных методов сепарации.