

Таким образом, в результате геологических исследований Андрее-Юльевского техногенного месторождения кианита, использование в процессе работ «концентратного» метода опробования позволило выявить золотороссыпной потенциал техногенных песков с убогим содержанием золота и дополнительно выделить в качестве полезного компонента рутил. Комплексное использование полезных компонентов содержащихся в техногенных песках Андрее-Юльевского месторождения значительно улучшит технико-экономические показатели эксплуатации.

*Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований № 14-23-24-27 Президиума РАН и Интеграционного проекта «Развитие минерально-сырьевой базы России», руководитель проекта академик РАН В. А. Коротеев. Частичное финансирование осуществлялось по госбюджетной теме 5.4667.2011 (Г-3 УГТУ) «Исследование генетических типов месторождений группы кианита», руководитель профессор В. Н. Огородников.*

### Литература

*Афанасенко С. И., Лазариди А. Н.* Практика применения концентраторов «Итомак» для добычи мелкого, тонкого и связанного золота из техногенного сырья. <http://www.itomak.ru>, 2012.

*Афанасенко С. И., Лазариди А. Н., Петров В. Г.* Опыт использования центробежно-гравитационного аппарата «Итомак-0.1» при разведке золоторудного месторождения. <http://www.itomak.ru>, 2012.

*Коротеев В. А., Савичев А. Н., Перепелицын В. А. и др.* Развитие минерально-сырьевой базы России: освоение новых источников высокоглиноземистого сырья (минералы группы силлиманита и пирофиллита, каолины, золы и др. – МГС) // Проблемы минерагении России. М.: ГЦ РАН, 2012. С. 189–203.

*Коротеев В. А., Огородников В. Н., Войтеховский Ю. Л. и др.* Небокситовое алюминиевое сырье России. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 227 с.

*Огородников В. Н., Коротеев В. А., Войтеховский Ю. Л. и др.* Кианитовые руды России. Екатеринбург: УрО РАН, 2012. 334 с.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY: October 20, 2011. <http://www.usgs.gov/pubprod>.

***Е. Б. Дайнеко<sup>1</sup>, А. М. Юминов<sup>2</sup>, А. Г. Токарев<sup>1</sup>***

*<sup>1</sup> – Национальный технический университет «ХПИ», г. Харьков*

*Caterine@i.ua*

*<sup>2</sup> – Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Миассе;*

*umin@mineralogy.ru*

### **Пирофиллитсодержащие породы Курьяновского и Овручского месторождений (Украина) как сырье для производства плотнospеченной керамики (научные руководители В. В. Зайков, Е. Ю. Федоренко)**

В современной керамической промышленности повышаются требования к качеству готовой продукции, что особенно относится к технической керамике, от качества которой зависит работа целого комплекса. Для производства изделий из фарфора разного функционального назначения одной из наиболее актуальных задач является повышение их механической прочности. Традиционно это достигалось пу-

тем повышения содержания высококачественного глиноземсодержащего сырья. Однако данный подход ведет к повышению температуры формирования фарфоровых изделий и, как следствие, увеличению их себестоимости. Более перспективным является использование нетрадиционных глиноземсодержащих сырьевых компонентов, в частности, пирофиллита, что позволяет не только заменить часть дорогостоящего сырья, но и снизить температуру обжига изделий без ухудшения их эксплуатационных свойств.

Предварительные исследования пирофиллитов Чистогоровского месторождения (Челябинская обл., Россия) показали положительные результаты использования этого сырья в качестве компонента масс для получения плотноспеченной керамики при 1150 °С [Федоренко и др., 2012; патент, 2012]. Также была изучена возможность применения данного пирофиллита в составах масс электроизоляционного фарфора с пониженной температурой термообработки 1200 °С [Дайнеко и др., 2012]. Полученные образцы отличаются тонкодисперсной стекломоллитовой структурой, характеризуются водопоглощением 0.1 %, электросопротивлением  $c_v = 6 \cdot 10^8$  Ом·м и удовлетворяют требованиям действующего стандарта на керамические изделия электротехнического назначения [Материалы..., 1983].

Цель настоящего исследования – определить возможность применения пирофиллитового сырья украинских месторождений в производстве плотноспеченной керамики разного функционального назначения. Основной задачей работы являлось определение структурно-текстурных, минералогических и химических особенностей пирофиллитсодержащих пород Курьяновского и Овручского месторождений.

Наиболее крупные пирофиллитовые месторождения Украины (Нагорянское, Девояшинское, Курьяновское, Шисаловское и др.) находятся на северо-западе Украинского щита в Овручской рифтогенной зоне, верхняя часть которой сложена метаморфизированными вулканогенно-осадочными образованиями верхнего докембрия [Гурский и др., 2006]. По мнению Е. М. Танкилевича [1963], генезис пирофиллита связан с процессом метасоматического преобразования тонкослоистых туфов и перетложения туфо-каолинитового материала.

Курьяновское месторождение пирофиллитовых сланцев расположено в 16.5 км к юго-западу от г. Овруч (Житомирская обл., Украина). Рудная залежь представлена серией пластообразных тел пирофиллитсодержащих пород, секущих вмещающие кварциты. Параметры тела: длина 250–300 м, ширина – 150 м, мощность – 30–40 м. Падение северо-западное под углом 10–15°. Запасы месторождения по состоянию на 1987 г. оценены в 35.3 тыс. т [Зайков и др., 1989].

Месторождение интенсивно разрабатывалось в 30х–80х гг. прошлого века, но в связи с распадом Советского Союза его эксплуатация была прекращена. В настоящее время на месторождении находятся руины промышленных зданий, засыпанное устье шахты и многочисленные отвалы, сложенные глинисто-щебнистым материалом плотных жирных кремневых и розовато-серых пирофиллитсодержащих пород плитчатого облика. Структура пород тонкозернистая, текстура полосчатая, выраженная в ритмичном чередовании красновато-коричневых слоев мощностью 0.3–1.2 мм, содержащих небольшое количество пылеватого гематита.

Рентгенофазовый анализ бороздовой пробы ОВ-12, отобранной на поверхности большого отвала, показал присутствие (%) каолинита (51), пирофиллита (25), кварца (14) и серицита (10) (здесь и далее: дифрактометр Shimadzu XRD-6000 с узкофокальной трубкой, аналитик П. В. Хворов, Институт минералогии УрО РАН). Пирофиллит

образует игольчато-призматические и пластинчато-лапчатые агрегаты размером 50–100 мкм. Акцессорная минерализация представлена рутилом, эпидотом, гетитом и пиритом.

Пирофиллитовая минерализация установлена на Толкачевском участке Овручского месторождения кварцитов, которое в настоящий момент разрабатывается ГОКом «Кварцит». Предприятие осуществляет добычу, помол и обогащение пород для производства динасовых огнеупоров. Пирофиллитовая минерализация во вмещающих кварцитах образует несколько последовательно соединенных зон поперечником 20–50 м и прослеживается на глубину более 100 м. Пирофиллиты образуют отдельные линзы или прослои мощностью до 1–7 см. Наибольшие слои выдержаны по мощности и прослеживаются на расстояние 4–8 м. Рентгенофазовый анализ материала бороздовой пробы показал присутствие (%) пирофиллита (39), кварца (31), каолинита (14), гематита (8) и серицита (7). Акцессорная минерализация представлена рутилом, сидеритом, пиритом.

Результаты многочисленных технологических испытаний свидетельствуют о том, что наиболее высококачественным сырьем на территории бывшего СССР являются пирофиллиты Курьяновского месторождения [Зайков и др., 1989].

Химический анализ пирофиллитсодержащих отвальных пород Курьяновского месторождения (проба ОВ-12) и сланцев Овручского месторождения (проба ОВ-1) выполнен в Институте минералогии УрО РАН, аналитики М. Н. Маляренко и М. С. Свиренко (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

**Химический состав исследуемого технического сырья**

Проба	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	п.п.п.	Сумма
ОВ-1	64.60	0.92	22.70	5.52	0.18	0.01	0.05	0.09	0.05	0.32	4.68	99.34
ОВ-12	61.36	0.68	29.53	1.05	<0.10	<0.01	0.02	<0.01	0.05	0.04	6.44	99.35

Результаты анализа указывают на значительное содержание в породах оксидов железа и титана. Тем не менее, количество красящих оксидов ( $Fe_2O_3 + FeO + TiO_2 \leq 2.5\%$ ) в курьяновских породах удовлетворяет требованиям к сырью для керамической промышленности [Бакунов и др., 2011]. Количество щелочных окислов в породе крайне мало и составляет <0.1 %, что свидетельствует о перспективности использования такого сырья в огнеупорной промышленности. По содержанию оксида алюминия сырье относится к глиноземистому (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 29.53 %).

Учитывая, что Овручское и Курьяновское месторождения расположены во второй чернобыльской зоне, для определения безопасности его использования при производстве керамических материалов широкого потребления изучены радиационные свойства сырья. Исследования проводили с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра СЕГ-001 «АКП-С» на кафедре химии ХНАДУ, аналитик М. И. Игнатенко. Определены удельные активности естественных радионуклидов (C<sub>i</sub>) в образцах и суммарная эффективная удельная активность (C<sub>эфф</sub>) естественных радионуклидов (ЕРН) в соответствии с Нормами радиационной безопасности Украины [Нормы... , 1997]. Результаты анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2

## Результаты гамма-спектрометрического анализа проб

Проба	$C_{эфф}$ , Бк/кг	$C_{сум}$ , Бк/кг	$C_i$ , Бк/кг (вклад, %)		
			$^{232}\text{Th}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{40}\text{K}$
ОВ-1	192 ± 17.0	241.0	106 (44.0)	45.6 (18.9)	89.4 (37.1)
ОВ-12	305 ± 24.6	455.7	187 (41.0)	39.7 (8.7)	229 (50.3)

Результаты гамма-спектрометрического исследования показали, что в состав исследованных образцов входят следующие ЕРН:  $^{40}\text{K}$  (в, г – излучатель) и представители радиоактивных семейств  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  (б, г – излучатели). Основной вклад в суммарную активность ( $C_{сум}$ ) исследованных образцов вносят изотопы  $^{40}\text{K}$  и  $^{232}\text{Th}$ . Полученные данные свидетельствуют о том, что по величине суммарной активности ЕРН исследованные образцы пород относятся к первому классу радиационной опасности ( $C_{эфф} \leq 370$  Бк/кг), что позволяет рекомендовать их для использования в производстве строительной и технической керамики без ограничения.

На наш взгляд, использование пиррофиллитовых пород украинских месторождений в производстве плотноспеченной керамики разного функционального назначения позволит не только расширить сырьевую базу производств и частично заменить традиционно используемое дорогостоящее сырье, но и улучшить качество химически стойких, санитарных и электротехнических изделий.

В настоящее время с использованием комплекса расчетных методик с учетом технологических особенностей производства разработаны шихтовые составы низкотемпературного фарфора разного функционального назначения. Прогнозные расчеты позволили предварительно оценить свойства материалов, которые могут быть получены при использовании спроектированных сырьевых композиций. Так, для электротехнического фарфора с температурой формирования 1200–1250 °С определены диэлектрическая проницаемость  $\epsilon = 7.1973$  (при регламентируемом для муллитокремнеземистой керамики значении данного показателя 6.5–9.0) и тангенс угла диэлектрических потерь  $tg \delta = 0.0041$  (при требуемом уровне в пределах 0.003–0.006). Численно оценить химическую стойкость проектируемых материалов не представляется возможным, однако расчет фазового состава продуктов обжига свидетельствует о вероятном формировании значительного количества муллита, что, при условии максимальной степени спекания материала, обеспечит его высокую кислото- и щелочестойкость.

В дальнейшем в лаборатории функциональной керамики и композиционных покрытий НТУ «ХПИ» будут изучены процессы, сопровождающие формирование низкотемпературного фарфора и изготовлены пробные партии образцов фарфора разного назначения: санитарно-технического, химически стойкого и электротехнического.

Таким образом, проведенные исследования позволили определить химико-минеральный состав пиррофиллитовых пород Овручского и Курьяновского месторождений, изучить радиологические свойства материалов и установить возможность их использования при производстве строительной и технической керамики. Основываясь на положительном опыте получения энергоэффективной плотноспеченной керамики строительного и электротехнического назначения с использованием пиррофиллитов Чистогоровского месторождения (Челябинская обл., Россия), принято решение

о проведении поисковых исследований с целью установления целесообразности и возможных перспектив применения пиррофиллитовых пород украинских месторождений в производстве низкотемпературного фарфора разной номенклатуры.

### Литература

*Бакунов В. С., Мурзакова А. Р., Шаяхметов Р. У. и др.* Пиррофиллитовое сырье месторождения Куль-Юрт-Гау как основа керамических композитов // *Стекло и керамика*. 2011. № 12. С. 23–27.

*Гурський Д. С., Єсипчук К. Ю., Калінін В. І. та ін.* Металічні та неметалічні корисні копалини України. Том 2. Неметалічні корисні копалини. Київ-Львів: Центр Європи, 2006. 174 с.

*Дайнеко Е. Б., Юминов А. М., Рыщенко М. И. и др.* Низкотемпературный электротехнический фарфор // *Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и в производстве строительных материалов: Международная научно-техническая конференция: материалы конф.* Минск: БГТУ, 2012. Ч. 1. С. 91–94.

*Зайков В. В., Кораблев Г. Г., Удачин В. Н.* Пиррофиллитовое сырье палеовулканических областей. М.: Наука, 1989. 128 с.

Материалы керамические электротехнические. Классификация и технические требования: ГОСТ 20419–83 (2002). М.: Межгосударственный стандарт, 1983. 8 с.

Нормы радиационной безопасности Украины (НРБУ-97). К.: МОЗ, 1997. 121 с.

Пат. № 73894 Україна, МПК<sup>6</sup> С 04 В 33/00. Керамічна маса для виготовлення білого керамограніту / Г. В. Лісачук, Ю. Д. Трусова, Л. О. Білостоцька, Л. В. Павлова, О. Ю. Федоренко, В. В. Зайков, А. М. Юминов; заявник та власник патенту Національний технічний університет «ХПІ» – № u 201203768; заявл. 28.03.2012; опубл. 10.10.2012, Бюл. № 16.

*Федоренко Е. Ю., Дайнеко Е. Б., Юминов А. М. и др.* Перспективы получения плотноспеченной керамики на основе кварц-пиррофиллитовых и плагиоклаз-серицитовых пород // *Металлогения древних и современных океанов–2012. Гидротермальные поля и руды*. Миасс: ИМин УрО РАН, 2012. С. 317–323.

***А. И. Голубев, А. Е. Ромашкин***

*Институт геологии Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск,  
golybev@krc.karelia.ru*

### **Минерагения углеродсодержащих формаций протерозоя Карелии (Онежская структура)**

Онежская синклиновая структура Карелии, расположенная в юго-восточной части Фенноскандинавского щита, является областью развития палеопротерозойских образований в диапазоне возрастов 2.5–1.75 млрд лет. Здесь широко представлены магматические и вулканогенно-осадочные толщи, а также широкий спектр морских и субаквальных осадочных формаций значительной мощности [Онежская..., 2011]. Онежский синклинорий является уникальным объектом, хранящим записи геологической истории о большом количестве событий, в т.ч. и глобальных, произошедших в течение примерно 500 млн лет геологического развития Земли. Среди целого ряда последовательных событий, отмечающих глобальные изменения архейско-протерозойского перехода, здесь отчетливо проявлены такие из них, как гуронское оледенение (2.4 млрд лет), появление свободного кислорода в атмосфере (ятулийские