

В. А. Коротеев¹, А. Н. Савичев², В. Н. Огородников², Ю. А. Поленов²

¹ – *Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург*

koroteev@igg.uran.ru

² – *Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*

FGG.GL@m.ursmu.ru

Техногенные кианитовые россыпи – перспективные объекты комплексного сырья

Вовлечение минералов группы силлиманита (кианит, силлиманит, андалузит) в производство высокоглиноземистых огнеупоров с целью последующего их использования в металлургической промышленности невозможно без освоения новых источников высокоглиноземистого сырья [Коротеев и др., 2011, 2012]. Одним из таких сырьевых источников является Андрее-Юльевская группа кианитсодержащих техногенных образований [Огородников и др., 2012].

Андрее-Юльевская группа техногенных месторождений кианита накоплена в результате отработки Еленинской и Андреевской аллювиальных золотоносных россыпей, разработка которых велась гидравлическим способом вплоть до середины 90-х годов XX века. Из других потенциально полезных компонентов в золотоносных россыпях присутствовали кианит, рутил, ильменит, хромит, монацит и др. В связи с низкими содержаниями этих минералов в аллювиальных отложениях в качестве попутных компонентов вышеназванные минералы в процессе золотодобычи не рассматривались.

Во время отработки золотоносных россыпей материал подвергался неоднократно механическому воздействию (промывке, перемещению, гравитационной дифференциации, сегрегации и т.п. технологическим процессам), в результате чего его первоначальное качество существенно изменилось: золото извлекалось, а оставшаяся материал перемещался в хвостохранилища или сбрасывался вблизи полигонов добычи. Разведанные запасы аллювиального золота к середине 1990-х годов выработаны полностью. В результате эксплуатации россыпей было накоплено около 10 млн м³ техногенных образований, локализованных на площади более 20 км². Наблюдаемая в их пределах кианитовая минерализация послужила основанием для постановки геологического изучения на кианит. В пределах техногенных образований были изучены техногенные разрезы, включающие техногенные пески вблизи бывших полигонов добычи (0–1.6 м), техногенные пески и илы в бывших хвостохранилищах (0–2.5 и 2.5–6.0 м соответственно).

Проведенные исследования показали, что в процессе гидравлической добычи произошло вторичное накопление минералов тяжелой фракции в техногенных песках, что привело к их концентрации до значений, представляющих интерес для коммерческой добычи (табл. 1).

Среди техногенных образований выделены следующие основные разновидности, положенные в основу литологического расчленения техногенного материала.

Песок техногенный. Макроскопически представлен несортированной рыхлой гравийно-песчаной смесью различной степени лежалости с незначительными (до 3–5 %) включениями щебнистого материала. Цвет песков в интервале 0–30 см – бурый, коричневый, глубже – белый, бежевый, желтый, светло-коричневый. Текстура – слоистая, косослоистая. Структура – псефито-псаммитовая. По гранулометрическому

Таблица 1

**Сравнительная характеристика содержания минералов
в золотоносных (первичных) россыпях и в техногенных образованиях**

Минералы	Содержание минералов в золотоносных россыпях*			Содержание минералов в техногенных песках		Степень техногенной концентрации, разы
	Ед. изм.	Андреевская	Еленинская	п ? 10 ⁻³ %	г/м ³	
Золото	мг/м ³	216	213		54 мг/м ³	
Кианит	г/м ³	4.7	26		7722	500
Рутил		2.1	2.3	0.073	2080**	900
Ильменит		4.7	5.2	0.074	3953**	790
Пирролюзит		н.д.	0.2	25	425**	Более 2000
Хромит		1.8	1.2	27	469**	390
Сфалерит		н.д.	2.4	8.3	141**	58

Примечание. н.д. – нет данных, * – по данным геологоразведочных работ, ** – пересчитано на минералы.

составу техногенные пески относятся к средним, крупным и гравелитистым. Минеральный состав техногенных песков довольно однообразный, и их можно отнести к мономинеральным кварцевым пескам (%): кварц (90–95), кианит (0–5), лимонит (0–7), карбонаты (0–5), прочие минералы (рутил, турмалин, пирит, хлорит, магнетит, титаномагнетит, минералы группы слюд, <1 %). Техногенные пески содержат основное количество кианита и отнесены к продуктивным толщам.

Ил техногенный. В эту группу включены высокоглинистые образования (преимущественно глина) белого, серого, коричневого и бурого цветов. Отдельные участки сложены алевритовыми глинами и алевритами. Текстура – массивная и слоистая. Структуры алевритовые и пелитовые, часто смешанные. Консистенция – мягкопластичная, тугопластичная.

Песок глинистый техногенный – гетерогенная порода, образованная в результате техногенной седиментации во время сброса песчано-глинистой пульпы в хвостохранилища. В полевых условиях порода диагностировалась как суглинки, глинистые пески, песчанистые глины, алевролиты. Характеризуется значительным количеством глинистого или тонко-алевритового материала в составе «основной» массы (50–80 %) с примесью песка.

Техногенные образования были оценены на всю глубину с использованием горно-буровой системой разведки по сети 200 ? 100 м и опробованы бороздовым и керновым способом. Сокращенный количественный минералогический анализ техногенных песков на кианит и золото показал наличие в них промышленных содержаний кианита и убогие содержания золота. Результаты опробования техногенных образований показаны в таблице 2.

По данным химических анализов содержание Al₂O₃ в кианите колеблется от 55.5 до 60.2 мас. % и зависит от фракционного состава кианита. Изменение химического состава кианита в зависимости от фракции приведено на рисунке 1.

Таблица 2

Средние содержания минералов в основных литологических разностях техногенных образований

Литологические разности	ПТ	ПГТ	ПАТ	ИТ	КВ
Среднее содержание кианита, кг/м ³	7.722	0.391	0.263	0.053	0.164
Среднее содержание золота, г/т	0.032	0.038	0.022	0.039	0.038

Примечание. ПТ – пески техногенные, ПГТ – пески глинистые техногенные, ПАТ – пески алевритовые техногенные, ИТ – илы техногенные, КВ – кора выветривания.

Возможность определения золотороссыпного потенциала техногенных песков с убогим содержанием золота связывается со способностью части золота концентрироваться с использованием современных центробежных концентраторов. Для усовершенствования методологии геологического изучения техногенных образований на золото нами был использован «концентратный» метод опробования [Афанасенко,

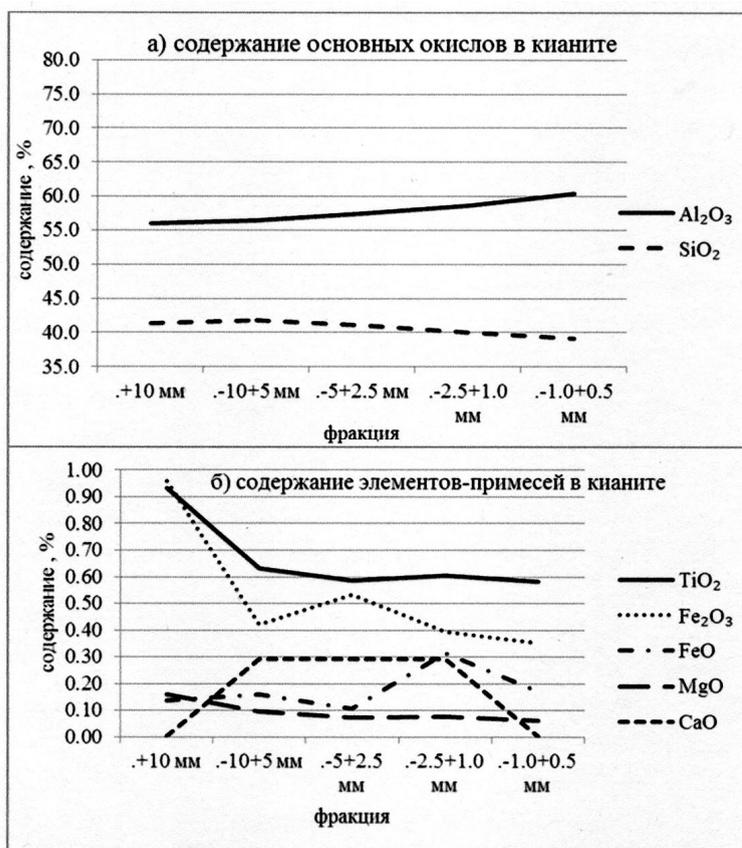


Рис. 1. Изменение содержания основных окислов Al_2O_3 – SiO_2 (а) и элементов-примесей (б) в монофракциях кианита разного фракционного состава.

Лазариди, 2012; Афанасенко и др., 2012]. При опробовании техногенных песков в схему пробоподготовки была включена операция гравитационного обогащения (один цикл) с использованием центробежного концентратора «ИТОМАК-0.1». Проведено опробование на золото по схеме: рядовая проба (шламы промывки) – концентратная проба – хвосты. Результаты опробования показали, что даже при убогих содержаниях валового золота в техногенных песках (на уровне 0.02–0.03 г/т) 55.2 % проб обладают способностью к концентрации золота в продуктах обогащения (рис. 2), т.е. из техногенных песков с убогим содержанием золота возможно извлечение золотосодержащего концентрата – попутного «промпродукта» при добыче кианита.

Спектральный анализ исходных проб показал повышенные концентрации в техногенных песках Cr, Mn, Ti, Zn, Ba, Zr. Они связываются с наличием в песках хромита, марганцевых минералов (пирролюзита и псиломелана), рутила и ильменита, сфалерита, барита и циркона. Использование «концентратного» метода опробования для изучения техногенных песков совместно со спектральным анализом на 31 элемент позволило выделить в них наиболее извлекаемые минералы. Результаты спектрального анализа техногенных песков показывают увеличение содержаний Cr, Mn, Ti, Zn, Ba и Zr в концентрированных пробах, что говорит о возможном извлечении связанных с этими элементами минералов в концентраты.

Из этой группы элементов наибольший интерес представляет Ti. По данным Геологической службы США [2011], стоимость рутилового концентрата в период с 2007 по 2011 г. выросла с 488 \$/т до 1400 \$/т, что делает коммерчески привлекательной попутную добычу рутила из техногенных песков.

На основании проведенных исследований была разработана принципиальная технологическая схема обогащения техногенных песков Андрее-Юльевского техногенного месторождения кианита. Согласно этой схеме предполагается получение трех товарных продуктов: 1) кианитового концентрата (основной продукт); 2) золотосодержащего концентрата (попутный продукт) и 3) рутилового концентрата (попутный продукт).

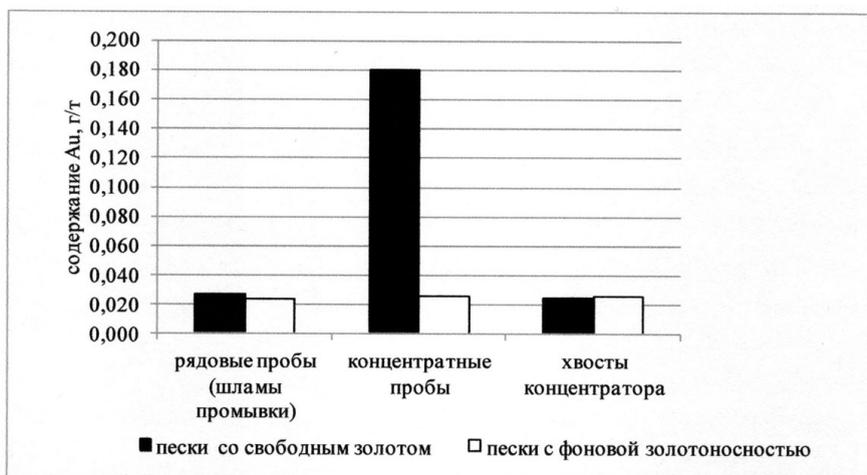


Рис. 2. Увеличение содержания извлекаемого золота в концентратных пробах из техногенных песков с фоновой убогой золотоносностью с использованием в процессе пробоподготовки лабораторного центробежного концентратора «ИТОМАК -0.1».

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. Дайнеко¹, А. М. Юминов², А. Г. Токарев¹

¹ – Национальный технический университет «ХПИ», г. Харьков

Caterine@i.ua

² – 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-