

вить соответствие между ними и показаниями геофизических исследований, что будет способствовать более надежному выделению коллекторов.

Библиографический список

1. Латышова М. Г., Мартынов В. Г., Соколова Т. Ф. Практическое руководство по интерпретации данных ГИС: учеб. пособие для вузов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2007. – 327 с.
2. Методические рекомендации по подсчету геологических запасов нефти и газа объемным методом / Под ред. В. И. Петерсилье, В. И. Порокуна, Г. Г. Яценко. – Москва — Тверь: ВНИГНИ, НПЦ «Тверьгеофизика», 2003. – 520 с.
3. Определение емкостных свойств и литологии пород в разрезах нефтегазовых скважин по данным радиоактивного и акустического каротажа: наставление по интерпретации с комплектом палеток / И. В. Головацкая [и др.] – Калинин: ВНИГИК, 1984. – 110 с.

Сведения об авторах

Строянецкая Галина Евгеньевна, ассистент кафедры прикладной геофизики, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 8(3452)283702, e-mail: gis@tsogu.ru

Малых Евгений Альбертович, студент кафедры прикладной геофизики, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 8(3452)283702, e-mail: gis@tsogu.ru

Information about the authors

Stroyanetsksaya G. E., Assistant at the Department of Applied Geophysics, Industrial University of Tyumen, phone: 8(3452) 283702, e-mail: gis@tsogu.ru

Malykh E. A., Student at the Department of Applied Geophysics, Industrial University of Tyumen, phone: 8(3452)283702, e-mail: gis@tsogu.ru

УДК 549.1(575.2)(04)

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ДИСПЕРГИРОВАННЫХ ЧАСТИЦ В ОБОГАЩЕНИИ МЕТАЛЛОВ В СОСТАВЕ РУДНЫХ МИНЕРАЛОВ INFLUENCE OF THE DISPERSED PARTICLES SIZE IN ENRICHMENT OF METALS IN THE COMPOSITION OF ORE MINERALS

**Б. Б. Токтосунова, А. С. Султанкулова, Б. Т. Айткулов, Т. М. Токтосунув,
С. З. Кушназарова**

**B. B. Toktosunova, A. S. Sultankulova, B. T. Aitkulov, T. M. Toktosunov,
S. Z. Kushnazarova**

*Институт горного дела и горных технологий им. академика У. Асаналиева
Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова,
г. Бишкек, Киргизская Республика*

*Ключевые слова: образцы лидита; углеродисто-кремнистые сланцы; спектральный и
элементный анализ; грубая и мелкая фракция; растровый электронный микроскоп*

*Key words: samples of Lydian stone; carbon-siliceous shales; spectrum and element analysis;
rough and fine fractions; scanning electron microscope*

Химико-технологические исследования рудных минералов, выявление в них полезных компонентов и поиск пути их извлечения из руд являются приоритетными направлениями во всех цивилизованных странах мира.

В этом смысле перспективным объектом в Киргизской Республике является комплексное минеральное сырье: углеродисто-кремнистые сланцы (УКС) и лидиты Беркутской группы Сарыджазского рудного района, в которых имеются предпосылки содержания редких (V, Mo, Bi и др.), благородных (Ag, Au, Pt, Pd) и других металлов с признаками проявления графита и наличия алмазных (фуллеритовых) микрочастиц [1–6].

При разработке данного объекта кроме металлических компонентов имеются данные о получении ряда дефицитных неметаллических промышленных продуктов: элементный кремний, карбид кремния, графит, абразивы, огнеупорные футеровочные материалы гражданско-промышленного строительства, ювелирные, поделочные и декоративные камни для строительства и архитектуры, высокоустойчивых красочных пигментов, минеральные марганцово-кремнистые микроудобрения и т. д.

Также предполагается использование лидитов Кыргызстана при разработке новых типов огнеупорного и химически стойкого материала с прогнозируемыми значениями коэффициента теплового расширения [5], запасы которых в республике исчисляются миллионами тонн.

Однако платинометальность УКС и лидитов (фтанитов) остается слабоизученной, и данные об их происхождении и генезис их рудных элементов являются спорными.

Вместе с тем в науке выявляются новые данные об условиях их формирования, распространения, возможностях применения и перспективах обнаружения в них промышленной концентрации платины, палладия и других металлов платиновой группы (МПГ).

В связи с чем в работе рассматриваются физико-химические характеристики лидитов, выявление в них полезных компонентов и поиск возможных путей их извлечения.

Но из-за отсутствия эффективной технологии не обеспечивается возможность полного отделения ценных компонентов рудных пород от пустой породы.

Поэтому проведение исследований по поиску полезных компонентов лидита и разработка способа их извлечения из его состава являются актуальными.

Для исследования были привезены образцы лидита из Беркутского месторождения, находящегося на южном склоне хребта Тескей Алатао в междуречье Отгук и Кенсуу — правых притоков реки Сарыджаз. Образцы детально исследовались, изучались их характеристики, определялись тип минеральных руд и текстурно-морфологическая структура.

В зависимости от цели исследования отбирали текстурные фрагменты для изготовления полированных шлифов (полировали на тонком сукне). Размеры образцов составляли: полированный шлиф — 2÷2,5 см, а также грубо и мелкоизмельченные. Вещественный состав, особенности распределения элементов в структуре рудных зерен и формы их нахождения изучались с применением растрового электронного микроскопа (РЭМ).

Был изучен один тип рудного минерала с различной текстурой. Материалом для аналитических исследований являлись самые мелкодисперсные, крупноразмолотые куски лидита (рис. 1).



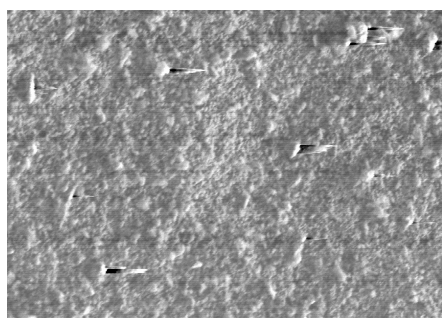
Рис. 1. Размолотые куски лидита

Подготовка образцов и выбор режима работы РЭМ проведены по известной методике [7]. С помощью анализа РЭМ-изображений установлены характерные структурно-текстурные особенности изучаемого минерала. В исследуемом образце наблюдаются высокая плотность и массивность, отсутствие полостей и пустот. Поэтому данный фрагмент позволяет сказать, что минерал «состоит из одного минерала», то есть обладает

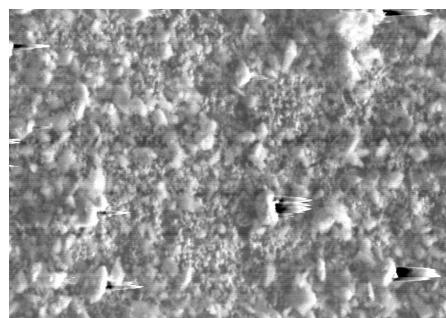
однородной массивной, равномерной и скрытокристаллической (отдельные зерна неразличимы) структурой.

Кроме того на рисунке 2 замечены магнетитовые включения, об этом свидетельствует электризуемость образцов.

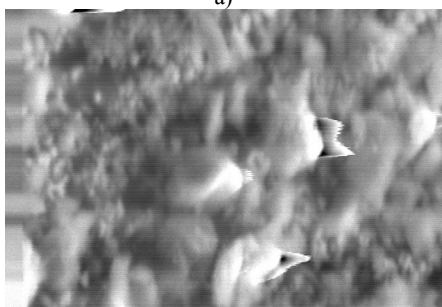
Фотографии минерала, приведенные на рисунке 3, позволяют предположить, что для него характерна обломочная структура.



а)



б)



в)

Рис. 2. Морфолого-структурные особенности мелкой фракции изучаемого природного минерала.

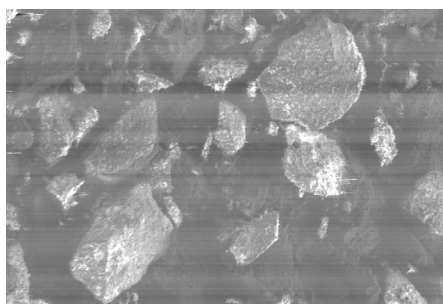
Фрагмент рудного минерала ЛТ-2-СМ (самая мелкая фракция) РЭМ:

а) увеличение $\times 410$ (ширина 582 мкм)

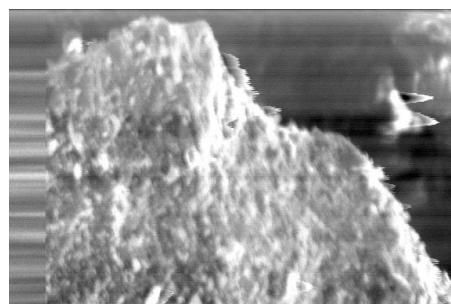
б) увеличение $\times 1\,010$ (ширина 248 мкм)

в) увеличение $\times 4\,000$ (ширина 61,5 мкм)

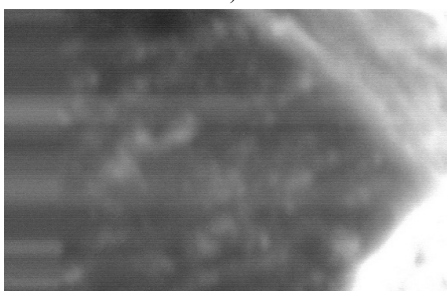
Результаты анализа электронно-морфологических снимков позволяют предположить, что изучаемая руда относится к минералам умеренной магнитности, структура минерала массивная, структура — скрытокристаллическая. Это подтверждается литературными данными, а именно — для скрытокристаллической структуры характерны тонкозернистые образования минералов, зерна которых неразличимы глазом.



а)



б)



в)

Рис. 3. Морфолого-структурные особенности грубой фракции изучаемого природного минерала.

Фрагмент рудного минерала ЛТ-1-Г (грубая фракция) РЭМ:

а) увеличение $\times 78$ (ширина 3,07 мм)

б) увеличение $\times 1\,010$ (ширина 253 мкм)

в) увеличение $\times 3\,600$ (ширина 69,3 мкм)

Две пробы (115-Л и 116-Л), привезенные из месторождения Сарыджаза, из разных мест, измельчили на молотке различной величины (до 2 мм), и провели спектральный анализ. Полученные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

Спектральный анализ исходных проб из месторождения Сарыджаза

№ проб	10-2 Mn	10-3 Ni	10-3 Co	10-1 Ti	10-2 V	10-3 Cr	10-3 Mo	10-2 W	10-2 Zr	10-2 Hf	10-3 Nb	10-1 Ta	10-3 Cu	10 ⁻³ Pb	10-4 Ag	10-2 Sb	10-3 Bi	10-2 As	10-2 Zn
115-Л	-	0,3	-	0,12	15	3	2	-	04		-	-	7	0,9	-	-	-	-	3
116-Л	-	0,5	-	0,07	20	3	1,2	-	04		-	-	9	0,5	-	-	-	-	2
№ проб	10-2 Cd	10-3 Sn	10-3 Ge	10-3 Ga	10-3 In	10-3 Yb	10-3 Y	10-2 La	10-1 Ce	10-1 P	10-4 Be	10-2 Sr	10-2 Ba	10-3 Li	10-2 Th	10-1 U	10-3 Pt	10-3 Au	10-3 Sc
115-Л	-	-	-	0,7	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
116-Л	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
№ проб														SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O
115-Л														70	0,3	0,12	4	0,3	-
116-Л														70	0,3	0,12	3	0,3	-

Как видно из таблицы 1, содержание оксида железа (Fe_2O_3) в пробах составляет 4 % (115-Л) и 3 % (116-Л) соответственно.

Такое количественное содержание оксида железа подтверждается также при разделении Fe_2O_3 механическим путем при помощи магнита.

Далее предстояла задача установить влияние размера диспергированных частиц на проявление металла в составе руд. Для этого грубо размолотые образцы проб, без разделения оксида железа (Fe_2O_3), подвергли дальнейшему раздроблению на нестандартной дробильной установке с 3-фазным электродвигателем 2 кВт 3 000 об/мин, при давлении 30–60 атм/см².

Эта дробильная установка состоит из цилиндрической керамической чашки и керамической головки (крышки), закрывающей цилиндр, чтобы при дроблении не происходил выброс пыли в окружающую среду. Загрузка составляет от 10–30 г, время дробления от 30–60 мин. При этом пыль раздробленного минерала становится текучей в воде, не оседает, в результате броунского движения распространяется по всему объему жидкости. Это означает, что размер частиц меньше микрона (см. рис. 2). Результаты спектрального анализа полученной таким образом наименьшей частицы лидитовой пробы представлены в таблице 2.

Таблица 2

Спектральный анализ диспергированных проб лидита из месторождения Сарыджаза

№ проба	10-2 Mn	10-3 Ni	10-3 Co	10-1 Ti	10-2 V	10-3 Cr	10-3 Mo	10-2 W	10-2 Zr	10-2 Hf	10-3 Nb	10-1 Ta	10-3 Cu	10 ⁻³ Pb	10-4 Ag	10-2 Sb	10-3 Bi	10-2 As	10-2 Zn	
ГФ	0,3	2	0,3	0,2	5	5	0,9	0,3	0,4		2	-	9	30	15	-	-	-	1,2	
СМФ	0,3	4	0,3	0,4	12	12	1,5	0,4	0,7		2	-	20	30	150	-	-	-	5	
№ проба	10-2 Cd	10-3 Sn	10-3 Ge	10-3 Ga	10-3 In	10-3 Yb	10-3 Y	10-2 La	10-1 Ce	10-1 P	10-4 Be	10-2 Sr	10-2 Ba	10-3 Li	10-2 Th	10-1 U	10-3 Pt	10-3 Au	10-3 Sc	
ГФ	-	0,2	-	-	-	0,4	5	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	
СМФ	-	0,4	-	-	-	0,5	5	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	
№ проба														SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	MgO %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %
ГФ														>50	0,12	-	7	0,12	0,12	-
СМФ														>50	0,2	0,12	7	0,2	0,12	-

При сравнении спектральных анализов исходных (115-Л и 116-Л) (см. табл. 1) и молотых проб на грубодисперсные (ЛТ-ГФ) и на самые мелкие фракции (ЛТ-СМФ) (см. табл. 2) наблюдается проявление некоторых металлов при наименьшем раздроблении, которые не были обнаружены в исходном образце: Mn, Co, W, Hb, Ag, Sn, Yb, Y. В образце грубого помола у некоторых металлов увеличивается количественное содержание Ni, Ti, Cr, Cu, Pb, Zn по сравнению с исходным образцом.

Выводы

- Результаты анализа электронно-морфологических снимков позволяют предположить, что изучаемая руда относится к минералам умеренной магнитности, текстура минерала массивная, структура скрытокристаллическая.
- По результатам спектрального анализа показано влияние размера диспергированных частиц на проявление некоторых металлов (Mn, Co, W, Hb, Ag, Sn, Yb, Y) в самом наименьшем размере помола образцов по сравнению с образцами исходной пробы.
- Наблюдается увеличение количественного содержания металлов в самом мелкораздробленном образце проб, по сравнению с образцами грубого помола, особенно количество серебра увеличивалось в 10-кратном размере.

Таким образом, полученные данные позволяют сделать заключение о перспективности применения метода диспергирования в обогащении ценных компонентов в составе рудных минералов.

Библиографический список

1. Особенности формирования и платинометальность углеродисто-кремнистых сланцев, лидитов Беркутских редкометалльных месторождений, вопросы их комплексного использования / А. Джаратов [и др.] // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – № 14. – 2008. – С. 213–216.
2. Джаратов А. Особенности геологического строения, условий формирования и полезные ископаемые нижне-палеозойских отложений верховьев рек Чаткал и Сары-Джаз (срединный Тянь-Шань): Автореф. дис. канд. геол.-минерал. наук. – Фрунзе, 1986. – 25 с.
3. Джаратов А. Об особенностях распространения потенциально платинометаллических, алмазосодержащих рудно-геологических формаций в аспекте геоомографии // Известия Кыргызского государственного технического университета. – 2007. – № 12. – С. 255–257.
4. Платиноиды в черных сланцах / Н. А. Созинов [и др.] // Природа. – 1997. – № 8. – С. 11–17.
5. Виноградов В. В., Сулайманкулов К. С. и др. Патент № 1167. Применение лидита в качестве огнеупоров. Зарегистрирован в Государственном регистре изобретений Кыргызской Республики. 30.06.2009.
6. Нетрадиционные минеральные источники палладия и некоторых других платиноидов, проблемы их комплексного извлечения / К. С. Сулайманкулов [и др.] // Современные технологии и управление качеством в образовании науке и производстве: опыт адаптации и внедрения. Материалы междунаро. науч. конф. – Ч. III. – Бишкек, 2001. – С. 104–109.
7. Растровый электронный микроскоп: учеб.-метод. пособие для студентов физико-технического факультета / Сост. В. П. Макаров, О. Н. Каньгина; Кыргызско-Российский Славянский университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Бишкек, 2006. – 25 с.

Сведения об авторах

Токтосунова Батма Бадировна, д. х. н., профессор, заведующий кафедрой химии и химической технологии, Институт горного дела и горных технологий им. академика У. Асаналиева, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, г. Бишкек, Кыргызская Республика, e-mail: b.badirova@gmail.com

Султанкулова Алыяма Султанкуловна, к. х. н., старший научный сотрудник, Кыргызско-Российский Славянский университет им. Первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Бишкек, Кыргызская Республика, e-mail: b.badirova@gmail.com

Айткулов Бексултан Таалайбекович, студент, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, г. Бишкек, Кыргызская Республика, e-mail: b.badirova@gmail.com

Токтосунув Темирлан Маратович, студент, Кыргызский экономический университет им. М. Рыскулбекова, г. Бишкек, Кыргызская Республика, e-mail: t.toktosunov@list.ru

Кушназарова Сапаргул Залимбековна, студент, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, г. Бишкек, Кыргызская Республика

Information about the authors

Toktosunova B. B., Doctor of Chemistry, Professor, Head of the Department of Chemistry and Chemical Technology, Institute of Mining and Mining Technologies named after Academician U. Asanaliyev, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, the Kyrgyz Republic, e-mail: b.badirova@gmail.com

Sultankulova A. S., Candidate of Chemistry, Senior Researcher, Kyrgyz Russian Slavic University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Bishkek, the Kyrgyz Republic, e-mail: b.badirova@gmail.com

Aytkulov B. T., Student, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, the Kyrgyz Republic, e-mail: b.badirova@gmail.com

Toktosunov T. M., Student, Kyrgyz Economic University named after M. Rysulbekov, Bishkek, the Kyrgyz Republic, e-mail: t.toktosunov@list.ru

Kushnazarova S. Z., Student, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, the Kyrgyz Republic