

**ХИМИЯ ИЛИМДЕРИ**  
**ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ**  
**CHEMICAL SCIENCES**

*Мурзубраимов Б.М., Жаснакунов Ж.К., Сатывалдиев А.С., Турдубай кызы А.*

**ЗАРДАЛЕК КЕНИНИН НЕФЕЛИН СИЕНИТТЕРИНИН МИНЕРАЛОГИЯЛЫК  
 ЖАНА ЗАТТЫК КУРАМЫН ИЗИЛДӨӨ**

*Мурзубраимов Б.М., Жаснакунов Ж.К., Сатывалдиев А.С., Турдубай кызы А.*

**ИЗУЧЕНИЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО И  
 ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА НЕФЕЛИНОВЫХ СИЕНИТОВ  
 МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАРДАЛЕК**

*B.M. Murzubraimov, J.K. Zhasnakunov, A.S. Satyvaldiev, Turdubay kyzu A.*

**THE STUDY OF THE MINERALOGICAL AND  
 MATERIAL COMPOSITION OF THE NEPHELINE SYENITES  
 OF ZARDALEK DEPOSIT**

УДК: 546.284.161

Микроскопиялык метод менен Зардалек кенинин нефелин сиениттеринин рудасынын минералогиялык курамына сапаттык изилдөө жүргүзүлдү. Изилденген үлгүлөрдөгү порода нефелин жана роговообманка-гранаттык нефелин сиенити экен. Зардалек кенинин нефелин сиенити талаа шпаты, нефелин, эригин-авгит, альбит, гранат, биотит, роговой обманкадан жана экинчилик минералдар катары циолит, канкринит, карбонаттардан, ошондой эле акцессордук минералдар циркон, рутил жана апатиттерден турган порода экен. Бардык породаларды түзүүчү негизги минерал талаа шпаты болуп эсептелет. Рудалардын алынган аймактарына карата андагы нефелиндин курамы 10-15% ти түзөт. Спектралдык анализ методу менен руданын негизги компоненттери аныкталды. Зардалек кенинин рудасынын негизги компоненттери кремнезем жана глинозем, ошондой эле темир, кальций, калий, натрий жана магний оксиддери экендиги көрсөтүлдү. Зардалек кенинин нефелин сиениттеринин курамында жогоруда көрсөтүлгөн бирикмелерден башка Be, Sr, Ba, Ga, Mn, Ni, Co, Cu, Pb, Y, Yb, Zr, Ba, Ti, Cr, Nb, Li жана Sr элементтери бар экендиги аныкталды.

**Негизги сөздөр:** Зардалек, нефелин, талаа шпаты, кремнезем, глинозем, спектралдык анализ, руда.

Проведено качественное изучение минералогического состава руды нефелиновых сиенитовых месторождения Зардалек методом микроскопического анализа. Породы, характеризующие исследованными пробами, являются нефелиновым сиенитом и роговообманково-гранатовым нефелиновым сиенитом. Нефелиновый сиенит месторождения Зардалек является породой состоящим из полевого шпата, нефелина, эригин-авгита, альбита, граната, биотита, роговой обманки, а также в виде вторичных минералов из циолита, канкринита, карбоната и в виде акцессорных минералов из циркона, рутила и апатита. Основным поро-

образующим минералом всех разновидностей пород является полевой шпат. Установлено, что содержание нефелина в рудах, в зависимости от участка отбора, составляет 10-15%. Методом спектрального анализа определено содержание основных компонентов руды. Показано, что основными компонентами руды месторождения Зардалек являются кремнезем и глинозем, а также оксиды железа, кальция, калия, натрия и магния. В составе нефелинового сиенита Зардалекского месторождения кроме вышеуказанных соединений в составе образцах присутствуют следы следующих элементов: Be, Sr, Ba, Ga, Mn, Ni, Co, Cu, Pb, Y, Yb, Zr, Ba, Ti, Cr, Nb, Li и Sr.

**Ключевые слова:** Зардалек, нефелин, полевой шпат, кремнезем, глинозем, спектральный анализ, руда.

A qualitative study of the mineralogical composition of the ore from the nepheline syenite deposits Zardalek was carried out by microscopic analysis. Rocks characterized by the samples studied are nepheline syenite and hornblended garnet nepheline syenite. The nepheline syenite of the Zardalek deposit is a rock consisting of feldspar, nepheline, erigin-augite, albite, garnet, biotite, hornblende, and also in the form of secondary minerals from cyolite, kankrinite, carbonate, and as accessory minerals from zircon, rutile and apatite. The main rock-forming mineral of all species is feldspar. It is established that the content of nepheline in ores, depending on the site of selection, is 10-15%. The method of spectral analysis determined the content of the main components of the ore. It is shown that the main components of the ore of the Zardalek deposit are silica and alumina, as well as oxides of iron, calcium, potassium, sodium and magnesium. In the composition of nepheline syenite of the Zardalek field, in addition to the above compounds, the samples contain traces of the following elements: Be, Sr, Ba, Ga, Mn, Ni, Co, Cu, Pb, Y, Yb, Zr, Ba, Ti, Cr, Nb, Li and Sr.

**Key words:** Zardalek, nepheline, feldspar, silicon oxide, aluminium oxide, spectral analyses, ore.

Нефелины являются вторым после бокситов по промышленному значению типом алюминиевого сырья [1]. Комплексный подход делает переработку нефелинового сырья экономически целесообразной, несмотря на сравнительно низкое содержание в нем глинозема [2]. Это сырье, отличается сложным минералогическим и химическим составом. Последнее вызывает необходимость его исследование для полного вовлечения нефелина в народно-хозяйственное использование [3]. Поэтому нами проведены минералогическое и спектральные исследование трех образцов нефелиновых сиенитов отобранных на участке Северный Зардалекского месторождения [4].

Оценка минералогического состава нефелинового сиенита произведена микроскопическим (петрографическим) методом по прозрачным шлифам и аншлифам.

Вещественный состав образцов изучен методом спектрального анализа с помощью спектрографа ИСП-28.

Отобранные три пробы характеризуют наиболее типичные разновидности нефелиновых сиенитов Зардалекского массива. Более подробно изучено минералогический состав пробы 3.

Фотографии шлифов представлены на рисунках 1 и 2.

Анализ фотографии показывает, что основной породой руды является нефелиновый сиенит.

**Нефелиновый сиенит** является среднезернистой породой серовато-белого цвета состоящим из полевого шпата, нефелина, эгирин-авгита, альбита, граната, биотита, роговой обманки, а также в виде вторичных минералов из цеолита, канкринита, карбоната и в виде аксессуарных минералов из циркона, рутила и апатита. Процентное содержание этих минералов в нефелине приведено в таблице 1.

Таблица 1

Процентное содержание минералов в нефелине Зардалекского месторождения

№	Название минерала	Содержание, %
1	Калиевый полевой шпат	60-65
2	Нефелин	10-15
3	Эгирин-авгит	5-7
4	Альбит	2-5
5	Гранат	3-5
6	Карбонат	1-2
7	Биотит	1-2
8	Роговая обманка	до 1

**Калиевый полевой шпат** в породе представлен ортоклазом и микроклином (рис. 1 и 2).

**Ортоклаз** количественно несколько преобладает над микроклином. Ортоклаз образует крупные гипидиоморфные кристаллы (3,0-3,5 мм) с хорошо выраженной двойниковой решеткой (простые двойники). Минерал частично пелитизирован, содержит в

виде вростков мелкие зерна граната, эгирин-авгита, биотита, карбоната. На границе в контакте с нефелином можно наблюдать реакционную кайму канкринита (рис. 7). Между достаточно крупными зернами ортоклаза и нефелина зажаты более мелкие гипидиоморфные выделения микроклина (1,5-2,5 мм). Кристаллы микроклина имеют решетчатую структуру и содержат вростки неправильных пятнисто очерченных зерен и жилок измененного плагиоклаза.

**Нефелин** образует крупные короткопризматического облика индивиды достигающие в длину 1,5-3,0 мм. Содержит тончайшие иголки цеолитов, очень напоминающие по форме ледяные узоры на окнах (рис. 1 и 2). За счет вторичных процессов по нефелину развивается канкринит, кальцит, альбит, серицит и цеолит. Часть зерен нефелина разложена и превращена в агрегат полностью состоящий из этих минералов.

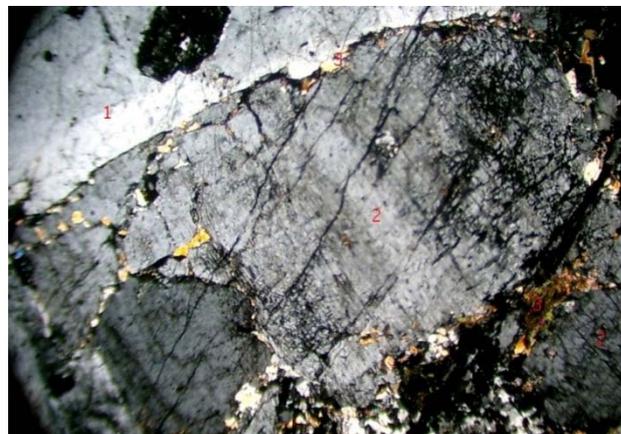


Рис. 1. Зерна нефелина. Прозрачный шлиф, николи X, ув. 50. 1 - калиевый полевой шпат, 2 - нефелин, 3 - канкринит.

**Пироксен** (эгирин-авгит) представлен призматическими зернами темно-зеленого цвета размером 0,1-0,5 мм в длину. Прорастает в зерна граната и биотита. Биотит сильно хлоритизирован. Встречается в сростании с роговой обманкой, гранатом, нефелином. Замещается эгирин-авгитом.

**Гранат** наблюдается в малом количестве. Образует хорошо ограненные или неправильные зерна буровато-розовой окраски в тесном сростании с карбонатом. Минерал сильно раздроблен и по сети разноориентированных трещин и границам зерен замещается пироксеном, карбонатом и биотитом, по нему развиваются вкрапления рудных минералов.

**Биотит** (0,1-0,3 мм) образует мелкие листочки, нередко лишенные конечных граней, он окрашен в зеленый цвет и отчетливо плеохроирует. Двуотражение низкое.

**Карбонат** (0,2-0,7 в поперечном сечении) встречается в тесном сростании с пироксеном, биотитом,

гранатом. Заполняет трещины и пустоты в породе, развивается по нефелину, гранату (рис. 2).

**Роговая обманка** встречается редко. Отмечается в виде удлинённых кристаллов с резко выраженной спайностью и косым угасанием на стыке зерен ортоклаза и нефелина. Цвет темно-зеленый, края зерен иногда окрашены в сине-зеленый цвет.

**Канкринит** образует в шлифе изометричные бесцветные зерна с высоким двупреломлением, развивается по нефелину (рис. 2).



**Рис. 2.** Простые двойники в ортоклазе. Прозрачный шлиф, николи X, ув 50. 1 - калиевый полевой шпат, 2 - нефелин, 3 - канкринит, 4 - карбонат.

Фотография аншлифа представлена на рисунках 3 и 4.

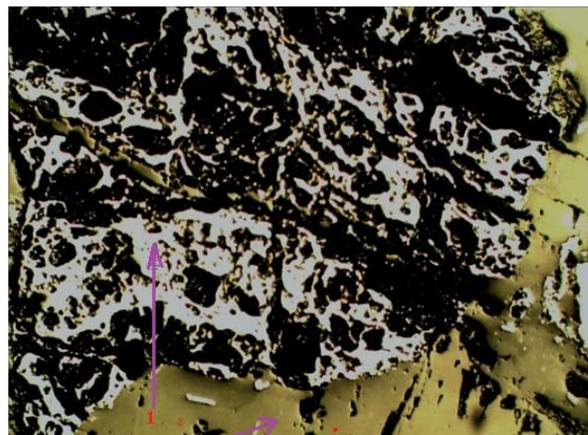
Рудная составляющая представлена пиритом – десятки знаков, гематитом - единичные знаки, магнетитом - единичные зерна.

Структура – гипидиоморфнозернистая. Текстура – вкрапленная.

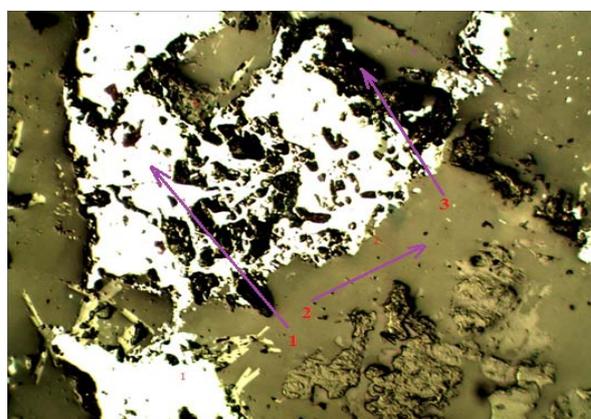
**Магнетит** присутствует в виде мелких изометричных выделений в нерудной массе породы размером от 0,05 до 0,15 мм. Наблюдается концентрация в зернах граната (рис. 3).

**Пирит** образует тонкую спорадическую вкрапленность во всем объеме пород, а также отдельные ксеноморфные и гипидиоморфные зерна неправильной, изометричной формы размером от 0,01 до 1,0 миллиметра. Редко замещается гематитом (рис. 4).

**Гематит** присутствует в виде пористых агрегатов замещающих пирит, наблюдается по плоскостям спайности темноцветных минералов пород. Размер от 0,05 до 0,1 мм.



**Рис. 3.** Зерно магнетита. Полированный шлиф, николи П. 1 - магнетит, 2 - нерудные минералы.



**Рис. 4.** Зерна пирита. Полированный шлиф, николи П. 1 - пирит, 2 - нерудные минералы, 3 - гематит.

Основными породообразующими минералами являются ортоклаз (микроклин), альбит и анортит, нефелин и лейцит для пироксенитов-лампроитов, диопсид, калиофиллит (и кальсилит), магнетит и гематит. В гематит-магнетитовой составляющей есть пиритовые минералы, определенное количество апатита. Под молекулой диопсида выделяются сам диопсид и эгирин (и хром-диопсид, авгит, щелочные гиперстен и амфиболы), а под калиофиллитом и кальций силикатами ряд фельдшпатоидов, других калий-натрий-алюминий-содержащих минералов.

Таким образом, породы, характеризующиеся исследованными пробами, являются нефелиновым сиенитом и роговообманково-гранатовым нефелиновым сиенитом. Основным породообразующим минералом всех разновидностей пород является полевой шпат.

Результаты спектрального анализа трех проб нефелинового сиенита месторождения Зардалек приведены в таблице 2.

Результаты спектрального анализа руды нефелиновых сиенитов месторождения Зардалек

№	Компоненты руды	Содержание компонентов в образцах в %			№	Компоненты руды	Содержание компонентов в образцах в %		
		1	2	3			1	2	3
1.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7	7	9	11.	Co	0,0003	0,0003	0,0003
2.	SiO <sub>2</sub>	40	50	70	12.	Ti	0,15	0,09	0,02
3.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5	0,7	0,5	13.	Cr	0,0012	0,0012	0,0012
4.	CaO	0,2	0,2	0,2	14.	Nb	0,0012	0,0012	0,005
5.	MgO	0,3	0,4	0,3	15.	Cu	0,0012	0,0012	0,002
6.	K <sub>2</sub> O	12	12	12	16.	Pb	0,015	0,012	0,020
7.	Na <sub>2</sub> O	12	12	12	17.	Ga	0,007	0,009	0,009
8.	Mn	0,012	0,012	0,012	18.	Be	0,0007	0,0009	0,0012
9.	Ni	0,0003	0,0003	0,0003	19.	Li	0,007	0,007	0,007
10.	Ba	0,3	0,3	0,2	20.	Sr	0,5	0,5	0,3

Как видно из таблицы 2 основными компонентами образцов нефелинового сиенита месторождения Зардалек являются кремнезем, глинозем, а также оксиды железа, кальция, калия, натрия и магния. Содержание глинозема колеблется в пределах 7-9%. Как видно из данных анализа, в составе нефелинового сиенита Зардалекского месторождения кроме вышеуказанных соединений в составе образцах присутствуют следы следующих элементов: Be, Sr, Ba, Ga, Mn, Ni, Co, Cu, Pb, Y, Yb, Zr, Ba, Ti, Cr, Nb, Li и Sr.

Таким образом, основными компонентами всех трех образцов являются кремнезем и глинозем. Содержание диоксида кремния во всех образцах составляет 40-70%. В пробах 1 и 2 концентрация Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> составляет всего 7%. Из данных спектрального анализа следует, что исследуемые нефелиновые породы характеризуются повышенным содержанием кремнезема.

Как следует из всего сказанного, наиболее высокой по содержанию полезных компонентов является проба 3. Оно содержит наибольшее количество Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

и других полезных компонентов. Таким образом, химический состав пород отвечает их минералогическим особенностям. Породы всех трех проб содержат значительное количество полевого шпата, что находит свое отражение в большом содержании SiO<sub>2</sub>. Наибольшее количество Na<sub>2</sub>O – в пробах обогащенной нефелином. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> распределен почти между всеми компонентами пород, но большая его часть связана с нефелином и полевым шпатом. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> концентрируется в биотите, магнетите, меньше – в авгите и роговой обманке.

**Литература:**

1. Петров В.П., Андреева Е.Д., Бородин Л.С., Свешникова Е.В. // Нефелиновое сырье. М.: Наука, 1978. С. 3-4.
2. Арлюк Б.И., Киселев А.И., Пивнев А.И. Эффективность комплексной переработки нефелинового сырья на глинозем, содопродукты и цемент // Научные труды ВАМИ. 1990. С. 73-78.
3. Данциг С.Я., Пивоваров В.В. Нефелиновые породы комплексное алюминиевое сырье. - М.: Недра, 1988. - 192 с.
4. Никоноров В.В. Рудные месторождения Кыргызстана. - Б., 2009. - 482 с.

Рецензент: к.хим.н., профессор Сагындыков Ж.