

Содержание калия в исследуемых породах близко к содержанию натрия, поскольку вектор на плоскости CSB (см. рис. 3) имеет угол наклона, близкий к  $45^\circ$ .

Таким образом, определение петрохимических характеристик вулканических пород Кирилловского участка Кальмиусской площади дополнило их петрографические исследования.

### Библиографический список

1. Геологическое строение и полезные ископаемые Кальмиусской площади Восточного Приазовья. Отчет Донского ГСО о результатах глубинного геологического картирования масштаба 1:50000, проведенного в 1989-1995 гг. – Волноваха, 1996. – 150 с.
2. Насад А.Г., Радзивилл А.Я., Глебов О.Н., Ирза Л.А. Новые данные о палеозойских вулканоплутонических образованиях Приазовского кристаллического массива // Геологический журнал, 1989. - №5. – С.50-56.
3. Тарасова В.А., Стрекозов С.Н. Новые данные о геохимических особенностях редкометальной минерализации вулканитов Восточного Приазовья // Збірник наукових праць ІГН НАНУ "Геохімічні методи пошуків – стан і перспективи розвитку", 2001. – С. 60-61.
4. Тарасова В.А. Новые данные о минерализации палеозойских вулканитов Восточного Приазовья // Наукові праці Донецького національного технічного університету, Серія гірничо-геологічна, 2001. – Випуск 32. – С. 52-54.
5. Тарасова В.А. Геохимические особенности палеозойских вулканических пород Восточного Приазовья // Наукові праці Донецького національного технічного університету, Серія гірничо-геологічна, 2005. – Випуск 96. – С. 124-129.
6. Петрографічний кодекс України. – Київ, 1999. – 82 с.
7. Заварицкий А.Н. Введение в петрохимию. – М.: Издательство АН СССР, 1944. – 325 с.
8. Заварицкий А.Н. Изверженные горные породы. – М.: Издательство АН СССР, 1955. – 500 с.
9. Соколов Р.Н., Фельдман В.И. Методы петрохимических пересчетов горных пород и минералов. – М.: Недра, 1984. – 224 с.

© Тарасова В.А., Тарасова Е.А., 2006

УДК 549.12

Инж. ЖДАНОВ Д.К. (Одесский национальный университет им.И.И.Мечникова)

### ПРОБЛЕМЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ И РАЗВИТИЯ НОСАЧЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АПАТИТ-ИЛЬМЕНИТОВЫХ РУД ПО ДАННЫМ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА АКЦЕССОРНЫХ И РУДНЫХ МИНЕРАЛОВ

Носачевское рудопоявление апатит-ильменитовых руд пространственно и генетически приурочено к Носачевской интрузии габбро-норитов. Интрузия расположена в северо-восточной части Носачевского габбро-анортозитового массива, в узле сочленения зон разломов двух направлений - субширотной глубинной зоны с субмеридиональной. Слагающие интрузию породы основного состава представлены оливинсодержащими, оливиновыми габбро-норитами [1]. Вмещающие породы представлены габбро-анортозитами и анортозитами, которые как бы обрамляют интрузию в плане, а также в виде ксенолитов, "останцов" закартированы среди собственно габбро-норитов. Основная часть ильменита, выделяясь последней, обусловила повсеместно сидеронитовую структуру габбро [1]. Сидеронитовая структура габбро, гидротермальная проработка в околорудных породах, а также ильменитовые корки на апатите и пороодообразующих минералах указывают на

образование основной части рудных тел из остаточных расплавов габброидной магмы [2].

Форма рудных тел определяется прототектоникой интрузива в момент его формирования, т.е. теми трещинами и ослабленными зонами, которые в нем образуются во время его кристаллизации.

Особенностью Носачевского плутона является четкое разграничение на мономинеральные ильменитовые и апатитовые руды [3]. В прослоях с резким повышением содержания апатита снижается содержание ильменита, а в прослоях со значительным содержанием ильменита практически отсутствует апатит (имеется в виду в качестве рудного минерала, как аксессуарный минерал апатит встречается во всех пробах).

Возможность существования рудной магмы при температурах, намного ниже температуры кристаллизации ильменита, обусловили летучие компоненты (такие как ОН и Р), которые, удалившись из рудной магмы, сформировали апатитовые руды [2].

В результате минералогического анализа проб были выделены следующие аксессуарные и рудные минералы пород Носачевского месторождения: апатит, ильменит, пирротин, пирит, халькопирит, корунд, турмалин, графит, рутил, лейкоксен, циркон.

*Пирротин.* Пирротин относится к часто встречающимся минералам. Частота встречаемости его составляет 100%. Однако распределение его очень неравномерно. Коэффициент вариации среднего содержания составляет 105%. Содержание пирротина колеблется от 0,1 до 649,7 г/т (см. табл. 1). Обычно пирротин встречается в виде зерен неправильной формы. В некоторых пробах встречаются единичные зерна пирротина шарообразной формы (наиболее типична в этом плане проба 2002/69).

*Халькопирит.* Халькопирит встречен во всех изученных пробах. Частота встречаемости его 100% (табл. 1), хотя в пробах присутствует в очень незначительных количествах. Содержание халькопирита колеблется от 0,05 до 17,8 г/т. Халькопирит встречается в виде неправильных зерен. Поверхность их неровная, бугристая.

*Пирит.* Пирит относится к постоянно встречающимся аксессуарным минералам. Частота встречаемости пирита составляет 100%. Распространен очень неравномерно. Коэффициент вариации среднего содержания составляет 225% (что, правда, совершенно нормально для наложенных минералов). Содержание пирита в пробах колеблется от 2,43 до 400,6 г/т. Пирит обычно представлен зернами неправильной формы, обломками кристаллов, кристаллами кубического и ромбического облика, редко в виде друз. Часто в неправильных зернах просматриваются отдельные грани куба. На гранях куба часто штриховка. Очень редко встречаются пиритовые образования шарообразной формы. В пробе 2002/265 встречен образец, представляющий собой срастание двух кристалликов пирита пентагон-додекаэдрического габитуса. Иногда встречаются образцы пирита со следами растворения. Не редко присутствует в виде корочек на апатите.

*Рутил.* Рутил не является характерным минералом для пород Носачевской интрузии. Рутил определен в половине изученных проб. Частота встречаемости его составляет 57%. Коэффициент вариации среднего содержания составляет 188%. Содержание рутила не превышает 2,72 г/т. Рутил встречается в виде угловатых и удлиненных зерен без выраженной огранки. Реже в виде эллипсоидных зерен.

*Лейкоксен.* Лейкоксен встречен практически во всех изученных пробах. Частота встречаемости его составляет 94%. Коэффициент вариации среднего содержания довольно высок – 232%. Содержание лейкоксена колеблется от 0 до 314,8 г/т. Обычно представлен в пробах в виде неправильных зерен. Часто повторяет огранку ильменита.



В пробе 2002/135 даже встречено зерно лейкоксена с сохранившейся индукционной поверхностью.

Табл. 1. Параметры распределения акцессорных и рудных минералов

	X	S	W	V	Max	Min
Апатит	2196,6614	1907,1	100	87	6631	278,45
Пирит	31,15611	70,23	100	225	400,6	2,43
Халькопирит	5,39222	5,15	100	95,5	17,8	0,05
Циркон	5,866667	6,92	100	118	28,33	0,04
Рутил	0,432222	0,814	57	188	2,72	0
Турмалин	0,053889	0,21	20	390	1,24	0
Лейкоксен	23,03583	53,5	94	232	314,08	0
Корунд	0,135833	0,46	34	337	2,68	0
Ильменит	34097,05	57150,75	100	168	241400	388,35
Пирротин	192,9225	203,06	100	105	649,7	0,1
Графит	13,2075	53	46	401	320,8	0

X – среднее значение, г/т; S – стандартное квадратное отклонение; W – частота встречаемости, %; V – коэффициент вариации, %; Max – максимальное значение, г/т; Min – минимальное значение, г/т

*Турмалин.* Турмалин, как и рутил, не является характерным минералом для пород Носачевской интрузии. Частота встречаемости его составляет 20%. Коэффициент вариации среднего значения составляет 390%. Содержание турмалина в пробах не превышает 1,24 г/т. Турмалин образует кристаллы призматического габитуса. Коэффициент удлинения изменяется от 1,2 до 1,9. Огранка выражена плохо. Ребра обычно сглажены. Преобладающий цвет минерала – темно- и буро-зеленый до бурого. Обладает сильным плеохроизмом – от темно-зеленого до бурого.

*Циркон.* Циркон - постоянно встречающийся акцессорный минерал пород Носачевской интрузии. Частота встречаемости его составляет 100%. Коэффициент вариации среднего значения составляет 118%. Содержание циркона колеблется от 0,04 до 28,33 г/т. Форма минеральных выделений циркона достаточно разнообразна: округлые гидротермальные кристаллы, хорошо огранные кристаллы пневматолитовой генерации, много обломков метамиктного циркона (судя по морфологии обломков, циркона пневматолитовой генерации). Однако в следствии очень незначительного содержания циркона в пробах и преобладания обломков кристаллов не удалось провести генерационный анализ циркона в полном объеме. В изученных пробах определены следующие генерации циркона: реликтовая магматическая (встречается очень редко), пневматолитовая (составляет примерно 90% зерен с выраженной огранкой) и гидротермальная (встречается редко). Для кристаллов пневматолитовой генерации характерно большое число твердых включений, представленных ильменитом и биотитом. Кристаллы магматической генерации редко содержат включения. В кристаллах циркона гидротермальной генерации включений нет вовсе. Размеры кристаллов различны для каждой генерации. Так, кристаллы цирконов магматической генерации имеют размеры (в длину) от 0,3 мм, кристаллы пневматолитового облика имеют размеры от 0,5 до 3,4 мм, а кристаллы гидротермальной генерации в размерах не превышают 0,4 мм.

*Корунд.* Корунд не является характерным минералом для пород Носачевской интрузии. Частота встречаемости его составляет 34%. Коэффициент вариации среднего значения составляет 337%, что говорит о том, что корунд (как и турмалин с рутилом) является наложенным минералом. Содержание корунда в пробах не превышает 2,68 г/т. Корунд большей частью встречается в виде обломков кристаллов и зерен неправильной формы. Цвет зеленый различной густоты.

*Графит.* Графит не характерен для магматических пород, тем не менее, в породах Носачевской интрузии графит относительно распространен. Частота встречаемости графита составляет 46%. Коэффициент вариации среднего содержания составляет 401%. Содержание графита достигает 320,8 г/т, но обычно не превышает 12-14 г/т. Представлен в виде чешуек неправильной формы. Размеры чешуек не превышают 0,2 мм.

*Апатит.* Содержание апатита в пробах колеблется от 278,45 до 6631 г/т. Распространение апатита в пробах очень неравномерно, хотя коэффициент вариации среднего значения составляет всего 87%. Апатит представлен в виде кристаллов, обломков кристаллов и в виде зерен неправильной формы. Кристаллы бипирамидально-призматического, бипирамидально-пинакоидально-призматического габитуса. Удлинение разное. Облик кристаллов изменяется от удлиненно-игольчатого до короткопризматического. На кристаллах часто наблюдаются трещины, залеченные сульфидами и ильменитом. Довольно характерны ильменитовые и сульфидные пленки на кристаллах апатита. Большая часть апатита бесцветна. Встречаются также кристаллы молочно-белой окраски. Обычны твердые включения, представленные биотитом, ильменитом, реже цирконом. Кристаллы хрупки, часто сильно трещиноваты.

*Ильменит.* Ильменит является главным рудным минералом для пород Носачевской интрузии, и, соответственно, распространен повсеместно. Содержание ильменита очень неравномерно, коэффициент вариации среднего значения составляет 168%. Содержание ильменита в пробах колеблется от 388,35 до 241400 г/т. Среди выделений ильменита преобладают неправильные зерна, кристаллы с характерной ильменитовой огранкой (шестиугольные таблитчатые кристаллы с преобладающими гранями пинакоида (0001)), сростки. Из других граней отмечаются (1011) и (0221). Часто на гранях ильменита развита индукционная поверхность. Гораздо меньшим распространением пользуются шарообразные выделения ильменита. В виде мелких включений ильменит обнаруживается в темноцветных минералах, а также апатите и цирконе. К еще одному довольно специфическому выделению ильменита следует отнести тонкие корки ильменита на апатите и пирите. Во всех пробах в магнитной фракции содержится значительное количество сростков ильменита с пирротинном. Часто округлые выделения пирротина находятся в самом ильмените. Встречаются также довольно необычные выделения ильменита с включениями шарообразных выделений кварца. Цвет ильменита черный, железо-черный. Блеск металлический, полуметаллический. Твердость около 6. На основании проведенного детального минералогического анализа были выделены следующие генерации ильменита:

1. Ликвационный ильменит, представленный шарообразными выделениями.
2. Синпетрогенный ильменит как твердые включения в плагиоклазе.
3. Ильменит, связанный с внедрением основной массы рудного вещества, с хорошо выраженной идиоморфной огранкой, и ильменит с индукционной поверхностью.
4. Корочки ильменита на апатите и пирите.

Именно в таком порядке, по мнению автора, и происходило формирование ильменита.



Итак, на начальной стадии формирования пород Носачевского плутона в магме было достаточно вещества для образования ильменита. Формировался ликвационный ильменит. Содержание ликвационного ильменита в пробах очень небольшое.

На стадии формирования породообразующих минералов продолжался выделяться ильменит, но уже не как ликвационный. Этот ильменит входил в состав породообразующих минералов в качестве твердых включений. Общее количество ильменита в расплаве постепенно увеличивается.

Собственно главная фаза образования ильменита приходится на позднемагматический этап, когда большая часть породообразующих минералов уже сформирована. При этом в начальной фазе этапа формировались хорошо ограненные, часто изометрические кристаллы, а на заключительной фазе происходит формирование кристаллов ильменита с индукционными поверхностями.

Правильно интерпретировать процесс формирования ильменита четвертой генерации очень сложно. Его можно отнести как к третьей фазе позднемагматического внедрения рудообразующих растворов в практически сформированные породы, так и к образованиям, возникшим за счет переплавления уже сформировавшихся руд.

Проведенный статистический анализ данных, полученных при минералогических исследованиях позволил разбить все акцессорные и рудные минералы на несколько групп. Как видно из рис. 1, при проведении кластерного анализа все минералы разделились на две основные группы. В первую группу вошли апатит, ильменит, циркон и рутил. Причем в группе выделяются две подгруппы: апатит-ильменит и циркон-рутил. Во вторую группу попали такие минералы как пирит, халькопирит, пирротин, графит, турмалин, корунд, лейкоксен. Здесь также выделяются две подгруппы: подгруппа сульфидов (пирит, халькопирит, пирротин) и подгруппа графита, лейкоксена, турмалина, корунда. Причем в этой подгруппе выделились еще две подгруппы: графит, лейкоксен и корунд, турмалин.

Анализируя все вышеперечисленное можно прийти к следующим выводам.

В первую группу объединились минералы, связанные с внедрением рудной магмы, причем апатит и ильменит связаны с этими процессами на прямую, а циркон и рутил – косвенно. Большой процент кристаллов и обломков кристаллов циркона пневматолитовой генерации в пробах указывает на формирование подгруппы циркон-рутил в процессах пневматолита, которые происходили за счет внедрения рудной магмы.

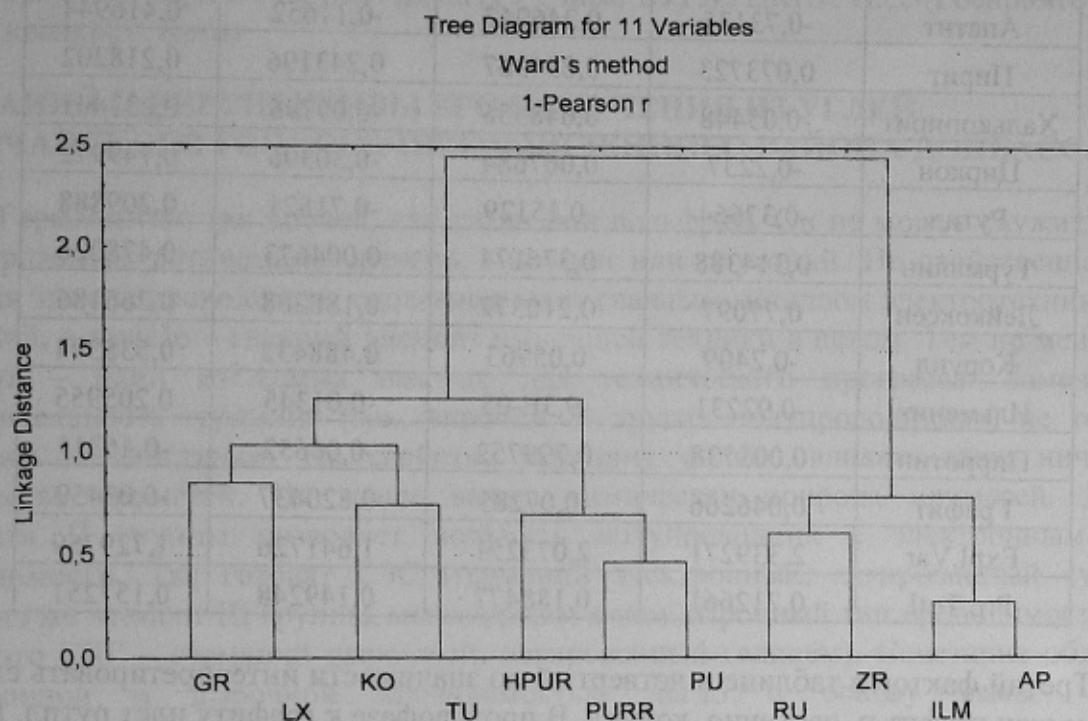
Вторая группа объединяет наложенные минералы, среди которых в одну подгруппу выделились гидротермальные минералы (пирит, халькопирит, пирротин), а в другую такие не характерные минералы для основных пород как графит, корунд, турмалин.

Если с подгруппой гидротермальных минералов все более-менее ясно, то со второй подгруппой дело обстоит гораздо сложнее. Подгруппу таких минералов, как графит, турмалин и корунд в породах основного состава можно отнести как к подгруппе реликтовых, так и к подгруппе метасоматических минералов. Более детально этот вопрос освещает факторный анализ.

В процессе проведения факторного анализа были выделены четыре фактора, по которым распределились рудные и акцессорные минералы (см. табл. 1). Фактически в данной таблице приведена история формирования Носачевского месторождения.

Как видно из табл. 2 наибольшее значение первый фактор имеет для лейкоксена. В противофазе к лейкоксену расположились ильменит и апатит, относящиеся к отдельному фактору – фактору рудогенеза. Пирит, пирротин и халькопирит тяготеют сугубо ко второму фактору, действие же первого фактора (как и третьего и четвертого) близко к нулю. Данные анализа показывают практически полное отсутствие влияния

третьего фактора на большинство минералов, за исключением графита и корунда. В противофазе к третьему фактору оказался рутил.



**Рис.1.** Кластерный анализ аксессуарных и рудных минералов: AP – Апатит; PU – пирит; ZR – циркон; ILM – ильменит; GR – гранат; TU – турмалин; LX – лейкоксен; KO – корунд; PURR – пирротин; HPURR – халькопирит; RU - рутил

С первым фактором связаны апатит, ильменит и лейкоксен. Причем ильменит и апатит находятся в противофазе к лейкоксену. Этот фактор можно интерпретировать как фактор внедрения рудной магмы. При этом, часть ильменита уже пришла в виде кристаллических образований (ликвационная генерация). При формировании породообразующих минералов происходила дальнейшая кристаллизация ильменита. После формирования большей части породообразующих минералов и удаления из магмы летучих компонентов, произошло внедрение основной массы ильменита.

Со вторым фактором связаны пирит, пирротин и халькопирит. Этот фактор с уверенностью можно интерпретировать как гидротермальный.

С четвертым фактором в таблице и третьим по значимости связаны такие минералы как турмалин, корунд и частично апатит. Кроме того, с этим фактором связан и циркон (90% которого в пробах пневматолитовой генерации). Турмалин по своей природе не должен образовываться в породах основного состава, кроме того, основываясь на параметрах распределения турмалина, можно сделать вывод о реликтовой природе последнего. Корунд - минерал пород кислого состава и часто встречается в зонах контактово-метасоматических преобразований. Анализируя приведенные факты, а также основываясь на данных минералогического описания циркона (кристаллы пневматолитовой генерации хрупкие, часто содержат включения биотита, реже ильменита), можно сделать вывод о процессах контаминации магмы Носачевской интрузии исходными гнейсами. Т.е. турмалин (как и пневматолитовый циркон) – реликтовый минерал архейских гнейсов, располагавшихся на территории теперешнего Носачевского массива основных пород.



Табл. 2. Результаты факторного анализа

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
Апатит	-0,73135	0,246947	-0,11652	0,416944
Пирит	0,073723	0,854367	0,243196	0,218202
Халькопирит	-0,05448	0,648556	-0,09796	0,233401
Циркон	-0,2237	0,067684	-0,30306	0,749972
Рутил	-0,37664	-0,15129	-0,71821	0,209888
Турмалин	0,314388	0,376174	0,004673	0,478026
Лейкоксен	0,77097	0,210372	0,188208	0,266186
Корунд	-0,2409	0,05963	0,488432	0,538394
Ильменит	-0,92231	-9,3E-05	-0,01345	0,205955
Пирротин	0,005738	0,799752	-0,06652	-0,46311
Графит	0,046266	-0,07285	0,820437	-0,03459
Expl.Var	2,339271	2,073251	1,641726	1,729759
Pgr.Totl	0,212661	0,188477	0,149248	0,157251

Третий фактор в таблице и четвертый по значимости интерпретировать сложнее. С ним связан графит и, частично, корунд. В противофазе к графиту идет рутил. По всей видимости, графит и корунд являются контактово-метасоматическими минералами.

При этом гидротермальный процесс рационально разбить как минимум на две части: гидротермально-метасоматический процесс, связанный с контаминацией реликтовых гнейсов и гидротермальный процесс, связанный с внедрением рудной магмы. «Корочки» ильменита на апатите и пирите указывают на еще один, более поздний этап гидротермально-метасоматической проработки.

Обобщая вышесказанное, можно так описать формирование Носачевского месторождения: в позднем протерозое произошло внедрение основных магм в пределах нынешнего Корсунь-Новомиргородского плутона. При контаминации архейских гнейсов были широко развиты процессы гидротермально-метасоматической проработки. В результате магматической дифференциации произошло обособление рудной магмы и внедрение ее после формирования большей части породообразующих минералов, что обусловило сидеронитовую текстуру руд (при этом часть ильменита была выделена при формировании породообразующих минералов, а часть в начальных стадиях формирования пород как ликвационные образования). Вместе с рудной магмой произошло внедрение гидротермальных растворов, обусловивших сульфидную минерализацию. Довольно широко были развиты гидротермальные и метасоматические процессы.

### Библиографический список

1. Вернидуб А.Ю. Отчет о поисках коренных апатит-ильменитовых руд на Новомиргородском, Канижском, Аврамовском, Константиновском и других участках. - Киев, 1994. - С.73-78.
2. Малышев И.И. Закономерности образования и размещения месторождений титановых руд. - Москва: Госгеолтехиздат, 1957. - С.35-54.
3. Сыкало Н.И. Отчет о поисках коренных фосфатно-титановых руд на Корсунь-Новомиргородском плутоне. - Киев, 1989. - С.56-79.