

УДК 552.2

## НЕКОТОРЫЕ ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ТЕНДЕНЦИИ В ЩЕЛОЧНЫХ МАГМАТИЧЕСКИХ АССОЦИАЦИЯХ

Свешников К. И.

(Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия)

*Всі лужні магматичні асоціації можна розділити на декілька груп, що відрізняються між собою по характеру кореляційних зв'язків лугів з іншими елементами. Очевидно, відмінності в поведінці лугів пов'язані з різним генезисом асоціацій.*

*All alkaline magmatic associations may be divided for several groups according to different correlation ties of alkaline chemical elements with others. Probably such groups have different genesis.*

Щелочные магматические ассоциации (ЩМА), как известно, характеризуются большим разнообразием слагающих их петрографических разновидностей пород, индивидуальными отличиями массивов, входящих в состав одних и тех же магматических комплексов, что сильно затрудняет их корреляцию и систематику. Рассмотрение петрохимических особенностей ЩМА с предварительным разделением слагающих их пород на наиболее распространенные и подчиненные (главные и второстепенные члены парагенезиса) позволяет подойти к решению этих вопросов на количественной основе.

Отличительные количественные признаки ультраосновных и основных ЩМА изучены достаточно полно и отражены на ряде петрохимических диаграмм – « $SiO_2 + Al_2O_3 + CaO - K_2O + Na_2O$ », « $FeO^* / FeO^* + MgO - SiO_2$ » и многих других [2, 8 с. 462, 9, с. 356, и др.]. Из всех этих диаграмм следует, что сумма щелочей в этой группе ЩМА связана прямой корреляцией с количеством кремнезема, а также кремнезема + глинозема + кальция

(рис. 1-А). Эти два отношения контролируют изменения состава силикатных компонентов пород в ходе дифференциации расплавов. Увеличение отношения железа к магнезию параллельно росту содержания кремнезема [9, с. 356] определяет изменения состава мафических минералов. Обе эти тенденции находятся в полном соответствии со схемой кристаллизации мантийных выплавов по Н. Боуэну.

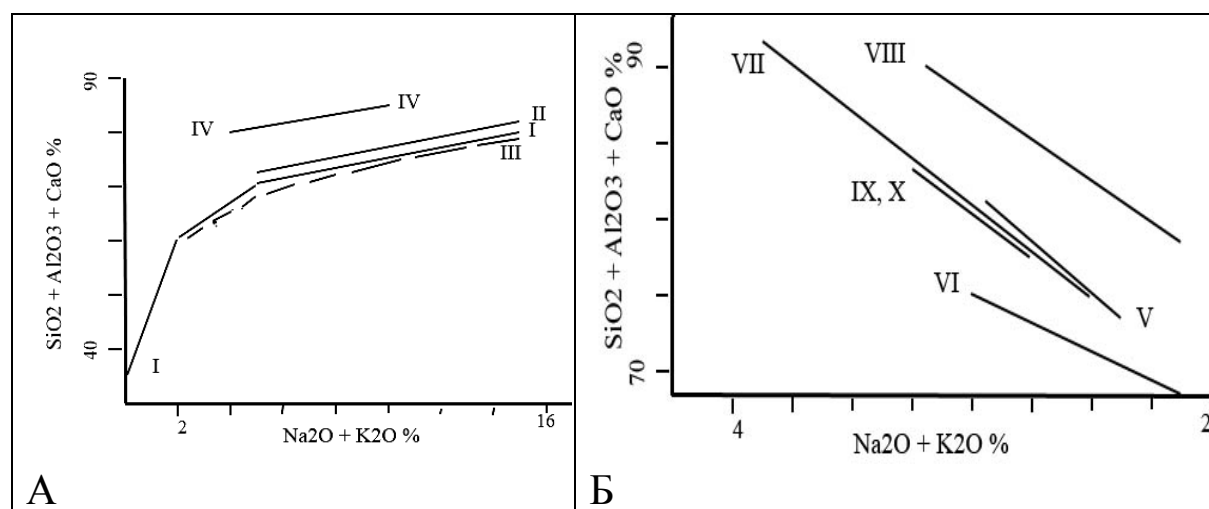


Рис. 1. Тренды щелочных ассоциаций на диаграмме  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} / \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$

I – Щелочноультраосновная формация (данные химанализов [6, 10]), II – щелочнобазальтовая ассоциация [10], III – субщелочная базальтовая Камчатки [2], IV – сиенит-габбровая ассоциация [10]; V – Хибинский [9, 10], VI – Ловозерский [9, 10], VII – Сакунский (данные автора), VIII – Сыннырский (средние составы по фазам [11]), IX – Тежсарский [10], X – Вишневогорский [10] массивы

Для ЩМА, в которых количественно преобладают сиениты (сиенитоидных ассоциаций, по [9]), за исключением некоторых оговоренных ниже случаев, характерна отрицательная корреляция суммы щелочей с кремнеземом (рис. 2) и с суммой «кремнезем + глинозем + кальций» (рис. 1-Б).

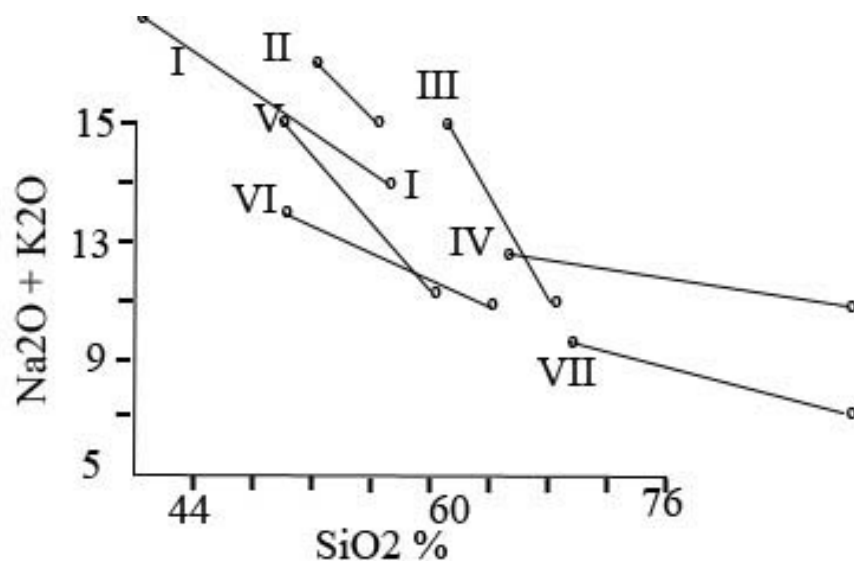


Рис. 2. Соотношение суммы щелочей и кремнезема в сиени-тоидных ассоциациях

I – Ловозерский, II – Хибинский, III – Сакунский, IV – Сыннырский, V – Вишневогорский, VI – Тежсарский массивы. VII – Щелочногранитовая формация ([10], данные автора по Катугинскому массиву Восточной Сибири)

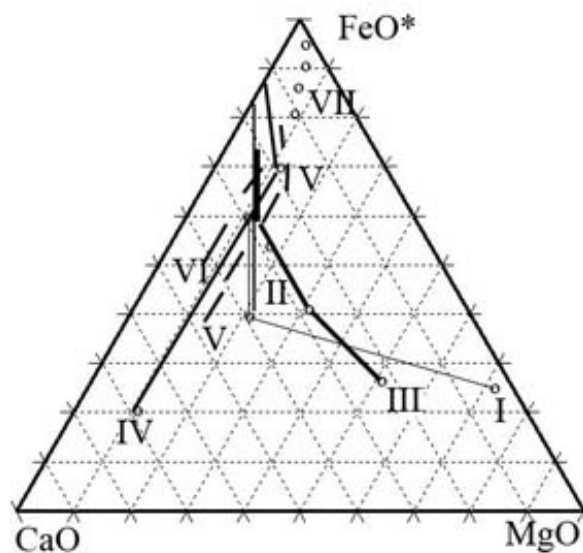


Рис. 3. Тренды щелочных ассоциаций на диаграмме «кальций – железо – магний»

I – Щелочнультраосновная, II – субщелочная базальтовая, III – щелочнобазальтовая формации; IV – Сакунский массив, V – Хибинский массив, VI – ильменско-вишневогорский комплекс [3, 9,10], VII – щелочногранитовая формация

Весьма информативной оказывается диаграмма «железо – магний – кальций». Как было показано нами в ряде публикаций [14 и др.], направления трендов ультрамафических и мафических ассоциаций нормальной щелочности на этой диаграмме во всех случаях отражают относительное уменьшение количества магния по отношению либо к железу, либо к кальцию. Сиенитоидные ассоциации характеризуются трендами, параллельными стороне треугольника «кальций – железо» (рис. 3). Другими словами, они раздифференцированы по отношению « $CaO - FeO^*$ » при небольших относительно постоянных содержаниях магния. На продолжении трендов сиенитоидных ассоциаций располагаются тренды щелочногранитовых ассоциаций. Щелочнобазальтоидные и щелочнультраосновные ассоциации также образуют отдельную группу трендов. Они отличаются постепенным уменьшением содержаний магния, обладают дугообразной формой и сходятся в точке, отвечающей 80 %  $FeO^*$  и 20 %  $CaO$ , соответствующей, вероятно, феррогеденбергиту с примесью эгириновой молекулы. Любопытны результаты сопоставления трендов сиенитоидных ассоциаций между собой. На диаграмме (рис. 2-А) намечаются две «системы» субпараллельных между собой трендов, различающиеся углами наклона, что, по-видимому, свидетельствует о разной «скорости накопления» щелочей.

Для таких хорошо изученных многофазных массивов, как Ловозерский и Хибинский, все исследователи отмечают уменьшение количества кремнезема к более поздним фазам [9, с. 144, 151], то есть, антидромную последовательность, сопровождающуюся увеличением количества щелочей (рис. 2). Такое же мнение распространено в геологической литературе применительно к так называемым высококалиевым щелочным массивам Восточной Сибири – Сыннырскому и Сакунскому. Проведенное нами картирование Сакунского массива и корреляция последнего с массивами сыннырского и алданского комплексов [13, 16] привели нас к заключению о высокой степени коррелируемости этих комплексов между собой (см. таблицу 1), гомодромной последовательности их становления и постепенному уменьшению величины суммы щелочей в ходе кристаллизации расплавов. То есть, при одинаково отрицательной корреляции суммы щелочей и

Таблица 1  
 Схема корреляции высококальциевых щелочных массивов Восточной Сибири

Сындырский массив	Сакунский массив	Массивы алданского комплекса
Жильные – сельвсбергиты, тингуайты, грорудиты, сиенит-порфиры, лампрофиры	Жильные – сельвсбергиты, тингуайты, грорудиты, сиенит-порфиры, лампрофиры	Жильные – сельвсбергиты, тингуайты, грорудиты, сиенит-порфиры, лампрофиры
Граносиениты, кварцевые сиениты	Сиенито-диориты, гранодиориты, <b>граносиениты</b>	<b>Монцониты, кварцсодержащие сиениты</b>
Эгирин-авгитов сиениты, Пуласкиты, святоноситы	Эгирин-авгитов сиениты – гедрумиты	Лейцитовые базальты, щелочные трахиты
<b>Нефелиновые фойяиты, ювиты</b>	<b>Пуласкиты</b>	Пуласкиты
Массив – 650 кв.км	Нефелиновые сиениты, щелочные сиениты, святоноситы Псевдолейцитовые фойлиты Массив – 50 кв.км	Нефелиновые, псевдолейцитовые сиениты Небольшие тела, штоки, дайки

Полужирным шрифтом выделены главные члены парагенезиса. Сплошные горизонтальные линии разделяют образования разных интрузивных фаз. По материалам Г. В. Андреева, В. В. Архангельской, Т. В. Билибиной, А. Я. Жидкова, К. И. Свешникова и др.

кремнезема процессы дифференциации в таких массивах как Ловозерский и Сакунский имели прямо противоположный характер (см. рис. 2). При этом в ходе формирования в Ловозерском и Хибинском массивах возрастала величина отношения калия к натрию [9, с. 151], а в Сакунском и коррелируемых с ним массивах – последовательно уменьшалась (в жильной серии, сопровождающей Сакунский массив, проявлена противоположная тенденция – с увеличением содержаний кремнезема и параллельным этому уменьшением суммы щелочей возрастает величина отношения калия к натрию). Таким образом, Сакунский и Ловозерский массивы являются своего рода антиподами – тренды их начинаются в одной области (64 – 68 %  $SiO_2$  и 13 – 14 % щелочей) и «расходятся» в противоположные стороны. Среди известных Сакунскому массиву по поведению щелочей наиболее близок Памбакский массив, по [1].

Помимо рассмотренных встречаются массивы промежуточного характера. Примером служит Октябрьский массив Приазовья. Фигуративные точки химических анализов (данные [5, 17] и др.) на диаграмме «щелочи – кремнезем» разделяются на две группы. В анализах, содержащих меньше 58 %  $SiO_2$ , корреляция между параметрами вообще отсутствует, в анализах, содержащих более 58 %  $SiO_2$ , проявлена слабая положительная корреляция. На диаграмме « $SiO_2 + Al_2O_3 + CaO - K_2O + Na_2O$ » фигуративные точки образуют «облако», никак не соотносящееся с параметрами диаграммы. Можно думать, что отсутствие корреляции между перечисленными параметрами является следствием активных метасоматических процессов при образовании массива.

Столь резкие отличия петрохимических особенностей различных групп массивов ЩМА заставляют предполагать связь их с разными геодинамическими обстановками. В геологической литературе преобладает тенденция связывать все (или почти все) ассоциации с участием сиенитов с рифтовыми структурами [7]. Главным аргументом при этом служит связь массивов с разломами глубокого заложения. Однако, этот признак является недостаточным, поскольку все более или менее крупные интрузивные массивы любого состава пространственно связаны с разломами глубокого заложения. Связь с рифтовыми структурами проявле-

ний щелочноультраосновного и щелочноосновного магматизма доказана, но щелочнобазальтоидные ассоциации могут появляться, например, и на заключительных стадиях островодужных и коллизионных геодинамических обстановок. В таких случаях возникновение ЩМА можно связывать с процессами релаксации, наступающими после завершения избыточных условий сжатия. Поэтому, вероятно, более правильным будет говорить о связи основных и ультраосновных ЩМА с обстановками субгоризонтального растяжения и разрыва земной коры.

Относительно геодинамического положения сиенитоидных ассоциаций данных недостаточно. В ряде случаев их можно связывать с ростом сводовых поднятий. На рис. 4 показан ареал охарактеризованных в таблице массивов позднепалеозойско-мезозойской ЩМА ассоциации. Контуры восточной и центральной частей ареала очень точно соответствуют контурам выделяемого многими авторами Алдано-Учурского сводового поднятия. На западе ареал совпадает с северной частью Байкало-Витимского сводового поднятия; по мнению ряда исследователей оба свода, вероятно, составляют единое поднятие, которое нами было предложено именовать Байкало-Учурским. При этом все сиенитоидные массивы приурочены к краевым частям (склонам) свода и практически отсутствуют в его центральной части. На всей территории свода известно лишь несколько мезозойских впадин, выполненных терригенными угленосными отложениями и полностью отсутствуют впадины с вулканическими образованиями, столь характерные для рифтовых зон. Многочисленные палеозойско-мезозойские мафическо-салические, салические и щелочные массивы связаны с процессами тектоно-магматической активизации, охватившими огромную территорию Восточной Азии. По геофизическим данным, этой территории соответствует область разуплотнения литосферы [4]. Можно думать, что такое разуплотнение было взаимосвязано с притоком и концентрацией повышенного количества щелочей, что и вызвало появление щелочных расплавов.

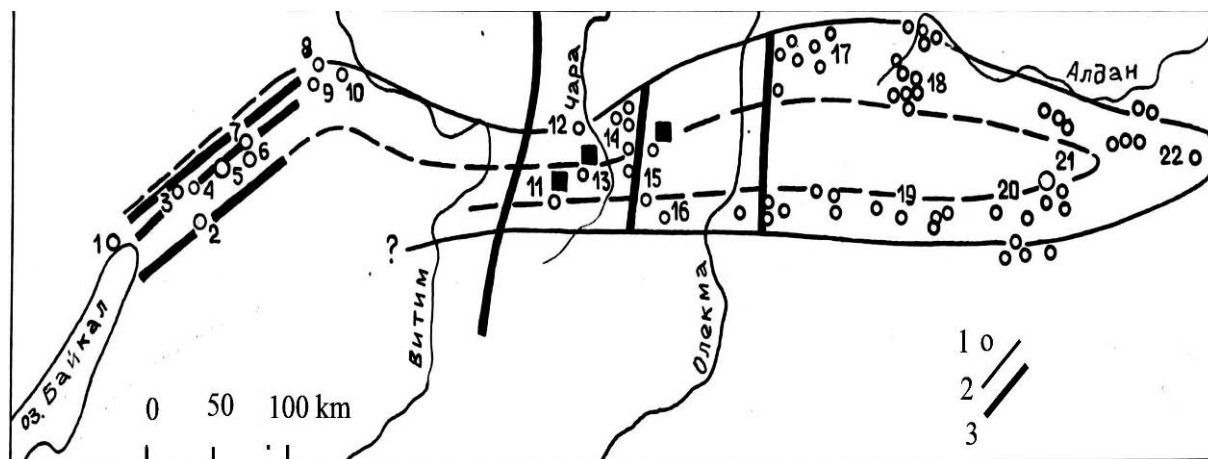


Рис. 4. Ареал позднепалеозойско-мезозойской сиенитоидной ассоциации Восточной Сибири (по материалам В. В. Архангельской, Т. В. Билибиной, Е. П. Максимова, Е. П. Миронюка, Л. И. Салопа, А. Н. Угрюмова и других)

Условные обозначения: 1 – массивы, 2 – границы сводового поднятия и его отдельных частей, 3 – региональные разломы, черными квадратами показаны угленосные впадины. Массивы: 1 – Гоуджекитский, 2 – Акитский, 3 – Кудушкитский, 4 – Бурпалинский, 5 – Сыннырский, 6 – Якшинский, 7 – Монюканский, 8 – Хоробский, 9 – Гилиндринский, 10 – Брызгунский, 11 – Святоносская группа, 12 – Ципинский, 13 – Витимская группа, 14 – Кодарский, 15 – Джелиндинский, 16 – Ничатский, 17 – Мурунская группа, 18 – Муруринский, 19 – Сакунский, 20 – Амгинская группа, 21 – Центральноалданская группа, 22 – Эвотинская группа, 23 – Гонамская группа, 24 – Суннагинская группа, 25 – Кет-Капская группа

В южной части Восточно-Европейской платформы, по данным спутника МАГСАТ [12], установлена крупная магнитная аномалия овальной в плане формы, которую возможно интерпретировать как остаточное отражение докембрийской палеосводовой структуры активизации [15]. Все щелочносиенитовые массивы Украинского щита (Октябрьский, Малотерсянский, Маловискинский, Ястребецкий) локализованы вдоль южного ограничения упомянутой аномалии, то есть, предположительно на склоне палеосводового поднятия. Хибинский и Ловозерский массивы также связывают с активизацией, причем под Хибинским установлен подъем границы Мохо [9 с. 30].



Рассмотренные данные приводят к выводу о принципиальных отличиях процессов дифференциации расплавов, дающих сиенитоидные ассоциации, от всех прочих. Возникает ряд вопросов: 1) как объяснить отрицательную корреляцию щелочей и кремнезема, если она проявляется не только в фельдшпатоидных породах, но и в щелочных гранитах, 2) почему щелочные магматические серии в одних случаях имеют гомодромный, в других антидромный характер, 3) каковы геодинамические условия возникновения таких ассоциаций? По мнению автора, на сегодняшний день не существует убедительных ответов на эти вопросы. В частности, хорошо известные диаграммы кристаллизации показывают пути дифференциации щелочных расплавов, но не объясняют, почему эти пути оказываются столь различны.

### **СПИСОК ССЫЛОК**

1. Багдасарян Г. П., Адамян А. И., Татевосян Т. Ш. Щелочные изверженные породы Армянской ССР // магматизм и связь с ним полезных ископаемых. – Изд. Лит-ры по геологии и охране недр. М., Недра, 1960.
2. Бородин Л. С. Петрохимия магматических серий. – М., Наука, 1987, 261 с.
3. Главнейшие провинции и формации щелочных пород / Отв. ред. Л. С. Бородин. – М., 1974, 376 с.
4. Карта аномального гравитационного поля России и прилегающих акваторий м-ба 1:10 000 000 /Ред. Ю. И. Никольский. – Л., изд. ВСЕГЕИ, 1995.
5. Кривдик С. Г., Ткачук В. И. Петрология щелочных пород Украинского щита.- К.: Наукова думка.- 1990.- 405 с.
6. Кузнецов Ю. А. Главные типы магматических формаций. М.: Недра.-1964
7. Лазаренков В. Г. Формационный анализ щелочных пород континентов и океанов. – Л., Недра, 1988, 236 с.
8. Магматические горные породы. Основные породы / Е. Д. Андреева и др. – М., Наука, 1985, 485 с.
9. Магматические горные породы. Щелочные породы / Е. Д. Андреева и др. – М., Наука, 1984, 415 с.

10. Магматические формации СССР. /Ред. В. Л. Масайтис. В 2-х т. – Л.: Недра.- 1979.
11. Пак А. С. и другие. Геологическое строение и апатитоносность Сыннырского щелочного массива. – Ленинград, Наука, 1969.
12. Пашкевич И. К., Марковский В. С., Орлюк М. И. и др. Магнитная модель литосферы Европы. Киев, Наук. Думка, 1990, 168 с.
13. Свешников К. И. Корреляция и тектоническое положение щелочных пород Северного Прибайкалья – Алданского нагорья. // Геология и геофизика, 1977, № 3, с. 32-45.
14. Свешников К. И. Ультрамафит-мафические формации Украинского щита, геологическое положение и отличительные признаки // Минералогический журнал, 2006. № 3. С. 50 – 60.
15. Свешников К. И., Пашкевич И. К., Красовский С. С. Раннедокембрийские магматогенные структуры Украинского щита. // Геологический журнал, 1994, № 1, с 69-80.
16. Свешников К. И., Свешникова А. В. Сакунский массив щелочноземельных и щелочных пород. // Записки Забайкальского филиала геогр. о-ва. Вып. 95. – Чита, 1974, с. 19-41.
17. Щербаков И. Б. Петрология Украинского щита.- Львов: изд.ЗУКЦ, 2005, - 366 с.