

ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ  
ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ  
БОКУРСКОГО ЩЁЛОЧНОБАЗИТ-ЩЁЛОЧНОМЕЗИТОВОГО  
КОМПЛЕКСА КЕТКАПСКО-ЮНСКОЙ МАГМАТИЧЕСКОЙ  
ПРОВИНЦИИ АЛДАНСКОГО ЩИТА

**Полин В.Ф.**

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток  
vfpolin@mail.ru*

Происхождение щелочных пород издавна привлекает внимание петрологов-магматистов в связи с необычностью их минералого-петрографического состава, особенностями физико-химических и геодинамических условий проявления и связанной с ними минерации. С этих позиций, несомненный интерес представляет щёлочнобазит-щёлочномезитовый вулканоплутонический бокурский комплекс Кеткапско-Юнской магматической провинции (ККЮМП) одной из зон позднемезозойской тектономагматической активизации (ТМА) Алданского щита (АЩ).

В состав бокурского комплекса (Бокурский вулканоплутон Улаханского массива ККЮМП) входят щёлочнобазитовые до щёлочномезитовых вулканические и, в подчинении, гипабиссальные породы, представленные пирокластической (преобладает), лавовой и гипабиссально-дайковой фациями. Вулканогенные породы в последовательности, близкой к антидромной, слагают три вулканогенные толщи, выполняющие Бокурскую и Улаханскую кальдеры.  $^{40}\text{Ar}$ – $^{39}\text{Ar}$  и уран-свинцовый возрасты их находятся в пределах 126–124 млн. лет [1]. Дайковые и гипабиссальные магматиты близодновременны вулканитам.

Вулканиты классифицируются, с некоторой долей условности, как шошониты, лейцитовые фонотефриты, тефрифенолиты, щелочные латиты и щелочные трахиандезиты, щелочные трахиты. Интрузивно-дайковая фация образована щелочными габброидами ряда «эссексит-шонкит» (петрографически, это – минетты), бостонитами, вишневит- и нефелин-содержащими тингуайтами (редки).

По величине щёлочно-известкового индекса ( $\leq 50$ ), содержаниям оксидов щелочей (8,8–12,1 %) и их отношениям комплекс принадлежит щелочной высококалийевой серии.

## Геодинамическая обстановка формирования бокурского комплекса

Традиционно позднемезозойские щелочные магматиты Алданского щита увязывали с процессами рифтогенеза, обусловленного мезозойской тектонической активизацией этой глобальной структуры. Ещё в начале 1980-х годов Е.П. Максимовым [2] было отмечено, что, несмотря на наличие в составе магматитов из зон позднемезозойской ТМА Алдана ряда т.н. «надсубдукционных» характеристик, совокупность геологических и геофизических данных свидетельствует о проявлении на АЩ *рифтогенного режима* в позднем мезозое.

Более поздние модели мезозойского магматизма АЩ связывали его проявления либо с коллизионными событиями при столкновении Восточно-Сибирской и Китайской плит, либо с обстановкой континентальной трансформной окраины калифорнийского типа. Имеются указания и на возможную его надплумовую либо надсубдукционную природу.

**Результаты дискриминантного геодинамического анализа бокурского комплекса.** Учитывая противоречивость имеющихся представлений о геодинамической обстановке становления раннемеловых калиевых магматитов АЩ, и с целью получения дополнительных критериев геодинамических условий формирования бокурского комплекса, автор использовал серию дискриминантных диаграмм, позволяющих различать магматические породы, формировавшиеся в различных геодинамических ситуациях. Были применены дискриминантные диаграммы Г.Б. Ферштатера [3], А.Д. Симонова [4], А.В. Гребенникова [5, 6], Д. Мюллера и Д.И. Гроувза [7].

Анализ положения составов бокурских вулканоплутонитов на диаграмме «Rb-Sr» (рис. 1) Г.Б. Ферштатера [3] позволил заключить:

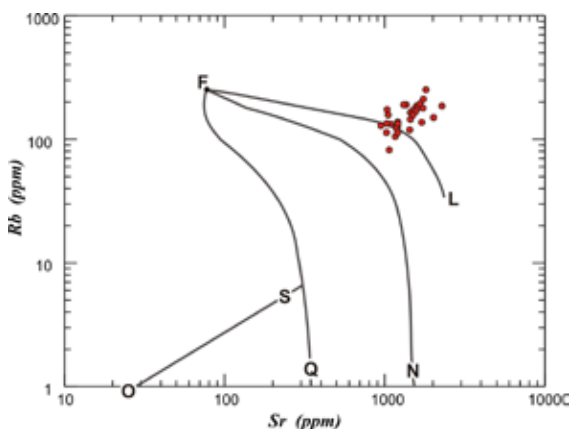


Рис. 1. Дискриминантная геодинамическая диаграмма «Rb-Sr» Г.Б. Ферштатера (по [3]) для пород бокурского комплекса. Области составов пород, характерные для разных геодинамических режимов: OSQ – производные океанических толеитов; QFN – производные континентальных толеитов; NFL – производные континентальных андезитов. Выше линии FL – область производных щёлочно-базитовой магмы.

1) отсутствие закономерного увеличения Rb/Sr отношения в ряду «основные – средние породы» свидетельствует в пользу *иного, чем фракционирование*, механизма становления этой серии пород; 2) распределение фигуративных точек пород комплекса в области составов (выше линии FL), характерных для «магматических пород стабильных зон, сублатформенных стадий развития подвижных зон, заложенных на континентальной коре», вполне согласуется с геологической позицией комплекса. Родоначальная магма подобных образований – калиевая щелочно-базальтовая.

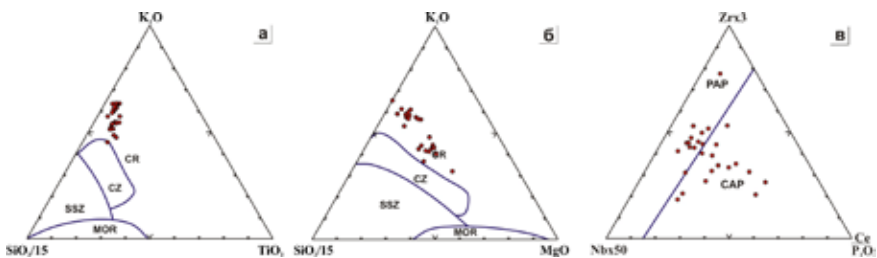


Рис. 2. Составы пород бокурского комплекса на дискриминантных диаграммах Д.А. Симонова (а, б), по [4] и Д. Мюллера – Д.И. Гроувза (в), по [7]. Поля составов магматитов типовых геодинамических обстановок, по [4]: MOR – срединно-океанических хребтов; SSZ – надсубдукционных обстановок; CZ – областей континентальной коллизии; CR – континентальных рифтов. Поля составов магматических дуг, по [7]: CAP – континентальных, PAP – постколлизионных

На диаграммах Д.А. Симонова (рис. 2 а, б), способных дискриминировать вулканоплутонические породы из областей межконтинентальной коллизии, океанического спрединга, субдукции и континентального рифтинга, бокурские образования занимают поля *континентально-рифтогенных* магматитов, подобных породам африканских рифтов.

Схожая ситуация наблюдается на дискриминантных диаграммах геодинамических обстановок А.В. Гребенникова [5, 6], позволяющих отличать магматические породы надсубдукционного (островодужного и окраинно-континентального) типа от магматитов, образованных в обстановках скольжения плит. На двух из трёх диаграмм этого автора (рис. 3) бокурские вулканоплутониты уверенно занимают поля пород из областей скольжения плит, что *в принципе* согласуется с результатами дискриминантного анализа на диаграммах Д.А. Симонова.

*По-иному* трактуется геодинамическая обстановка формирования комплекса *лишь* при использовании дискриминантных геодинамических диаграмм Д. Мюллера-Д.И. Гроувза [7], на которых фигуративные точки бокурских магматитов располагаются в полях образований т.н. «континентально-рифтогенных» магматитов.

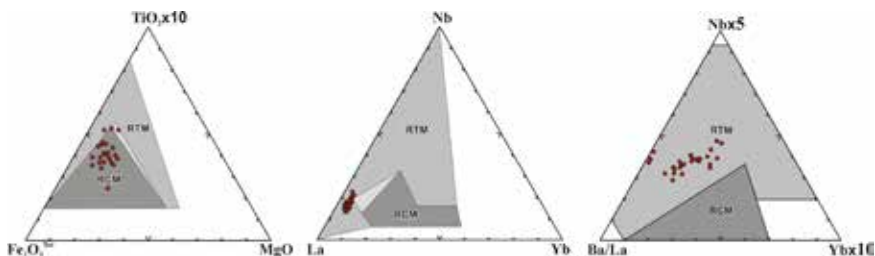


Рис. 3. Положение составов пород бокурского комплекса на дискриминантных диаграммах А.В. Гребенникова, по [5, 6]. Поля магматитов различных обстановок: RTM – трансформных окраин; RCM – конвергентных границ плит; треугольники со светло-серой заливкой – участки перекрытия полей различных обстановок.

нентальных вулканических дуг» и «постколлизийных дуг» (рис. 2 в). Если принимать термин «континентальные дуги» как указание на их принадлежность к обстановке активной континентальной окраины (АКО), то следует отнести щелочные вулканы и плутониты комплекса к производным *надсубдукционной* обстановки. При этом важно подчеркнуть, что в **типичных надсубдукционных** обстановках *подобные* породы не известны нигде в мире.

К тому же, нельзя не учитывать такое, немаловажное, обстоятельство: большой ряд составов вулканических пород, принятых Д. Мюллером и Д.И. Гроувом за *эталонные* для «континентальных островных дуг» (напр., породы Римской магматической провинции, Эоловой и Кикладской островных дуг, рифта Рио-Гранде), далеко *не всеми* исследователями принимаются за производные *надсубдукционных* дуг. Как показывает анализ публикаций, вопрос о геодинамической обстановке формирования Эоловой и Кикладской дуг, Римской магматической провинции решается весьма не однозначно.

Имеется не менее трёх альтернативных точек зрения на геодинамическую обстановку становления не только Эоловой и Кикладской дуг, но и всего Центрального Средиземноморья: одна, действительно, представляет вулканические дуги Средиземноморья как структуры *надсубдукционные*<sup>1</sup> (напр., работы Ф. Барберри (F. Barberi) с коллегами); другие относят эти вулканы либо к *внутриплитным* образованиям, связанным с действием плюмов (Г. Лавеккья (G. Lavecchia) с соавторами и К. Белл (K. Bell) с коллегами, Д. Гасперини (D. Gasperini) и соавторы), либо *увя-*

<sup>1</sup> Но субдуцирует здесь *не океаническая*, а континентальная плита, под континентальную же; возможность подобного механизма сама по себе вызывает сомнения у ряда исследователей, в том числе, автора статьи.

зывают их происхождение с *постколлизсионной* обстановкой (П. Митропулос (P. Mitropoulos) и соавторы; Р. Маццуоли (R. Mazzuoli) и коллеги) или *пассивным* расширением континентальной литосферы (Б. Саболч (B. Szabolcs) и коллеги).

Возвращаясь, с учётом сказанного, к вопросу несогласованности результатов, полученных для бокурского комплекса на диаграммах Г.Б. Ферштатера, А.В. Гребенникова и Д.А. Симонова, с одной стороны, и диаграммах Д. Мюллера и Д.И. Гроувза, с другой, приходим к заключению о необходимости внесения *корректиры* в диаграммы последних авторов, с выделением на них полей обстановок *окраинно-континентального рифтинга*.

Подытоживая результаты геодинамического дискриминирования образований бокурского комплекса, следует подчеркнуть: распределение составов пород на *подавляющем* большинстве использованных диаграмм свидетельствует о континентально-рифтогенном (или близком к нему, по сути) происхождении магматитов рассматриваемого комплекса, что вполне согласуется с предложенной ранее трактовкой геодинамической позиции становления магматитов зон позднемезозойской ТМА АЩ.

На основе наблюдаемого, по многим параметрам, *несоответствия* составов пород бокурского комплекса *типичным* надсубдукционным образованиям [8], и при учёте геофизических сведений и результатов геодинамической типизации его пород на диаграммах Г.Б. Ферштатера, Д.А. Симонова и А.В. Гребенникова, *наиболее приемлемой* представляется идея о становлении этого комплекса в условиях континентального рифтинга, связанного с геодинамической обстановкой скольжения литосферных плит. Такая позиция совпадает с ранее высказанными сообщениями о геодинамике становления раннемеловых щелочных и щелочно-земельных пород как ККЮМП, так и других позднемезозойских магматогенных провинций АЩ, основанными на анализе их состава, геологического положения и данных геофизических исследований (работы О.А. Богатикова, А.Я. Кочеткова, Е.П. Максимова, А.О. Морина, Л.М. Парфёнова, В.Ф. Полина с их соавторами; и др.).

*Представляется*, что появление в пределах ККЮМП раннемеловых вулканитов и плутонитов рифтогенного типа отражает начальные фазы деятельности в провинции двух крупных сдвиговых систем: Кеткапской и Кондёро-Ингилийской, с опережающими их разломами второго и более высоких порядков. Очевидно, сдвиги эти определяли не только общий структурный план, но и всю меловую геодинамику ККЮМП. В результате сдвиговой активности, на границе юры и раннего мела здесь возникали локальные зоны растяжения (типа «pull apart basins»), охватывавшие

не только верхнюю часть земной коры, но и распространявшиеся вглубь, до верхнемантийного уровня. По-видимому, это и послужило одной из причин проявлений в ККЮМП щелочного вулканоплутонизма, во многом сходного с рифтогенным.

Исследования выполнены в рамках государственного задания Дальневосточного геологического института ДВО РАН.

### Литература

1. Полин В.Ф., Глебовицкий В.А., Мицук В.В., Киселёв В.И., Будницкий С.Ю., Травин А.В., Ризванова Н.Г., Баринов Н.Н., Екимова Н.И., Пономарчук А.В. Двухэтапность становления щелочной вулканоплутонической формации в Кеткапско-Юнской магматической провинции Алданского щита: новые данные изотопной периодизации // ДАН. 2014. Т. 459. № 1. С. 67–72.
2. Максимов Е.П. Мезозойский магматизм Алданского щита как индикатор тектонического режима // Геология и геофизика. 1982. № 5. С. 11–19.
3. Ферштатер Г.Б. Rb-Sr – диаграммы для анализа геодинамического режима образования магматических серий // Ежегодник-1980: Информационные материалы. Свердловск, 1981. С. 86–88.
4. Симонов Д.А. Геодинамические обстановки проявления позднекайнозойского вулканизма Эгейско-Кавказского сегмента Альпийского складчатого пояса / Автореф. канд. дис-и. М.: МГУ. 1998. 27 с.
5. Grebennikov A.V., Khanchuk A.I. Pacific-type transform and convergent margins: igneous rocks, geochemical contrasts and discriminant diagrams // International Geology Review. 2020. P. 2-29. <https://doi.org/10.1080/00206814.2020.1848646>
6. Гребенников А.В., Ханчук А.И. Геодинамика и магматизм трансформных окраин Тихоокеанского типа. Основные теоретические аспекты и дискриминантные диаграммы // Тихоокеанская геология. 2021. Т. 40. № 1. С. 3–24. DOI: 10.30911/0207-4028-2021-40-1-3-24.
7. Miller D., Groves D.I. Potassic igneous rocks and associated gold-copper mineralization // Mineral Resource Reviews, Springer Nature. 2019. P. 31-71.
8. Полин В.Ф., Сахно В.Г. Петрогенезис щелочных вулканитов Кеткапско-Юнской магматической провинции Алдана // ДАН. 2004. Т. 394. № 3. С. 364–367.