

СЛАНЦЫ И ГРАНИТЫ ЛЬВА МАХЛАЕВА В СВЕТЕ ЛИТОХИМИИ Я.Э. Юдович, М.П. Кетрис

Институт геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН

Эл. почта: EYuYa@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 09.03.2016; принята к печати 25.04.2016

Архивные данные выполненных Л.В. Махлаевым (1932–2012) анализов изверженных пород обработаны с использованием литохимических модульных диаграмм, предложенных авторами. Результаты обработки обсуждены в связи с выдвинутой Л.В. Махлаевым концепцией изолитогенных гранитных рядов.

Ключевые слова: сланец, гранит, литохимия, история науки.

THE LEV MAKHLAYEV'S SHALES AND GRANITES IN THE LIGHT OF LITHOCHEMISTRY

Ya.E. Yudovich, M.P. Ketris

Institute of Geology, Komi Scientific Center, Ural Division of the Russian Academy of Sciences

E-mail: EYuYa@yandex.ru

Archival data derived from analyses of effusive rocks carried out by L.V. Makhlayev (1932–2012) were treated using lithochemical modular diagrams designed by the authors of the present publication. The results are discussed with account of the concept of isolithogenic granite series put forward by L.V. Makhlayev.

Keywords: shale, granite, lithochemistry, history of science.

Профессор Лев Васильевич Махлаев (1932–2012) после М.В. Фишмана и В.Н. Охотникова возглавил лабораторию петрографии в Институте геологии научного центра Коми УрО РАН, где занимался (1986–2003) изучением гранитов Севера Урала, среди которых он впервые выделил гранитные типы I и A. Однако он сумел это сделать только потому, что имел за плечами бесценный таймырский опыт (1957–1984). Именно там, в результате изучения полосы выходов докембрия Берега Харитона Лаптева, он впервые в мире установил, что известные к тому времени в петрографии «гранитные серии» Дж. Рида являются в действительности *субстратными сериями* – то есть обязаны своим формированием разным исходным литологическим субстратам, таким как граувакки, известковые граувакки, глинистые сланцы, мергели и даже (что было им установлено позднее уже на Енисейском кряже) – железистые кварциты. В итоге Л.В. Махлаев развил замечательную *концепцию изолитогенных гранитных рядов* [1]. К сожалению, СССР и Россия утратили приоритет этого крупнейшего открытия по причине мощной обструкции (результат борьбы академических кланов), с которой Л.В. Махлаев столкнулся при защите своей докторской диссертации 1979 г. Лишь 5–7 годами позже, когда правота Л. В. Махлаева стала всем очевидной, его приоритет был признан – но, увы, только в нашей стране. Обо всех этих драматических событиях он ярко и талантливо рассказал в своей автобиографической книге «Полвека в геологии» [2].

В книге 1987 г. [1, с. 24–35] по докторской диссертации Л.В. Махлаев опубликовал только средние характеристики состава метаморфических сланцев Таймыра. Однако в табличном приложении к самой

диссертации¹ приведено около 160 анализов таймырских метаморфитов и 206 анализов таймырских гранитов, генетически связанных с этими параметаморфитами, то есть, по его наблюдениям, образовавшихся по их субстрату. Что касается 46 анализов гастингситовых гранитов, то для них предполагался андезитовый субстрат. Кроме того, для сравнения приведены 44 анализа генетически родственных таймырским гранитов Западной Африки (Сьерра-Леоне) и 21 анализ гранитов Алтая. В 1985 г., обогащенный уникальным таймырским опытом (а также опытом изучения метаморфитов и магматитов Енисейского кряжа), Л.В. Махлаев занялся гранитами Севера Урала, впервые отнес их к петрогенным типам A и I, которые он описал в своей монографии 1996 г. [3]. В этой же книге он привел средние данные по всем четырем «чаппеловским» типам гранитов [7] – то есть по литогенному типу S и петрогенным типам A, I и M.

В последние годы в геохимии большую популярность приобрели *методы литохимии* (аналога петрохимии применительно к осадочным породам и параметаморфитам); при этом выяснилось, что литохимические модульные диаграммы могут применяться и для обработки анализов изверженных пород [5]. В данном сообщении излагаются результаты такой обработки, сделанной нами для собранных Л.В. Махлаевым анализов. Таблицы (выборки) единичных анализов были взяты из машинописного приложения к докторской диссертации Л.В. Махлаева

¹ Махлаев Л.В. Гранитная серия докембрия Таймыра и проблема палеолитологических реконструкций ультраметаморфических комплексов. Дисс. ... докт. геол.-минер. наук. Часть II. Альбом приложений. Красноярск: Красноярский институт цветных металлов, 1979. 119 с. (Рукопись). Авторы выражают сердечную благодарность И.И. Голубевой за доступ к этим материалам.

ва, а средние данные по североуральским гранитам – из его монографии 1996 г. [3]. Подробное описание использованных выборок анализов дано в двух статьях [4, 6]. Каждая выборка была обработана в соответствии с *Литохимическим Стандартом-ЮК²*. Эта методика предусматривает *литохимическую аттестацию* каждой породы в соответствии с *Химической классификацией* и затем – *кластеризацию*, то есть выделение групп сходных анализов (кластеров), допускающих усреднение. При такой процедуре выборка может быть либо полностью кластеризована (на модульных диаграммах выделены один или большее число кластеров), либо не полностью, когда после кластеризации остаются «аномальные» составы, не подлежащие усреднению. При обработке анализов *сланцев* мы использовали модульные диаграммы «Щелочи – ГМ», где ГМ – гидролизатный модуль; $GM = (TiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + FeO + MnO) / SiO_2$. Для *гранитов* использовали модульные диаграммы «Щелочи – ФМ», «НКМ – ФМ», «ФМ – ТМ». Фемический модуль ФМ вычисляется по формуле $(Fe_2O_3 + FeO + MnO + MgO) / SiO_2$; НКМ – модуль нормированной щелочности $(Na_2O + K_2O) / Al_2O_3$, который в петрологии называется коэффициентом апаитности; ТМ – титановый модуль, TiO_2 / Al_2O_3 .

1. Кристаллические сланцы Таймыра. На рис. 1, где каждая точка отвечает *среднему по кластеру*, можно выделить по меньшей мере 4 поля, отвечающих различным терригенным протолитам. Аркозовое поле (такой протолит Л.В. Махлаевым не выделялся) характеризуется высокой общей щелочностью ($Na_2O + K_2O$ в среднем $>6\%$) и высокой нормированной щелочностью (НКМ в среднем 0,40–0,52), означающей обилие в породах полевых шпатов. Точка 1–I, далеко отстоящая от поля аркозов, очевидно, представляет самые кислые аркозы. Как видно на рис. 1, поля протолитов в их маргинальных частях отчасти

² <http://lithology.ru/node/854>

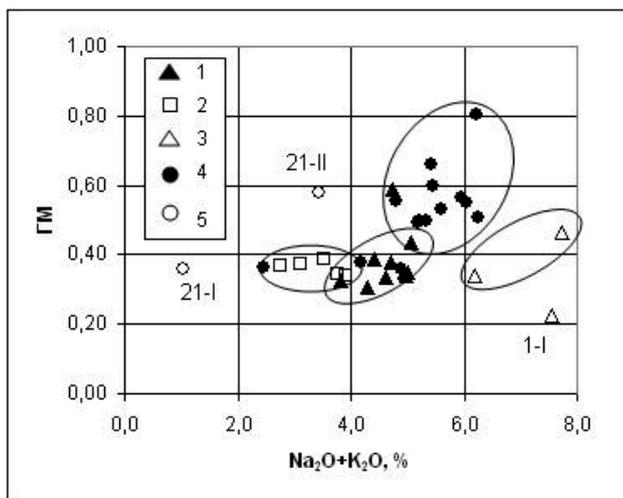


Рис. 1. Поля разных протолитов на сводной модульной диаграмме средних составов-кластеров кристаллических сланцев Таймыра. 1 – граувакки; 2 – известковые-граувакки; 3 – аркозы; 4 – пелиты; 5 – карбонатсодержащие породы. Обозначения типа 21–II отвечают номеру выборки (21) и кластера (II) в этой выборке – см. табл. 2–4 в [6]

перекрываются. Но в целом поля протолитов, выделенных Л. В. Махлаевым, прекрасно дифференцируются на модульной диаграмме «Щелочи–ГМ».

2. Ультраметаморфические гранитоиды. На рис. 2 приведена сводная модульная диаграмма для вычисленных нами средних составов-кластеров ультраметаморфических гранитоидов. Выясняется, что относительно «чистых» полей здесь только два – и оба они отвечают составам гастингситовых гранитоидов – левое с низкофемичными составами, а правое – с наиболее фемичными. Можно думать, что левое «гастингситовое» поле отвечает андезитовым туффоидам, и правое – самим андезитами. Поля апограувакковых и апелитовых гранитоидов включают средние составы тех и других, что вполне объяснимо, так как граувакки всегда содержат то или иное количество глинистого матрикса. Но в целом апелитовые гранитоиды – породы наименее фемичные и титанистые, тогда как апограувакковые – заметно более фемичны и титанисты. Поле апо-известково-граувакковых гранитоидов вполне четко отличается более высокой фемичностью и титанистостью, а небольшой размер этого поля отражает значительную изменчивость состава протолита, что объясняется вариациями долей известкового и глинистого вещества в матриксе и разным составом обломков. Отдельное положение наиболее титанистого и фемичного состава (точка кластера 26–I), скорее всего, отражает базитовый состав протолита. Другой отдельный состав вне полей (точка кластера 50–I) относится к гранитам Либерийского щита, отнесенными В. Мармо [9] и затем Л.В. Махлаевым к известково-граувакковому и пелитовому рядам. В состав этого кластера вошли почти исключительно автохтонные гранитоиды, и по своим параметрам ($GM = 0,37$, $Na_2O + K_2O = 5,69\%$, НКМ = 0,36) порода отвечает скорее глинистому алевролиту, нежели граниту. Очевидно, это просто начальная стадия гранитизации такого протолита.

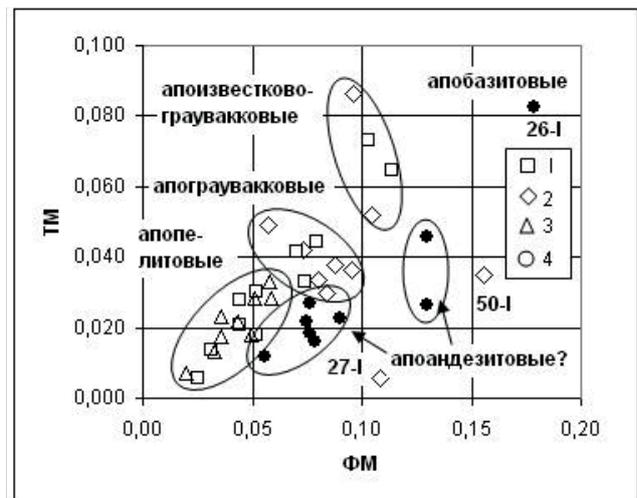


Рис. 2. Субстратные поля ультраметаморфических гранитоидов на сводной модульной диаграмме средних составов-кластеров. Субстраты: 1 – граувакки; 2 – известковые граувакки; 3 – пелиты; 4 – андезиты и базиты. Обозначения типа 26–I отвечают номеру выборки в табл. 1 (26) и кластера (I) в этой выборке (см. [4])

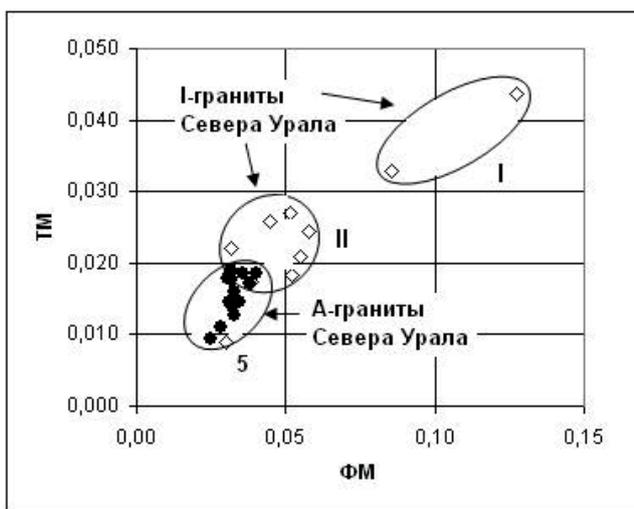


Рис. 3. Поля средних составов массивов петрогенных гранитоидов Севера Урала (15 массивов А-гранитов и 10 массивов I-гранитов), выделенные путем обработки данных Л.В. Махлаева, 1996 г. [3, с. 97–111]

3. Магматические гранитоиды Севера Урала.

На рис. 3 показаны результаты обработки 25 средних составов гранитоидов севера Центрально-Уральского поднятия. Выясняется, что составы гранитов I-типа весьма вариабельны и отчетливо распадаются на два кластера-поля (I и II), различающиеся по фемичности и титанистости, что отражает вариации их состава от гранодиоритов до лейкогранитов. Аляскитоподобные лейкограниты А-типа обладают минимальными значениями фемичности и титанистости и заметно более высоким показателем агаптитности (НКМ), причем их поле-кластер III отчасти перекрывается с лейкократовым полем-кластером II гранитов типа I. Поэтому весьма показательно попадание в поле А-гранитов аномального состава I-гранита (точка 5), отвечающего богатым кварцем гранитам массива Водораздельный, что и подчеркивает наличие лейкократовых разновидностей, очень похожих на А-граниты, среди I-гранитов. В целом же дискриминацию разновидностей гранитоидов типов А и I на этой модульной диаграмме можно считать превос-

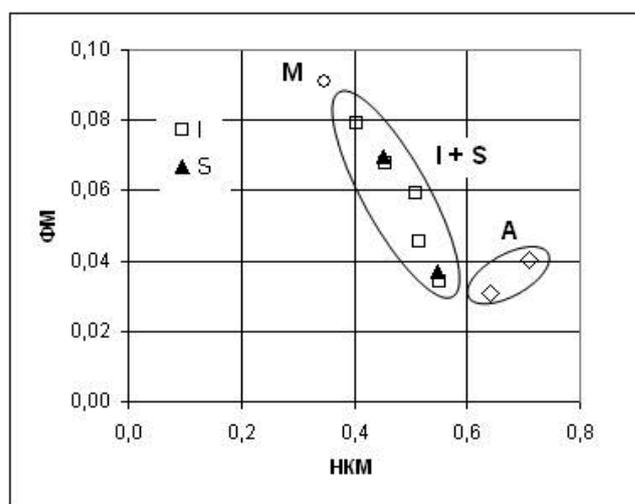


Рис. 4. Поля средних составов четырех «чappelовских» типов гранитов, взятых у Л.В. Махлаева [4, с. 120]

ходной, что позволяет рекомендовать данную диаграмму для использования в диагностических целях.

4. «Чappelовские» типы гранитоидов. В книге [3] Л.В. Махлаев привел шесть средних составов четырех типов гранитоидов по Б. Чappelу [7], а именно литогенных S (два подтипа), апобазитовых I (два подтипа), апо-ортогнейсовых A и мантийных плагиогранитов M [5, с. 120] и сравнил эти составы с четырьмя средними составами североуральских гранитоидов I- и А-типов, полученных им путем усреднения 243 и 322 анализов соответственно. Ввиду отсутствия в таблицах TiO_2 нам пришлось прибегнуть к менее удобной диаграмме НКМ–ФМ (рис. 4).

Как видно на рис. 4, мантийные плагиограниты М-типа и коровые лейкограниты А-типа распознаются безошибочно, тогда как поля коровых литогенных и петрогенных гранитов S- и I-типов перекрываются, отражая значительную изменчивость составов тех и других. Однако мы не исключаем, что на диаграмме ФМ–ТМ и эти типы удалось бы дискриминировать.

Литература

Список русскоязычно литературы

1. Махлаев ЛВ. Изолитогенные гранитные ряды. Новосибирск: Наука; 1987.
2. Махлаев ЛВ. Полвека в геологии. Сыктывкар; 2010.
3. Махлаев ЛВ. Гранитоиды севера Центрально-Уральского поднятия: Полярный и Приполярный Урал. Екатеринбург: УрО РАН; 1996.
4. Юдович ЯЭ, Кетрис МП. Литогенные и петрогенные граниты Льва Махлаева в свете литохимии. Вестник Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН. 2014;(11):11-9.
5. Юдович ЯЭ, Кетрис МП. Основы литохимии. Л.: Наука; 2000.

6. Юдович ЯЭ, Кетрис МП. Таймырские метаморфиты Льва Махлаева в свете литохимии. Вестник Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН. 2014;(7):6-19.

Общий список литературы/Reference list

1. Makhlayev LV. Izolitogennye Granitnye Ridy. Novosibirsk: Nauka; 1987. (In Russ.)
2. Makhlayev LV. Polveka v Geologii. Syktivkar; 2010.
3. Makhlayev LV. Granitoidy Severa Tsentralno-Uralskogo Podnitiya: Poliarnyi i Pripoliarnyi Ural. Yekaterinburg: UrO RAN; 1996. (In Russ.)
4. Yudovich YaE, Ketris MP. [The Lev Makhlaev's lithogenic and petrogenic granites in the

light of lithochemistry]. Vestnik Instituta Geologii NTs UrO RAN. 2014;(11):11-9. (In Russ.)

5. Yudovich YaE, Ketris MP. Osnovy Litokhimii. Leningrad: Nauka; 2000.

6. Yudovich YaE, Ketris MP. [The Lev Makhlaev's Taimyr metamorphic rocks in the light of lithochemistry]. Vestnik Instituta Geologii NTs UrO RAN. 2014;(7):6-19. (In Russ.)

7. Chappell BW. Source rocks of I- and S-type granites in the Lachlan Fold Belt. Phil Trans Roy Soc L. 1984;310:693-707.

8. Marmo V. The petrochemistry of some Precambrian granites of West Africa and petrochemical comparison with Svekofenide granites of Finland. Amer J Sci. 1955;253:391-412.

