

Пучков В. Н. Плюмы в истории Урала // Бюллетень МОИП. Отделение геологии. 2013. № 4. С. 64–73.

Пучков В. Н., Козлов В. И., Краснобаев А. А. Палеозойские U-Pb SHRIMP-датировки магматических пород Башкирского мегантиклинория // Геологический сборник ИГ УНЦ РАН. 2011. № 9. С. 36–43.

Ernst R. E. Large igneous provinces. Cambridge University press, 2014. 633 p.

Puchkov V. N. General features relating to the occurrence of mineral deposits in the Urals: What, where, when and why // Ore Geology Review. 2016. doi:10.1016/j.oregeorev.2016.01.005.

Puchkov V. N., Bogdanova S. V., Ernst R., Söderlund U. et al. The ca. 1380 Ma Mashak igneous event of the Southern Urals // Lithos. 2013. Vol. 174. P. 109–124.

Puchkov V. N., Ernst R. E., Hamilton M. A., Söderlund U., Sergeeva N. A Devonian > 2000-km long dolerite swarm belt and associated basalts along the Urals-Novozemelian fold-belt: part of an East-European (Baltica) LIP tracing the Tuzo Superswell // GFF. Journal of the Geological Society of Sweden. 2016. Vol. 138. Is. 1. P. 6–16.

**А. В. Маслов**

*Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург  
maslov@igg.uran.ru*

### **Литогеохимические особенности отложений и палеогеодинамические реконструкции<sup>1</sup>**

Конец XX столетия ознаменовался значительным расширением исследований областей, переходных между континентами и океанами. Для интерпретации обстановок формирования распространенных здесь терригенных ассоциаций активно привлекаются данные об их валовом химическом составе. На их основе в 1980-х гг. разработаны дискриминационные диаграммы, широко вошедшие в практику исследований. Так, для разграничения отложений активных и пассивных континентальных окраин предложена диаграмма  $K_2O/Na_2O-SiO_2/Al_2O_3$  [Maynard et al., 1982]. В целях идентификации тектонических обстановок накопления палеозойских граувакк созданы диаграммы  $(Fe_2O_3^*+MgO)-K_2O/Na_2O$ ,  $(Fe_2O_3^*+MgO)-Al_2O_3/SiO_2$  и др. [Bhatia, 1983], а несколько позднее – диаграмма  $SiO_2-K_2O/Na_2O$  [Roser, Korsch, 1986]. В работе [Bhatia, Crook, 1986] для выводов о геодинамической природе терригенных отложений использованы диаграммы Th–La–Sc, Sc–Th–Zr/10 и Sc/Cr–La/Y.

В основу построений [Maynard et al., 1982] положено представление о том, что рециклированные, зрелые терригенные образования, свойственные областям со спокойной тектоникой (платформы и пассивные континентальные окраины), характеризуются преобладанием  $K_2O$  над  $Na_2O$  и  $SiO_2$  над  $Al_2O_3$ . Напротив, присущие областям активной тектоники незрелые породы (граувакки и др.) характеризуются относительно небольшими величинами  $K_2O/Na_2O$  и  $SiO_2/Al_2O_3$ . Примерно такой же принцип заложен в основу диаграммы  $SiO_2-K_2O/Na_2O$  [Roser, Korsch, 1986]. На графиках [Bhatia, 1983] отчетливо выражены изменения химического состава терригенных

---

<sup>1</sup> В основу настоящего сообщения положены материалы статьи: Маслов А. В., Подковыров В. Н., Мизенс Г. А., Ножкин А. Д., Фазлиахметов А. М., Малиновский А. И., Худолей А. К., Котова Л. Н., Купцова А. В., Гареев Э. З., Зайнуллин Р. И. Дискриминантные палеогеодинамические диаграммы для терригенных пород: опыт сопоставления // Геохимия. 2016. № 6. В печати.

пород от океанических островных дуг к зрелым/приконтинентальным, и далее к породам континентальных окраин: снижение  $TiO_2$ ,  $Fe_2O_3^*+MgO$  и  $Al_2O_3/SiO_2$ , рост  $K_2O/Na_2O$  и  $Al_2O_3/(CaO+Na_2O)$ .

**Кейс № 1.** На примере отложений нижнего и среднего рифея Учуро-Майского региона (УМР) и Башкирского мегантиклинория (БМА) рассмотрена возможность использования указанных диаграмм для расшифровки палеогеодинамических обстановок формирования платформенных осадочных последовательностей. В УМР к рифею относятся учурская ( $RF_1$ ), айманская и керпыльская ( $RF_2$ ), лахандинская и уйская ( $RF_3$ ) серии [Маслов и др., 2012]. Терригенные и карбонатно-терригенные последовательности бурзяния ( $RF_1$ ) и юматиния ( $RF_2$ ) в УМР накапливались, согласно геологическим данным, в относительно небольших эпикратонных бассейнах. В начале позднего рифея был сформирован глубоководный рифтогенный прогиб, развитие которого завершилось ~940–950 млн лет назад. Типовой разрез рифея БМА объединяет бурзянскую ( $RF_1$ ), юматинскую ( $RF_2$ ) и каратаускую ( $RF_3$ ) серии. В бурзянии и юматинии здесь существовали небольшие эпикратонные бассейны; для каратавия реконструируется латеральный ряд формаций, присущий океаническому бассейну. В самом начале бурзяния и юматиния на территории БМА имели место процессы внутриконтинентального рифтогенеза.

На диаграмме  $K_2O/Na_2O-SiO_2/Al_2O_3$  практически все точки составов *песчаников* нижнего и среднего рифея УМР локализованы в области значений, типичных для терригенных образований пассивных континентальных окраин (ПКО). На диаграмме  $SiO_2-K_2O/Na_2O$  ситуация несколько иная – подавляющая часть точек псаммитов тяготеет к области составов, свойственных песчаникам ПКО, а точки песчаников тоттинской свиты ( $RF_2$ ) расположены в полях активных континентальных окраин (АКО) и океанических островных дуг (ООД). Последнее может быть связано с постепенной активизацией тектонических процессов, приведшей к рифтогенной деструкции и орогенезу уйского времени. На диаграмме  $(Fe_2O_3^*+MgO)-TiO_2$  точки псаммитов учурской, айманской, керпыльской и лахандинской серий демонстрируют существенный разброс. Достаточно неопределенная ситуация с распределением точек песчаников нижнего и среднего рифея УМР наблюдается и на диаграмме F1–F2. Если обратиться к анализу соотношений Th, La и Sc в псаммитах УМР то можно видеть, что на диаграмме Th–La–Sc последние тяготеют, в основном, к полю песчаников континентальных окраин. В то же время, ряд точек псаммитов айманской и керпыльской серий расположен в поле составов, характерных для периферии зрелых/приконтинентальных островных дуг (ЗОД).

*Глинистые породы* нижнего и среднего рифея УМР на диаграмме  $K_2O/Na_2O-SiO_2/Al_2O_3$  также практически полностью отвечают полю ПКО. На диаграмме  $SiO_2-K_2O/Na_2O$  подавляющее большинство точек глинистых пород учурской, айманской, керпыльской и лахандинской серий также расположено в поле ПКО. К полю АКО на данной диаграмме тяготеет ряд точек тонкозернистых обломочных пород трехгорной свиты ( $RF_1$ ), а также значительное число точек тоттинских аргиллитов ( $RF_2$ ). Последнее может быть следствием процессов активизации в условиях нивального климата и поступлением в бассейн слабо преобразованной процессами выветривания тонкой алюмосиликокластике. Иная картина наблюдается на диаграмме  $(Fe_2O_3^*+MgO)-TiO_2$ , где почти все точки глинистых пород рифея УМР расположены в полях ЗОД и ООД. На диаграмме F1–F2 подавляющая часть точек глинистых пород сосредоточена в поле АКО. На диаграмме Sc–Th–Zr/10 глинистые породы тяготеют почти исключительно к полю ЗОД. На диаграмме Sc/Cr–La/Y по значениям параметра Sc/Cr они

близки к отложениям ПКО, тогда как величины  $La/Y$  в значительной части образцов заметно выше.

На диаграмме  $K_2O/Na_2O-SiO_2/Al_2O_3$  все образцы *песчаников* БМА расположены в поле составов, характерных для терригенных отложений ПКО. Практически та же ситуация наблюдается и на диаграмме  $SiO_2-K_2O/Na_2O$ . Напротив, на диаграмме  $(Fe_2O_3^*+MgO)-TiO_2$  можно видеть значительный разброс точек *песчаников* как юшинской ( $RF_1$ ), так и зигазино-комаровской и авзянской свит (обе –  $RF_2$ ): в первом и последнем случаях образуемые ими области отвечают как полям ПКО и АКО, так и полю ЗОД. Псаммиты зигазино-комаровской свиты по соотношению  $(Fe_2O_3^*+MgO)$  и  $TiO_2$  частично локализованы в перечисленных выше полях, а частично располагаются вне их. Наконец, на диаграмме F1–F2 две трети точек *песчаников* нижнего и среднего рифея БМА тяготеют к полю ПКО, остальные расположены в поле АКО.

*Глинистые породы* нижнего и среднего рифея БМА по параметрам  $K_2O/Na_2O$  и  $SiO_2/Al_2O_3$  отвечают ПКО. На диаграмме  $SiO_2-K_2O/Na_2O$  разброс фигуративных точек несколько шире; их 60–70 % расположено в поле ПКО, тогда как 30–35 % отвечает образованиям более активных обстановок. Геохимические особенности глинистых пород в одном случае свидетельствуют о принадлежности их к отложениям ЗОД, а в другом – позволяют предполагать их сходство с образованиями ПКО.

**Резюме.** Приведенные выше материалы показывают, что только некоторые из обычно используемых дискриминационных палеотектонических диаграмм позволяют с определенной степенью достоверности реконструировать обстановки формирования платформенных осадочных последовательностей. Для *песчаников* такими диаграммами являются  $K_2O/Na_2O-SiO_2/Al_2O_3$  и  $SiO_2-K_2O/Na_2O$ . На диаграммах  $(Fe_2O_3^*+MgO)-TiO_2$  и F1–F2 в поля ПКО попала только часть точек *песчаников* УМР и БМА, хотя, исходя из геологической ситуации, все они являются платформенными или субплатформенными образованиями. Платформенная природа глинистых пород рифея УМР и БМА с наибольшей степенью достоверности устанавливается также с помощью диаграмм  $K_2O/Na_2O-SiO_2/Al_2O_3$  и  $SiO_2-K_2O/Na_2O$ . На двух других не наблюдается соответствие между геологической природой глинистых пород и положением их точек в классификационных полях. Особенно ярко это выражено для диаграммы  $(Fe_2O_3^*+MgO)-TiO_2$ , которая, как и ряд других диаграмм М. Бхатиа, разработана для обломочных пород приостроводужных бассейнов. Диаграммы  $Sc-Th-Zr/10$  и  $Sc/Cr-La/Y$  для глинистых пород также не дают информации, адекватной геологическим наблюдениям. Малоинформативна для *песчаников* в этом отношении и диаграмма  $Th-La-Sc$ .

**Кейс № 2.** В 2013 г. опубликованы новые дискриминационные диаграммы для терригенных пород с высоким (63–95 %) и низким (35–63 %) содержанием  $SiO_{2adj}$  [Verma, Armstrong-Altrin, 2013]. Границы классификационных полей на них проведены на основе ряда математических выкладок, а эталонными объектами послужили неоген-четвертичные терригенные образования известных тектонических обстановок (Курило-Камчатская, Рюкю, Филиппинская и другие островные дуги; рифты Мексики, Бразилии, Нигерии, Китая, Монголии и др.; коллизионные зоны Непала, Индии, Италии и др.). Для диаграммы с  $63 \% < (SiO_2)_{adj} < 95 \%$  «проценты соответствия» для образцов из островодужных, рифтогенных и коллизионных обстановок варьировали в пределах 94–96, 79–85 и 83–88 %. Для диаграммы с  $(SiO_2)_{adj}$  от 35 до 63 % для тех же обстановок «проценты соответствия» равны 90, 75–92 и 96–100 %. Предложенные диаграммы апробированы на двух выборках данных. Первая включает обломочные породы известных тектонических обстановок: 1) миоцен-плейстоценовые образова-

ния бассейна Сикоку (островодужные обстановки); 2) современные отложения Нижней Калифорнии (рифтовые обстановки); 3) пески Гималаев (коллизийные обстановки) и др. «Процент соответствия» для них составил 60 % и более. Вторая выборка объединяет ряд более древних объектов: 1) серия Модис зеленокаменного пояса Барбертон (форландовый бассейн); 2) глинистые породы пояса Абитиби (Канада) (островодужные обстановки); 3) нижнепротерозойские образования кратона Бундэлькханд (Индия) (пассивная окраина); 4) неопротерозойские отложения серии Хаммамат (Египет) (орогенные обстановки). «Проценты соответствия» для данной выборки варьируют, но также являются весьма высокими.

Для сравнения новых диаграмм и диаграмм 1980-х гг. командой исследователей (В. Н. Подковыров, Г. А. Мизенс, А. Д. Ножкин, А. М. Фазлиахметов, А. И. Машиновский, А. К. Худолей, Л. Н. Котова, А. В. Купцова, Э. З. Гареев, Р. И. Зайнуллин и автор этих строк) был сформирован банк аналитических данных, включающий валовые химические анализы песчаников и глинистых пород, накапливавшихся в коллизийных, рифтогенных, островодужных, а также платформенных обстановках.

На диаграмме  $K_2O/Na_2O-SiO_2/Al_2O_3$  точки терригенных пород большинства *рифтогенных* последовательностей тяготеют к полю ПКО. Несколько по-иному распределены здесь фигуративные точки песчаников айской (RF<sub>1</sub>) и машакской (RF<sub>2</sub>) свит БМА, а также песчаников и глинистых сланцев уйской серии УМР: одна часть их расположена в поле ПКО, другая – в поле АКО. Примерно также распределены точки пород рифтогенных обстановок на диаграмме  $SiO_2-K_2O/Na_2O$ . Точки глинистых сланцев айской и машакской свит сосредоточены здесь, однако, в основном, в поле ПКО, часть же их присутствует в поле островодужных образований.

На диаграмме  $K_2O/Na_2O-SiO_2/Al_2O_3$  почти все точки *островодужных образований* сосредоточены в области составов, сформированных в АКО. На диаграмме  $(Fe_2O_{3\text{общ}}+MgO)-Al_2O_3/SiO_2 \sim 8\%$  их попадает в поле АКО; остальные сконцентрированы в полях ЗОД и ООД.

На диаграмме  $K_2O/Na_2O-SiO_2/Al_2O_3$  фигуративные точки песчаников и глинистых пород *коллизийных обстановок* сосредоточены преимущественно в поле ПКО. Только относительно небольшая часть псаммитов верхнего венда Южного Урала и Беломорско-Кулойского плато присутствует и в поле АКО. В этом же поле локализована значительная доля точек песчаников верхнего венда Шкаповско-Шиханской впадины (нескладчатая моласса). Точки песчаников вулканогенной молассы Олюторского террейна сконцентрированы почти исключительно в поле АКО. На диаграмме  $SiO_2-K_2O/Na_2O$  точки псаммитов вулканогенной молассы почти полностью сосредоточены в поле ООД. К полю АКО тяготеют почти все фигуративные точки псаммитов верхневендской молассы Южного Урала и нескладчатой молассы, выполняющей Шкаповско-Шиханскую впадину. Наконец, в поле ПКО сосредоточено основное количество точек псаммитов нескладчатой молассы верхнего венда Беломорско-Кулойского плато и Днестровского перикратона, а также глинистых пород шунтарской, сосновской и ряда других свит Енисейского кряжа, накапливавшихся в обстановке коллизии. На диаграмме  $(Fe_2O_{3\text{общ}}+MgO)-Al_2O_3/SiO_2$  к полям ПКО и АКО тяготеет большинство точек песчаников нескладчатой молассы Беломорско-Кулойского плато, Днестровского перикратона и Шкаповско-Шиханской впадины. В основном, в этих же полях сосредоточены точки псаммитов верхневендской молассы Южного Урала. Песчаники вулканогенной молассы Олюторского террейна отвечают полям составов, характерных для АКО и ЗОД.

На диаграмме  $K_2O/Na_2O-SiO_2/Al_2O_3$  почти все точки песчаников и глинистых пород, принадлежащие по общегеологическим критериям к *платформенным* и сходным с ними образованиям, локализованы в поле ПКО. Некоторым исключением являются только юрские отложения западной части Западной Сибири, фигуративные точки которых попадают в поле АКО. Своеобразие состава последних проявлено и на диаграмме  $SiO_2-K_2O/Na_2O$ , где они расположены, главным образом, в полях АКО и ООД. Все сказанное дает основания предположить, что они сложены слабо переработанным материалом островодужных ассоциаций Урала. Все остальные точки платформенных песчаников и глинистых пород, как и точка РААС, сосредоточены в поле ПКО. На диаграмме  $(Fe_2O_{3общ}+MgO)-Al_2O_3/SiO_2$  в поле ПКО, к которому, казалось бы, должны тяготеть все точки терригенных платформенных образований из нашего банка данных, сосредоточено 60–70 % образцов песчаников рифея УМР, а также некоторая часть алевропсаммитов юры Западной Сибири. Глинистые породы бакальской, зигазино-комаровской и авзянской свит БМА тяготеют к полям ЗОД и ООД, а точки юрских псаммитов, в основном, попадают в поля АКО и ЗОД. К этим же полям, а также к полю ООД приурочены глинистые породы венда Непско-Ботубинской антеклизы. Все сказанное подтверждает вывод о том, что использование диаграмм М. Бхатиа, несмотря на присутствие на них поля ПКО, для платформенных отложений некорректно.

На диаграмме  $K_2O/Na_2O-SiO_2/Al_2O_3$  практически все фигуративные точки песчаников и глинистых пород каратавия БМА, а также удерейской, горбилокской и кординской свит Енисейского кряжа, накапливавшиеся в обстановках, сходных с *обстановками пассивных окраин*, сосредоточены в поле ПКО. На диаграмме  $SiO_2-K_2O/Na_2O$  точки глинистых пород Енисейского кряжа достаточно компактно локализованы в поле АКО. Совокупности же точек песчаников и глинистых пород каратауской серии, хотя и тяготеют к полю ПКО, распадаются на ряд кластеров. Весьма интересным является распределение точек песчаников и глинистых пород, представляющих обстановки пассивных окраин, на диаграмме  $(Fe_2O_{3общ}+MgO)-Al_2O_3/SiO_2$ . Здесь 80–85 % песчаников каратауской серии сосредоточено в поле ПКО, тогда как ассоциирующие с ними глинистые породы локализованы, главным образом, в полях ЗОД и ООД. Примерно такое же положение занимают и глинистые породы удерейской, горбилокской и кординской свит Енисейского кряжа. Это может быть иллюстрацией известного вывода о том, что химический состав песчаников является более чутким индикатором палеогеодинамических обстановок, чем состав глинистых пород [Тейлор, МакЛеннан, 1988].

Подавляющее большинство песчаников и глинистых пород, сформировавшихся в *рифтогенных* или сходных с ними обстановках, характеризуется  $(SiO_2)_{adj} > 63 \%$ , поэтому для них использована диаграмма для высококремнистых составов. На ней две трети точек соответствует полю составов рифтогенных обстановок; остальные попадают в поле коллизионных отложений.

Породы, накапливавшиеся в *островодужных обстановках*, принадлежат как высоко-, так и низкокремнистым образованиям. На низкокремнистой диаграмме в соответствующее им поле попали только точки девонских песчаников восточного склона Южного Урала, тогда как осадочно-метаморфические образования Предивинского террейна и Канского блока распределились примерно поровну в полях составов рифтогенных и коллизионных обстановок. На высококремнистой диаграмме в островодужном поле сосредоточено около 100 % образцов девонских песчаников Южного Урала, что соответствует реальной геологической ситуации. В это же поле попало

значительное число образцов юдинской и предивинской толщ Предивинского и Арзыбейского террейнов. Осадочно-метаморфические образования Канского блока, напротив, тяготеют к полям рифтогенных и коллизионных обстановок.

На диаграмме  $(\text{SiO}_2)_{\text{adj}} > 63\%$  в поле *коллизионных обстановок* попало 80–85 % точек песчаников молассы Предуральского прогиба. Точки пород остальных объектов распределены в полях рифтогенных и коллизионных образований. Песчаники верхневендской молассы БМА сконцентрированы, в основном, в поле составов рифтогенных обстановок, что не согласуется с представлениями одних авторов, но достаточно хорошо отвечает точке зрения других. Вынесение на эту же диаграмму составов пород ряда *платформенных ассоциаций*, хотя она и строилась без учета их химического состава, показало, что точки разных объектов распределяются между полями рифтогенных и коллизионных образований.

**Резюме.** Анализ распределения точек на разных диаграммах показал, что на графиках Дж. Мейнарда с соавторами, а также Б. Розера и Р. Корша точки пород рифтогенных обстановок сосредоточены в поле ПКО. На диаграмме  $(\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{общ}}+\text{MgO})-\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$  совокупность составов рифтогенных образований распределена во всех классификационных полях, что делает использование ее для выявления отложений рифтогенных обстановок некорректным. Точки пород коллизионных обстановок на диаграмме Дж. Мейнарда с соавторами сосредоточены в поле ПКО. На диаграмме Б. Розера и Р. Корша более половины точек этого типа обстановок сконцентрировано в поле АКО, а на диаграмме  $(\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{общ}}+\text{MgO})-\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$  они локализованы в полях ПКО, АКО и ЗОД. Все сказанное подтверждает вывод, что только некоторые из широко используемых диаграмм (в первую очередь,  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{SiO}_2-\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ ) позволяют с определенной степенью достоверности реконструировать обстановки формирования платформенных осадочных последовательностей. На диаграмме Б. Розера и Р. Корша поля терригенных пород различных обстановок имеют более чем 60–70 %-ное перекрытие; разграничить их корректно невозможно.

На высококремнистой диаграмме  $\text{DF}_1-\text{DF}_2$  принципиальные отличия в расположении точек терригенных пород платформенных, рифтогенных и коллизионных ассоциаций отсутствуют. Кроме того, отсутствуют области, относящиеся к какому-то одному классификационному полю. Контуры большинства из них занимают, как правило, часть поля рифтогенной ассоциации и часть поля коллизионной. Островодужные ассоциации смещены в область значений  $-4 < \text{DF}_2 < +6$  при относительно неизменных величинах  $\text{DF}_1$  ( $-5, -4 \dots +4$ ). При этом псаммиты островодужных обстановок Западно-Магнитогорской зоны Южного Урала локализованы в соответствующем им по геологическим наблюдениям поле как на высоко-, так и на низкокремнистой диаграммах, а вот осадочно-метаморфические образования различных структурных элементов Енисейского кряжа и его обрамления тяготеют к области сочленения границ полей и распознать их природу с помощью данной диаграммы практически невозможно.

Следовательно, диаграммы обоих поколений позволяют более или менее корректно разграничить терригенные ассоциации только платформенных, рифтогенных, пассивно-окраинных и островодужных обстановок. Фигуративные точки пород коллизионных ассоциаций самостоятельного поля на них не образуют.

**Кейс № 3.** Так как жизнь не стоит на месте, активно тестируются старые и разрабатываются новые дискриминационные диаграммы. В самом начале 2016 г. опубликована статья, посвященная разграничению отложений активных и пассивных окраин [Verma, Armstrong-Altrin, 2016]. Основой для нее явились аналитические

данные (как порообразующие оксиды, так и редкие и рассеянные элементы) по неоген-четвертичным отложениям различных регионов. Анализ диаграмм предшественников показал, что величина «процента успеха» для большинства из них варьирует от 0 до 30 %. Новая диаграмма авторов, базирующаяся на двух дискриминационных функциях, включающих сведения о содержаниях порообразующих и малых элементов, позволяет, по их мнению, с вероятностью 87–97 % и 84–86 % разграничить отложения, сформированные в обстановках АКО и ПКО. Будем тестировать ее и мы.

### Литература

*Маслов А. В., Подковыров В. Н., Гареев Э. З.* К оценке палеогеодинамических обстановок формирования осадочных последовательностей нижнего и среднего рифея Учуро-Майского региона и Башкирского мегантиклинория // Тихоокеанская геология. 2012. Т. 31. № 5. С. 55–68.

*Тейлор С. Р., МакЛеннан С. М.* Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.

*Bhatia M. R.* Plate tectonics and geochemical composition of sandstones // Journal of Geology. 1983. Vol. 91. № 6. P. 611–627.

*Bhatia M. R., Crook K. A. W.* Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins // Contributions to Mineralogy and Petrology. 1986. Vol. 92. P. 181–193.

*Maynard J. B., Valloni R., Ho Shing Ju.* Composition of modern deep-sea sands from arc-related basin // Journal of Geological Society of America. Special Publications. 1982. № 10. P. 551–561.

*Roser B. D., Korsch R. J.* Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO<sub>2</sub> content and K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O ratio // Journal of Geology. 1986. Vol. 94. № 5. P. 635–650.

*Verma S. P., Armstrong-Altrin J. S.* New multi-dimensional diagrams for tectonic discrimination of siliciclastic sediments and their application to Precambrian basins // Chemical Geology. 2013. Vol. 355. P. 117–133.

*Verma S. P., Armstrong-Altrin J. S.* Geochemical discrimination of siliciclastic sediments from active and passive margin settings // Sedimentary Geology. 2016. Vol. 332. P. 1–12.

***В. Н. Огородников, Ю. А. Поленов, А. Н. Савичев***

*Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург  
igg.gl@m.ursmu.ru*

### **Значение современной генетической систематизации жильного кварца при проведении кварцеметрической съемки (на примере Уфалейского кварценосного района)**

На рубеже 50–60-х годов прошлого столетия в промышленность начал внедряться новый вид природного кварцевого сырья – гранулированный кварц, на много лет определивший пути развития сырьевой базы кварца для плавки прозрачного кварцевого стекла – особо чистого кварца (в современной терминологии – сырьевой источник для высококачественных кварцевых концентратов – HRK).

Начало систематического исследования кварца на Урале связано с именем профессора СГИ Г. Н. Вертушкова [1966, 1970]. В результате совместной работы коллектива кафедры минералогии Свердловского горного института и геологов производственных организаций в период с 1961 по 1966 гг. был разработан метод поле-