

него аллювия» и свидетельствуют о почти полном обезлесивании территории в момент их формирования. К сожалению, их невыразительный состав (отсутствие пыльцы елей, тсуги и др.) не позволяет однозначно говорить о возрасте этих отложений в узком диапазоне. Реконструируемые по ним сухие степи или полупустыни, почти лишенные древесной и кустарниковой растительности, развивались в условиях семиаридного климата, существовавшего на исследуемой территории предположительно в четвертичное время.

Таким образом, выполненные стратиграфические исследования позволили определить возраст древней россыпи р.Бол.Куранах, который предшественниками условно относился к среднему—позднему плейстоцену [8] или позднему плейстоцену [12]. Формировалась россыпь на протяжении длительного периода (в конце эоцена, олигоцене и, вероятно, миоцене) в изменяющихся климатических и тектоно-геоморфологических условиях, что с учетом данных о строении и вещественном составе вмещающих ее отложений, типоморфизме и распределении золота указывает на сложный генезис этой россыпи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брукс Дж., Шоу Г. Роль спорополленина в палинологии // Проблемы палинологии. — М.: Наука, 1973.
2. Быков В.А. Доминанты растительности Советского Союза. Т. III. — Алма-Ата: Наука, 1965.
3. Воронов Г.А. Геоботаника. — М.: Высшая школа, 1973.
4. Гриненко О.В., Сергеенко А.И., Белолюбский И.Н. Палеоген и неоген Северо-Востока России. Ч. I. Региональная стратиграфическая схема палеогеновых и неогеновых отложений Северо-Востока России и Объяснительная записка к ней. — Якутск, 1998.
5. Гриненко О.В., Сергеенко А.И., Белолюбский И.Н. Палеоген и неоген Северо-Востока России. Ч. II. Региональная стратиграфическая схема палеогеновых и неогеновых отложений Восточной Якутии и Объяснительная записка к ней. — Якутск, 1998.
6. Желнин С.Г. Золотоносность Центрально-Алданского района и перспективы погребенных россыпей: Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. — Магадан, 1967.
7. Пыльцевой анализ / Под ред. И.М.Покровской. — Л.: ВСЕГЕИ, 1949.
8. Россыпные месторождения России и других стран СНГ (Минералогия, промышленные типы, стратегия развития минерально-сырьевой базы) / Под ред. Н.П.Лаверова, Н.Г.Паттык-Кара. — М.: Научный мир, 1997.
9. Савич-Любичкая П.И., Смирнова З.И. Определитель листостельных мхов СССР. Верхнеплодные мхи. — Л.: Наука, 1970.
10. Тимофеев Б.В., Багдасарян Л.Л. Очерк методики микропалеофитологического анализа // Систематика и методы изучения ископаемых пыльцы и спор. — М.: Наука, 1964. С. 86—92.
11. Фрадкина А.Ф., Киселева А.М., Ермолаева Н.В. и др. Позднеолигоценовая и миоценовая флора бассейна Алдана и ее сравнение с флорами Северо-Востока СССР и Аляски (по палинологическим данным) // Кайнозойские флоры Сибири по палинологическим данным. — М.: Наука, 1971. С. 22—39.
12. Шилю Н.А. Учение о россыпях. — М.: Изд-во Академии горных наук, 2000.

## Литология, петрология, минералогия, геохимия

УДК 551.72:552:550.4:470.5

Коллектив авторов, 2006

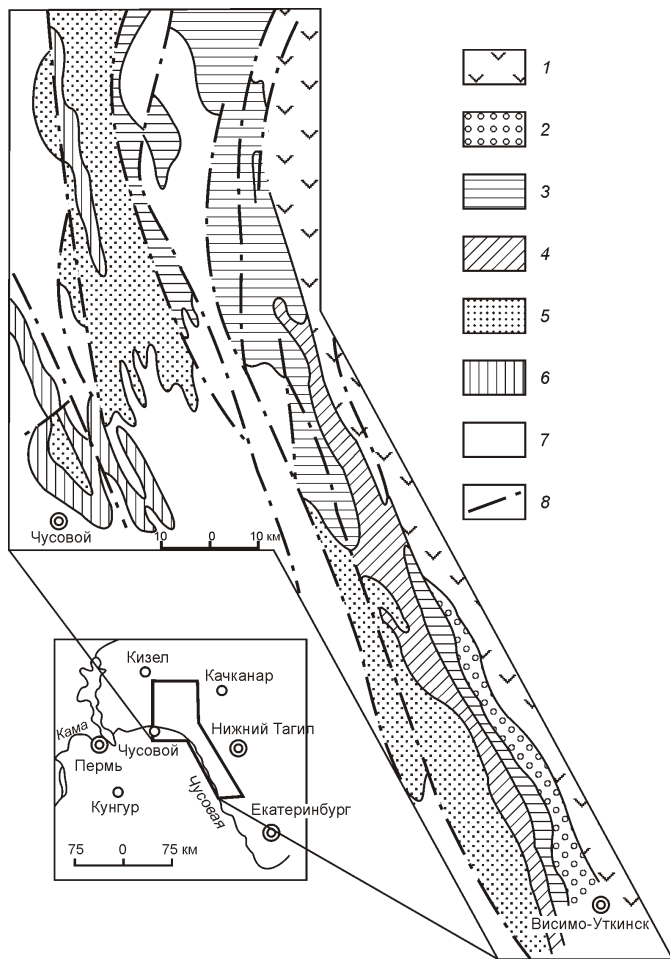
### Некоторые геохимические особенности тонкозернистых терригенных пород венда Западного склона Среднего Урала и палеогеодинамические реконструкции

А.В.МАСЛОВ, Ю.Л.РОНКИН, М.Т.КРУПЕНИН, Г.А.ПЕТРОВ, А.Ю.КОРНИЛИНА, О.П.ЛЕПИХИНА (ИГиГ УрО РАН)

Геохимические особенности тонкозернистых терригенных пород (аргиллиты, глинистые сланцы, мелкозернистые алевролиты), участвующих в сложении подавляющего большинства осадочных последовательностей различного возраста, позволяют в настоящее время достаточно эффективно реконструировать обстановки их формирования (состав и эволюцию палеоводосборов, палеотектонику, палеоклимат и палеогеографию, окислительно-восстановительные условия в бассейнах и др.), а также получить информацию о палеогеодинамических обстановках накопления осадочных последовательностей. В последние 10—15 лет подобного рода исследования широко вошли в практику зарубежных ученых, тогда как в России делаются пока только первые шаги в этом направлении [7, 8, 12, 13, 16, 19 и др.].

В настоящей статье рассматриваются результаты реконструкции на основе прецизионных, полученных методом ICP-MS, геохимических данных главных черт эволюции верхней коры во время накопления отложений серебрянской и сыльвицкой серий венда Кваркушско-Каменногорского мегантиклинория, вскрывающихся многочисленными правыми притоками р.Чусовая на западном склоне Среднего Урала (рис. 1).

*Серебрянская серия* объединяет снизу вверх танинскую, гаревскую, койвинскую, бутонскую и керносскую свиты. Танинская свита (до 500 м) сложена редкогалечниковыми тиллитовидными конгломератами с прослоями полевошпат-кварцевых песчаников, алевролитов и алевритистых глинистых сланцев. Гаревская свита объединяет мелкозернистые песчаники и глинистые сланцы. Мощность ее 700—750 м. Койвинская свита (мощность до 300 м) представлена тонким чередованием филлитовидных сланцев, алевролитов и пестроцветных известняков; в ряде разрезов свиты присутствуют пакеты и пакчи редкогалечниковых конгломератов. Бутонская свита (300—350 м) характеризуется полосчатыми темно-серыми низкоуглеродистыми глинистыми сланцами с редкими прослоями алевролитов. Керноская свита (200—350 м) сложена песчаниками и филлитовидными алеврит-глинистыми породами. В северной части Кваркушско-Каменногорского мегантиклинория в разрезах верхней части керносской свиты существенная роль принадлежит основным и ультраосновным вулканогенным породам дворцевого комплекса. По данным Ю.Л.Ронкина [17], изотопный возраст трахиандезитов этого комплекса составляет 569 42 (Sm-Nd метод, ва-



**Рис. 1.** Обзорная и схематическая геологическая карты центральной и южной части Кваркушско-Каменногогорского мегаантиклинария. По данным [1], с упрощениями:

1 — верхнерифейские отложения; свиты: 2 — танинская и гаревская, 3 — койвинская, бутонская и керноская, 4 — старопечнинская и перевалокская, 5 — чернокаменная, 6 — усть-сылвицкая; 7 — палеозойские отложения; 8 — разрывные нарушения

ловая проба) и 559 16 млн.лет (Rb-Sr метод, валовая проба).

*Сылвицкая серия* включает старопечнинскую, перевалокскую, чернокаменную и усть-сылвицкую свиты. Старопечнинская свита (до 500 м) представлена в нижней части редкогалечниковыми конгломератами, а в верхней — темноокрашенными песчаниками, алевролитами и глинистыми сланцами. На подстилающих отложениях породы старопечнинской свиты залегают с перерывом и выполняют серию врезанных долин [1]. Перевалокская свита объединяет темно-серые аргиллиты, песчаники и гравелиты. Мощность ее не превышает 300 м. Выше наблюдается мощная (до 1500—1800 м) последовательность преимущественно зеленовато-серых мелкозернистых песчаников, алевролитов и аргиллитов, выделяемая в чернокаменную свиту. Наряду с широко распространенными дисковидными отпечатками *Cyclomedusa* и *Ediacaria*, в породах чернокаменной свиты присутствуют палеопасихниды, *Eoporpita*, остатки перистых организмов *Charniodiscus* и *Vaizitsinia* с прикрепительными дисками, отпечатки *Yorgia*

и *Dickinsonia*. Временной интервал встречаемости дикинсоний в разрезах верхнего венда оценивается в настоящее время в 560—541 млн.лет [27]. Завершают разрез сылвицкой серии полимиктовые и полевошпат-кварцевые песчаники с маломощными прослоями алевролитов и аргиллитов усть-сылвицкой свиты. Мощность ее 500—600 м.

Анализ палеогеодинамических аспектов вендско-раннепалеозойского этапа развития Урала свидетельствует о том, что в пределах всего Уральского складчатого пояса на этом отрезке времени была сформирована серия рифтогенных грабенов и депрессий, выполненных терригенными и вулканогенно-осадочными образованиями [5, 6, 11]. Петрогеохимические особенности мафит-ультрамафитовых комплексов западного склона Среднего Урала, согласно данным Е.С.Карпухиной с соавторами [3, 4], указывают на образование их во внутриплитных обстановках на раннем этапе эволюции Палеоуральского рифта. В.В.Бочкарев и Р.Г.Язева [2] отмечают существование в рифее и венде на территории, рассматриваемой авторами, локальных зон раздвига. Несколько иных представлений придерживается В.Н.Пучков [14, 15], по данным которого время формирования отложений серебрянской серии может быть охарактеризовано как эпоха, преимущественно спокойная в тектоническом отношении. Предполагается также, что на Урале в интервале примерно от 620 до 540 млн.лет проявилась фаза складчатости, коррелируемая с кадомской фазой Западной Европы [16].

Наиболее приемлемыми для реконструкции состава источников сноса и геодинамических обстановок образования осадочных последовательностей являются редкоземельные элементы (REE), Th, Sc, Ti, Nb, V, Ni и др. [18, 20, 23, 31 и др.]. Они слабо растворимы в воде и, следовательно, почти без потерь перемещаются из источников сноса в области осадконакопления. При этом особенности распределения (спектры) редкоземельных элементов пород источников сноса в подавляющем большинстве случаев сохраняются в осадочных породах, не претерпевая существенных трансформаций при процессах литогенеза и метаморфизма.

Соотношение в тонкозернистых терригенных породах легких и тяжелых редкоземельных элементов наряду с нормированными к хондриту их спектрами в постаршейских осадочных породах во многом контролируется тектоническими условиями формирования и составом источников сноса [30, 31]. Реконструкция состава областей питания по редкоземельным элементам базируется на том, что магматические породы основного состава характеризуются низкими значениями отношений легких редкоземельных элементов к тяжелым (LREE/HREE) и не имеют достаточно выраженной отрицательной Eu-аномалии, тогда как кислым породам свойственны высокие LREE/HREE и отчетливая Eu-аномалия [24, 29 и др.].

Для мониторинга состава и особенностей эволюции верхней коры широко используются также Th/Cr, Th/Sc, Th/Co, Cr/Ni, La/Co и др. [18, 22, 23, 28, 33 и др.]. Так, на примере докембрийских тонкозернистых терригенных пород Каапвальского кратона показано, что совместное использование Cr/Th, Th/Sc и Co/Th позволяет эффективно реконструировать состав источников сноса. Высокие значения Th/Cr и Th/Co указывают на преобладание в областях размытия пород кислого состава, тогда как низкие или изменяющиеся значения Th/Cr позволяют предполагать, что в верхней коре заметная роль принадлежала породам основного и ультраос-

новного составов. Отсутствие существенных вариаций величины Th/Cr на протяжении достаточно длительных отрезков времени рассматривается как показатель стабильности тектонического режима, способствующего эффективному перемешиванию тонкой алюмосиликокластики на путях переноса. Достаточно хорошим индикатором присутствия в областях сноса пород ультраосновного состава является также Cr/Ni [25]. Значения названного параметра в глинистых породах, составляющие 1,4, характерны для обстановок «прямого» размыва ультрамафитов в источниках сноса. При величине Cr/Ni 2,0 можно предполагать существенную трансформацию на путях переноса тонкой терригенной взвеси ультраосновного состава, поступавшей из областей размыва. Относительно высокие значения Cr/Zr и Sc/Th также указывают на существенную роль в источниках сноса основных и ультраосновных пород, тогда как высокие значения Th/Co предполагают преобладание в областях размыва пород кислого состава. Аномально низкие значения Ti/Nb ( $\approx 100$ ) в осадочных образованиях указывают на преобладание в их составе обломочного материала, образованного за счет разрушения мантийных пород кислого или промежуточного состава [21]. Такие осадочные породы широко распространены во внутриплитных обстановках, где ассоциируют с системами континентальных рифтов или океанических островов.

Для выполнения исследований авторы отобрали из естественных разрезов серебрянской и сыльвицкой серий Кваркушко-Каменногорского мегантиклинория по рекам Усьва, Сыльвица, Серебрянка и Межевая Утка более 85 образцов, определенных визуально в поле как глинистые сланцы и аргиллиты. Для разбраковки этого массива на алевропесчаные и собственно глинистые породы в камеральных условиях были использованы данные петрографического изучения, а также положение фигуративных точек составов на диаграмме с координатами

$\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3) - \log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$  [27]. После проведения указанных операций для 46 образцов глинистых сланцев и аргиллитов установлены содержания рассеянных и редких элементов (всего 52) с помощью высокочувствительного масс-спектрометра высокого разрешения с индуктивно связанной плазмой Element 2.

Медианные содержания Th в аргиллитах венда Кваркушко-Каменногорского мегантиклинория изменяются от 11,4 до  $\sim 14,8$  г/т, примерно таков же порядок содержания Sc (минимум 11,1 г/т характерен для аргиллитов танинской свиты, максимум 19,34 г/т — для тонкозернистых терригенных пород гаревской свиты). Величина Th/Sc в аргиллитах серебрянской и сыльвицкой серий колеблется от 0,77 до 1,23, что характерно для аргиллитов танинской свиты, тогда как тонкозернистые терригенные породы всех более высоких уровней разреза, за исключением усть-сылвицкого, имеют заметно более низкие ( $\approx 1,0$ ) величины данного параметра (рис. 2, А). В целом все изложенное свидетельствует об относительно зрелом составе размывавшихся в венде источников сноса. По данным приведенным в работе [18], величина Th/Sc в верхней достаточно зрелой в петрохимическом отношении континентальной коре составляет  $\sim 1$ . Однако при преобладании в областях размыва гранитоидов Th/Sc может достигать, как известно [18 и др.], величины 32 (!). Таким образом, из данных, полученных авторами, можно сделать выводы: 1) в послетанинское время зрелость пород на палеоводосборах несколько понизилась; 2) в источниках сноса не существовало, скорее всего, резкого преобладания гранитоидов ни в серебрянское, ни в сыльвицкое время.

Медианные содержания Cr в тонкозернистых терригенных породах серебрянской и сыльвицкой серий изменяются от  $\sim 93$  (старопечнинский уровень) до 169 г/т (бутонский уровень). Величина Th/Cr колеблется от 0,01 (керноская и бутонская свиты) до 0,16 (старопечнинская свита). Показа-

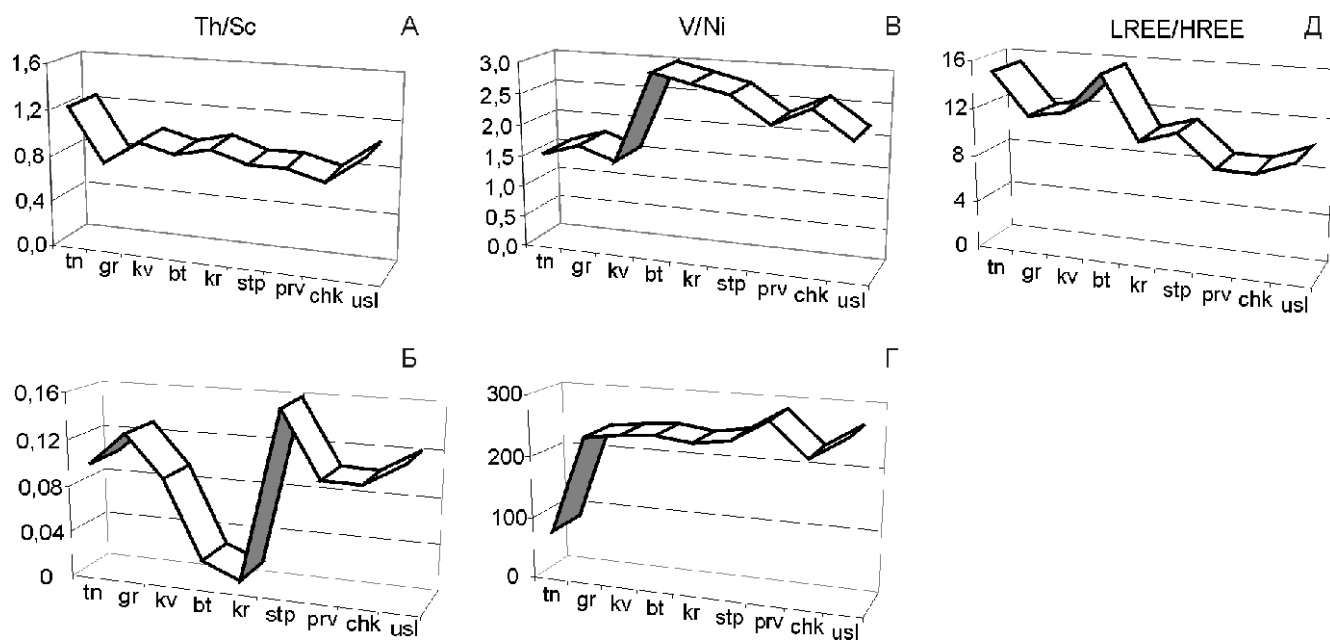


Рис. 2. Вариации в координатах условного времени медианных значений Th/Sc (А), Th/Cr (Б), V/Ni (В) и Ti/Nb (Г) и LREE/HREE (Д) в глинистых сланцах и аргиллитах серебрянской и сыльвицкой серий:

свиты: *tn* — танинская, *gr* — гаревская, *kv* — койвинская, *bt* — бутонская, *kr* — керноская, *stp* — старопечнинская, *prv* — перевалокская, *chk* — чернокаменная, *usl* — усть-сылвицкая

тельно, что столь большие вариации данного параметра обусловлены в первую очередь очень низкими содержаниями тория в аргиллитах как бутонской, так и керносской свит, тогда как содержания хрома в проанализированных авторами породах из названных литостратиграфических подразделений близки к тем, что характерны для ниже- и вышележащих уровней. Кривая изменения величины  $Th/Cr$  в координатах «условного времени», т.е. снизу вверх по разрезу венда Кваркушско-Каменногорского мегантиклинория, носит отчетливый двугорбый характер (см. рис. 2, Б). Начало и конец венда (соответственно, танинско-койвинское и перевалокско-усть-сылвицкое время) характеризуются значениями  $Th/Cr$  в интервале 0,9—0,13. Максимально высокое медианное значение данного параметра (0,16) наблюдается в аргиллитах старопечнинского уровня сылвицкой серии, тогда для аргиллитов бутонской и керносской свит величина этого отношения составляет всего 6—12% от него. Таким образом, исходя из особенностей изменения величины  $Th/Cr$  в разрезе венда западного склона Среднего Урала, можно считать, что в начале серебрянского, как и на протяжении всего сылвицкого времени, в областях сноса существенное значение имели породы кислого состава. В конце серебрянского времени наряду с кислыми породами в области сноса присутствовали и основные и (или) ультраосновные образования. Наличие ярко выраженных вариаций величины  $Th/Cr$  в аргиллитах серебрянской серии указывает на отсутствие в это время на путях переноса благоприятных для эффективного перемешивания тонкой алюмосиликокластики условий и, следовательно, можно предполагать заметную нестабильность тектонического режима данного интервала венда.

Медианное содержание  $V$  в аргиллитах венда варьирует от ~73 (усть-сылвицкий уровень) до 128 г/т (керносский уровень). Минимальное медианное содержание  $Ni$  ~26 г/т характерно для аргиллитов бутонской свиты, тогда как максимальное  $Ni$  78 г/т наблюдается в тонкозернистых терригенных породах гаревского уровня. Величина  $V/Ni$  составляет 1,51—2,95. Распределение значений  $V/Ni$  в аргиллитах в координатах условного времени представлено на рис. 2, В. В аргиллитах танинского, гаревского и койвинского уровней  $V/Ni$  изменяется от 1,51 до 1,72, тогда как в тонкозернистых терригенных породах всех более высоких уровней разреза она не опускается ниже 2,15—2,29, достигая в ряде случаев 2,83—2,95. Основываясь на материалах приведенных в работах [22, 32], можно, по всей видимости, сделать вывод о том, что в начале серебрянского времени роль основных и ультраосновных пород в источниках сноса была несколько более высокой, чем во второй половине серебрянского и сылвицкого времени.

Медианные содержания  $Nb$  в глинистых породах серебрянской и сылвицкой серий изменяются от 14 до ~52 г/т. Минимальные содержания  $Ti$  ~4312 г/т характерны для аргиллитов танинского уровня, максимальные  $Ti$  ~5708 г/т типичны для тонкозернистых терригенных пород перевалокской свиты. Между  $Ti$  и  $Nb$  практически на всех литостратиграфических уровнях серебрянской и сылвицкой серий (за исключением танинского и перевалокского) наблюдается достаточно тесная корреляция (коэффициент корреляции  $r$  от 0,37 до 0,99 [8]). Величина  $Ti/Nb$  в глинистых сланцах и аргиллитах различных подразделений серебрянской и сылвицкой серий изменяется от 77 до 283. Минимальное значение данного отношения характерно для аргиллитов танинской свиты серебрянской серии, тог-

да как глинистые породы более высоких уровней венда Кваркушско-Каменногорского мегантиклинория имеют значения данного отношения в 2—3 раза большие (см. рис. 2, Г). Таким образом, основываясь на критериях, предложенных в работе [21], можно сделать вывод о том, что низкие значения  $Ti/Nb$  в аргиллитах танинского уровня указывают на присутствие в их составе материала, образованного за счет разрушения анорогенных магматических пород основного или промежуточного состава. Такие породы широко распространены во внутриплитных континентальных обстановках и ассоциируют с рифтовыми системами.

Суммарное содержание редкоземельных элементов в глинистых сланцах и аргиллитах серебрянской и сылвицкой серий 147,8—266,53 г/т (см. таблицу), что заметно превышает общее содержание таких элементов в среднем австралийском постархейском глинистом сланце (PAAS) [18] или в генеральной пробе глин Русской платформы (RPSC) [10] и позволяет предполагать, что на ряде этапов формирования вендского бассейна, например, в танинское, гаревское и старопечнинское время, в областях сноса существенное значение имели породы кислого состава.

Максимально высокими значениями LREE/HREE (~15) характеризуются глинистые сланцы танинской и бутонской свит. Для остальных литостратиграфических подразделений венда Кваркушско-Каменногорского мегантиклинория типичны существенно менее высокие значения этого отношения, не выходящие за рамки 8,6—12,3 (см. рис. 2, Д). В аргиллитах сылвицкой серии разброс значений LREE/HREE заметно ниже, чем в аргиллитах серебрянского уровня. Минимальная величина LREE/HREE составляет здесь 8,66 (аргиллиты перевалокской свиты), тогда как максимальная равна 11,3 (аргиллиты старопечнинской свиты). Сказанное позволяет предполагать, что если на первых этапах формирования осадочных последовательностей серебрянской и сылвицкой серий питающие области были представлены породами весьма зрелого состава, то с течением времени к ним добавились и менее зрелые (иными словами более основные) образования.

Таким образом, анализ геохимических особенностей тонкозернистых алюмосиликокластических пород серебрянской и сылвицкой серий Кваркушско-Каменногорского мегантиклинория на западном склоне Среднего Урала позволяет сделать следующие выводы. Палеоводосборы имели наиболее зрелый в петрохимическом отношении состав в танинское и старопечнинское время. Об этом свидетельствуют как  $Th/Cr$  и  $Th/Sc$ , так и LREE/HREE в глинистых сланцах и аргиллитах этих уровней. Однако доминирование гранитоидов в такие моменты времени, по-видимому, не наблюдалось. Более того, низкие значения  $Ti/Nb$  в аргиллитах танинского уровня указывают на присутствие в них материала, образованного за счет разрушения анорогенных магматических пород основного или промежуточного состава. Данные породы широко распространены во внутриплитных континентальных обстановках и ассоциируют с рифтовыми системами. В послетанинское или послекойвинское время зрелость пород в источниках сноса в заметной степени понизилась. Наиболее наглядно об этом свидетельствует резкое снижение величины  $Th/Cr$  в аргиллитах бутонской и керносской свит. Возможно, это связано с обусловленным процессами рифтогенеза внедрением в указанные моменты времени в верхнюю кору пород основного и (или) ультраосновного составов. В целом

Медианные содержания (в г/т) малых элементов и некоторые геохимические индексы в глинистых сланцах и аргиллитах венда Кваркушко-Каменногогорского метантиклинория

Элементы	Серебрянская серия						Сыльвицкая серия					
	<i>tn</i>	<i>gr</i>	<i>kv</i>	<i>bt</i>	<i>kr</i>	<i>stp</i>	<i>prv</i>	<i>chk</i>	<i>usl</i>			
Sc	11,10 3,37	19,34 2,01	12,33 3,39	14,51 6,29	12,45 7,04	15,36 3,36	15,73 2,32	16,08 4,41	11,45			
V	81,67±7,59	124,17±17,69	64,92±31,99	78,08±38,34	128,05±52,6	106,36±20,3	120,64±11,03	116,86±22,03	73,1			
Ni	56,16±14,36	71,82±12,74	42,93±8,66	26,71±3,77	53,89±30,15	43,75±12,78	53,76±7,31	44,54±6,87	34,07			
Cr	142,07±40,55	145,60±33,17	124,03±55,81	169,16±5,36	148,58±15,41	93,59±17,70	123,68±25,56	114,60±21,15	96,38			
Ti	4312,95 880,77	5012,07±488,24	3494,29 1299,57	5150,90 684,76	4559,72 7591,80	5517,91 603,03	5708,62 543,25	5120,25 815,14	4542,22			
Zr	218,98 14,14	160,89±19,61	169,40 102,23	229,36 36,61	202,32 110,67	185,97 35,67	238,05 9,15	210,56 37,72	230,45			
Nb	51,86 17,05	20,18±2,34	14,11 5,07	20,93 3,74	19,01 16,56	22,36 4,22	20,61 0,58	22,09 2,87	17,00			
La	60,38 11,84	49,56±8,69	34,22 17,03	46,14 15,35	41,09 18,65	49,06 5,86	39,53 3,82	37,67 12,70	31,67			
Ce	120,48 27,14	95,03±26,87	67,40 42,98	83,39 29,86	83,54 39,08	94,60 12,56	83,56 6,96	79,76 29,29	68,38			
Pr	12,51 3,03	11,37±1,88	7,64 4,27	10,33 3,39	9,37 4,43	11,38 1,05	9,69 0,77	8,94 3,19	5,96			
Nd	47,73 11,50	41,21±6,61	26,68 15,87	37,05 11,98	34,34 17,45	40,31 3,27	36,07 2,81	33,74 11,84	22,75			
Sm	7,09±2,89	6,94±1,04	4,38 2,63	6,01 1,90	5,91 3,31	6,81 0,51	6,68 0,48	6,05 2,22	4,70			
Eu	1,63±0,59	1,39±0,36	1,05 0,42	1,01 0,34	1,19 0,92	1,29 0,11	1,20 0,10	1,21 0,43	0,72			
Gd	5,78±2,73	5,64±0,75	3,68 2,09	4,39 1,58	4,91 2,43	5,33 0,40	5,78 0,43	5,22 1,92	3,26			
Tb	0,82±0,37	0,84±0,08	0,54 0,28	0,61 0,22	0,78 0,34	0,79 0,09	0,89 0,08	0,83 0,29	0,63			
Dy	4,28±1,53	4,75±0,34	3,08 1,34	3,27 1,25	3,96 1,89	4,42 0,54	5,22 0,36	4,83 1,65	3,52			
Ho	0,87±0,23	0,96±0,06	0,64 0,27	0,69 0,26	0,84 0,40	0,92 0,12	1,09 0,09	1,03 0,33	0,86			
Er	2,25±0,58	2,61±0,21	1,78 0,72	1,92 0,76	2,21 1,10	2,48 0,34	3,06 0,21	2,76 0,91	2,37			
Tm	0,32±0,06	0,36±0,04	0,26 0,11	0,27 0,11	0,33 0,17	0,36 0,05	0,45 0,03	0,40 0,13	0,32			
Yb	2,10±0,36	2,36±0,24	1,72 0,68	1,85 0,71	2,09 1,10	2,37 0,39	2,98 0,21	2,72 0,83	2,30			
Lu	0,29±0,05	0,35±0,04	0,26 0,10	0,28 0,11	0,31 0,16	0,35 0,06	0,44 0,03	0,39 0,12	0,36			
Th	12,97±1,45	14,39±2,43	11,44 5,28	13,20 5,69	12,09 5,85	14,79 2,05	13,40 1,77	12,42 4,73	11,70			
Сумма	266,53	223,37	153,33	197,21	190,87	220,47	196,64	185,55	147,8			

Элементы	Серебрянская серия					Сылвицкая серия				
	tn	gr	kv	bt	kr	stp	prv	chk	usl	
LREE/HREE	15,15±2,53	11,62±2,05	12,24±1,38	15,51±3,1	10,34±3,28	11,31±0,56	8,66±0,24	8,59±1,38	9,80	
Ti/Nb	77,58±31,72	236,91±14,67	243,14±11,77	248,18±18,43	240,55±136,61	248,04±24,32	283,38±30,86	231,62±21,82	267,15	
Th/Sc	1,23±0,29	0,77±0,06	0,98±0,16	0,91±0,07	0,97±0,43	0,87±0,15	0,87±0,03	0,79±0,24	1,02	
V/Ni	1,54±0,48	1,72±0,63	1,51±0,37	2,95±1,51	2,83±0,74	2,70±0,80	2,29±0,27	2,57±0,34	2,15	
Th/Cr	0,10 0,02	0,13 0,04	0,09 0,04	0,02 0,02	0,01 0,06	0,16 0,02	0,10 0,02	0,10 0,05	0,12	
Число проб	5	3	10	2	3	4	4	14	1	

наличие ярко выраженных вариаций Th/Cr в аргиллитах серебрянского уровня позволяет предполагать отсутствие в раннем венде условий для эффективного перемешивания тонкой кластики и, следовательно, указывает на нестабильность тектонического режима и достаточно расчлененный рельеф области седиментации.

Приведенные данные наиболее хорошо могут быть объяснены в рамках представлений о формировании в раннем венде (серебрянское время) на западном склоне Среднего Урала серии относительно небольших рифтогенных грабенов и депрессий, выполненных терригенными и вулканогенно-осадочными образованиями. Суммируя приведенные данные об особенностях изменения снизу вверх по разрезу венда Кваркушко-Каменногорского мегантиклинория значений Th/Cr, Th/Sc, V/Ni, Ti/Nb, LREE/HREE, а также REE, можно прийти к заключению, что процессы рифтогенеза и связанное с ними внедрение в верхнюю кору основных и ультраосновных пород и последующий их размыв наиболее ярко были проявлены именно в раннем венде. Накопление поздневендских осадочных последовательностей, как это следует из анализа слагающих их породных ассоциаций и закономерностей изменения в разрезе сылвицкой серии уже названных геохимических параметров, происходило в существенно более стабильных обстановках в бассейне, характеризовавшимся иным стилем развития (форландовый бассейн, окаймлявший область кадомской складчатости?) и существенно большими размерами.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (грант 03-05-64121), а также в рамках Программы № 7 Отделения наук о Земле РАН «Изотопная геология: геохронология и источники вещества».*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аблизин Б.Д., Ключина М.Л., Курбацкая Ф.А., Курбацкий А.М. Верхний рифей и венд западного склона Среднего Урала. — М.: Наука, 1982.
2. Бочкарев В.В., Язева Р.Г. Субщелочной магматизм Урала. — Екатеринбург: УрО РАН, 2000.
3. Карпухина Е.В., Первов В.А., Журавлев Д.З. Мафит-ультрамафиты западного склона Урала: венд-кембрийский внутрислитный магматизм // Общие вопросы тектоники. Тектоника России. — М.: ГЕОС, 2000. С. 194—197.
4. Карпухина Е.В., Первов В.А., Журавлев Д.З. Петрология субщелочного вулканизма — индикатора поздневендского рифтогенеза, западный склон Урала // Петрология. 2001. Т. 9. № 5. С. 480—503.
5. Коротеев В.А., Краснобаев А.А., Нечухин В.М. Проблемы геохронологии и палеогеодинамики венд-раннепалеозойского интервала развития Земли // Палеогеография венда—раннего палеозоя Северной Евразии. — Екатеринбург, 1998. С. 4—8.
6. Курбацкая Ф.А. О строении и развитии зоны сочленения западного Урала и Восточно-Европейской платформы в позднем докембрии // Докембрийские вулканогенно-осадочные комплексы Урала. — Свердловск, 1986. С. 50—59.
7. Маслов А.В., Ронкин Ю.Л., Крупенин М.Т. и др. Нижнерифейские тонкозернистые алюмосиликокластические осадочные образования Башкирского мегантиклинория на Южном Урале: состав и эволюция источников сноса // Геохимия. 2004. № 6. С. 648—669.
8. Маслов А.В., Крупенин М.Т., Петров Г.А., Корнилова А.Ю. Cr/Ni и Ti/Nb как индикаторы состава источников сноса: тонкозернистая алюмосиликокластика серебрянской и сылвицкой серий западного склона Среднего Урала // Геология и металлогения ультрамафит-мафитовых и гранитоидных интрузивных ассоциаций складчатых областей. — Екатеринбург, 2004. С. 476—479.
9. Маслов А.В., Ронкин Ю.П., Крупенин М.Т., Гареев Э.З. Рифейские седиментационные бассейны Южного Урала (палеогеог-

- рафия, палеоклимат, источники сноса и палеосоленость водоемов) // Осадочные бассейны Урала и прилегающих регионов: закономерности строения и минерагении. — Екатеринбург, 2000. С. 28—52.
10. Мигдисов А.А., Балаиов Ю.А., Шарков И.В. и др. Распространенность редкоземельных элементов в главных литологических типах пород осадочного чехла Русской платформы // Геохимия. 1994. № 6. С. 789—803.
  11. Нечехун В.М. Минерагения венд-раннепалеозойских геодинамических ассоциаций // Палеогеография венда—раннего палеозоя Северной Евразии. — Екатеринбург, 1998. С. 25—30.
  12. Ножкин А.Д., Туркина О.М., Бобров В.А. Радиоактивные и редкоземельные элементы в метапелитах как индикаторы состава и эволюции докембрийской континентальной коры юго-западной окраины Сибирского кратона // Докл. РАН. 2003. Т. 390. № 6. С. 813—817.
  13. Подковыров В.Н., Ковач В.П., Котова Л.Н. Глинистые отложения сибирского гипостратотипа рифея и венда: химический состав, Sm-Nd систематика источников и этапы формирования // Литология и полезные ископаемые. 2002. № 4. С. 397—418.
  14. Пучков В.Н. Тектоника Урала. Современные представления // Геотектоника. 1997. № 4. С. 42—61.
  15. Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. — Уфа: Даурия, 2000.
  16. Светов С.А., Светова А.И. РЗЭ-систематика верхнеархейских осадочных парагенезов Центральной Карелии // Докл. РАН. 2004. Т. 394. № 3. С. 393—398.
  17. Суслов С.Б., Зорин В.Н., Кинев А.Н. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Пермская. Лист О-40-XVII. Объяснительная записка. — Пермь, 2002.
  18. Тейлор С.Р., МакЛеннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. — М.: Мир, 1988.
  19. Худoley А.К. Тектоника пассивных окраин древних континентов (на примере восточной окраины Сибирской и западной окраины Североамериканской платформ). Автореф. дис. ... докт. геол.-минер. наук. — М., 2003.
  20. Bauluz B., Mayayo M.J., Fernandez-Nieto C., Lopez J.M.G. Geochemistry of Precambrian and Paleozoic siliciclastic rocks from the Iberian Range (NE Spain): implications for source-area weathering, sorting, provenance, and tectonic setting // Chem. Geol. 2000. Vol. 168. P. 135—150.
  21. Bonjour J.-L., Dabard V.-P. Ti/Nb ratios of clastic terrigenous sediments used as an indicator of provenance // Chem. Geology. 1991. Vol. 91. P. 257—267.
  22. Condie K.C. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales // Chem. Geol. 1993. Vol. 104. P. 1—37.
  23. Condie K.C. Plate tectonics and crustal evolution. 4<sup>th</sup> ed. Butterworth Heinemann. 1997.
  24. Cullers R.L., Graf J. Rare earth elements in igneous rocks of the continental crust: intermediate and silicic rocks, ore petrogenesis // Rare-earth Geochemistry. P. Hendersen (Ed.). Amsterdam. Elsevier. 1983. P. 275—312.
  25. Garver J.I., Royce P.R., Smick T.A. Chromium and nickel in shale of the Tacinic foreland: a case study for the provenance of fine-grained sediments with an ultramafic source // J. Sed. Res. 1996. Vol. 66. № 1. P. 100—106.
  26. Grazhdankin D. Patterns of distribution in the Ediacaran biotas: facies versus biogeography and evolution // Paleobiology. 2004. Vol. 30. № 2. P. 203—221.
  27. Herron M.M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data // J. Sed. Petrol. 1988. Vol. 58. P. 820—829.
  28. Lee Y.I. Provenance derived from the geochemistry of late Paleozoic-early Mesozoic mudrocks of the Pyeongan Supergroup, Korea // Sed. Geol. 2002. Vol. 149. P. 219—235.
  29. McLennan S.M., Taylor S.R. Sedimentary rocks and crustal evolution: tectonic setting and secular trends // J. Geology. 1991. Vol. 99. P. 1—21.
  30. McLennan S.M., Taylor S.R., McCulloch M.T., Maynard J.B. Geochemical and Nd-Sr isotopic composition of deep-sea turbidites: crustal evolution and plate tectonic associations // Geochim. Cosmochim. Acta. 1990. Vol. 54. P. 2015—2050.
  31. Taylor S.R., McLennan S.M. The chemical evolution of the continental crust // Reviews of Geophysics. 1995. Vol. 33. P. 241—265.
  32. Wronkiewicz D.J., Condie K.C. Geochemistry of Archean shales from the Witwatersrand Supergroup, South Africa: source-area weathering and provenance // Geochim. Cosmochim. Acta. 1987. Vol. 51. P. 2401—2416.
  33. Wronkiewicz D.J., Condie K.C. Geochemistry and mineralogy of sediments from the Ventersdorp and Transvaal Supergroups, South Africa: cratonic evolution during the early Proterozoic // Geochim. Cosmochim. Acta. 1990. Vol. 54. P. 343—354.