

## ПЕРВЫЙ ОПЫТ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ U-Pb ИЗОТОПНОГО ДАТИРОВАНИЯ ОБЛОМОЧНЫХ ЦИРКОНОВ ИЗ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХНЕГО ДОКЕМБРИЯ УРАЛА И ЮЖНОГО ТИМАНА

© 2012 г. А. В. Маслов

*Институт геологии и геохимии УрО РАН  
620075, г. Екатеринбург, Почтовый пер., 7  
E-mail: maslov@igg.uran.ru*

Поступила в редакцию 04.02. 2011 г.

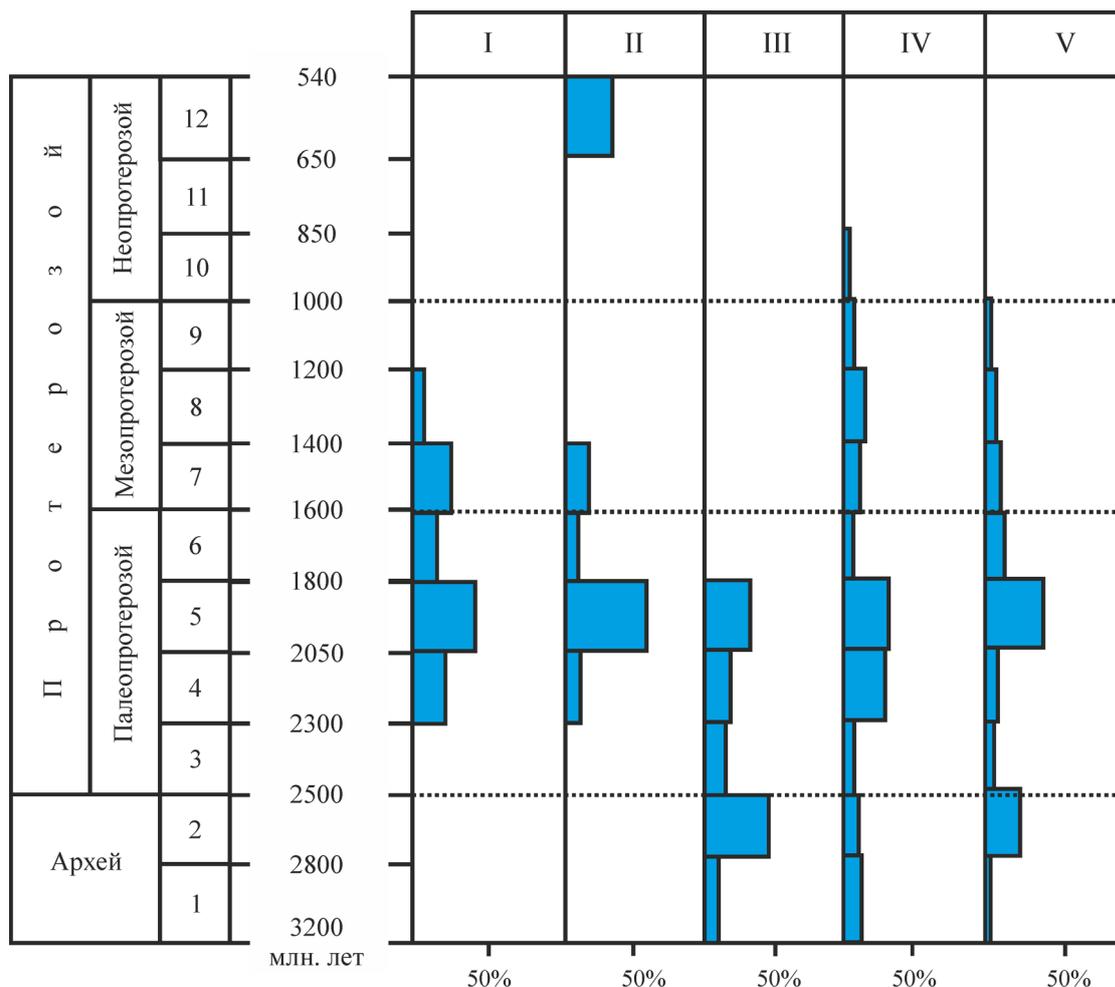
Анализ имеющихся на сегодня данных об U-Pb-изотопном возрасте обломочных цирконов из терригенных пород верхнего докембрия Южного и Среднего Урала и Южного Тимана показывает, что в их формировании существенная доля принадлежала продуктам размыва средне- и позднепалеопротерозойских комплексов кристаллического цоколя Восточно-Европейской платформы. В то же время, накопление отложений серебрянской серии происходило и при заметной роли на палеоводосборах более древних – раннепалеопротерозойских, нео- и мезоархейских породных ассоциаций. Конец серебрянского времени (керносский век) отличался от его начала (танинский век) присутствием в областях сноса также мезопротерозойских комплексов, роль которых в формировании рифейско-вендских отложений Южного Урала, по имеющимся данным, относительно невелика. Источники сноса для песчаников джежимской свиты были в определенной мере сходны с источниками для песчаниковых толщ рифея и венда Южного Урала. Однако, так же, как и для пород серебрянской серии, для них характерно присутствие и заметно более древних, неоархейских, цирконов. Все это может указывать на существенные различия в пространственно-временном распределении источников кластического материала для верхнедокембрийских отложений западной мегазоны Урала и Южного Тимана.

Ключевые слова: *обломочные цирконы, верхний докембрий, Южный Урал, Средний Урал, Южный Тиман, U-Pb-изотопный возраст.*

U-Pb-изотопные возраста и другие вещественные характеристики обломочных цирконов позволяют реконструировать как предполагаемый возраст пород источников сноса, так и их возможный состав [16, 17 и др.]. Важно отметить, что получаемая с помощью данных о возрасте обломочных цирконов информация в большинстве случаев не может быть получена иными методами, в том числе такими традиционными как минералогическими, петрографическими, геохимическими или анализом индикаторов палеотечений. Данные о возрасте детритовых цирконов, присутствующих в терригенных осадочных породах и их последовательностях, дают информацию о максимальном возрастном пределе формирования осадков [16]. U-Pb система в цирконах весьма стабильна и не подвержена влиянию процессов, происходящих во время седиментации и значительной части процессов метаморфизма. Следовательно, возраста детритовых цирконов позволяют нам получить первичные кристаллизационные возраста пород, в которых они формировались, но не предполагают, что цирконы попали в осадок из субстрата именно этого возраста, так как цирконы, как хорошо известно, могут быть рециклированы значительное число раз [19].

В настоящее время в зарубежных журналах количество статей с результатами изучения состава и U-Pb изотопного возраста обломочных цирконов из докембрийских и фанерозойских терригенных пород различных регионов уже превышает несколько сотен (см., например, [19–26, 28] и ссылки в этих работах). При этом, вплоть до недавнего времени каких-либо подробных данных о возрастах популярной обломочных цирконов в верхнедокембрийских осадочных последовательностях западной мегазоны Урала и Тимана практически не было. Это в существенной мере затрудняет создание современных (т.е. основанных на синтезе седиментологических и геохимических материалов, а также данных о возрасте обломочных цирконов, позволяющих получить пространственно-временную информацию об источниках сноса, а также другие важные сведения для палеогеографических и палеотектонических реконструкций) моделей формирования осадочного выполнения рифейских и вендских бассейнов в области сочленения востока Восточно-Европейской платформы и Урала. Однако первый эскиз такой модели, опираясь на данные, приведенные в работах [4, 23, 27], все же можно наметить.

Результаты изучения обломочных цирконов в песчаниках рифейско-вендской последовательно-



**Рис. 1.** Распределение U-Pb-изотопных возрастов детритовых цирконов в обломочных породах верхнего докембрия западной мегазоны Урала и Южного Тимана, по данным [4, 6, 23, 27].

I – рифей Южного Урала; II – венд Южного Урала; III – танинская свита, Средний Урал; IV – керноская свита, Средний Урал; V – джежимская свита, Южный Тиман.

1 – мезоархей; 2 – неоархей; 3 – сидерий; 4 – риасий; 5 – орозирий; 6 – статерий; 7 – калимний; 8 – эктазий; 9 – стений; 10 – тоний; 11 – криогений; 12 – неопротерозой III (возрастные рамки всех указанных подразделений показаны в соответствии с Международной стратиграфической шкалой, 2008 г.).

сти Южного Урала [27] дали возможность выполнивших их авторам сделать заключение, что в “добасинских” отложениях преобладают (~73%) цирконы с палеопротерозойскими U-Pb-изотопными возрастными – 2185–2065, 2048–1859, 1782–1743, есть также зерна с раннемезопротерозойскими возрастными – 1398–1572 млн. лет (рис. 1). Цирконы с аналогичными или близкими возрастными вполне типичны для кристаллических пород фундамента Восточно-Европейской платформы, и в том числе ее восточной (Волго-Уральской) части [18 и др.]. Это, как и данные предшествующих минералогическо-петрографических исследований [2, 5, 10, 11 и др.], указывает, что основными источниками терригенного материала, слагающего типовой разрез рифея, являлись прилегающие к Уралу области платформы (протократон Волго-Уралья), хотя присутствующие

в указанном регионе архейские и раннепалеопротерозойские комплексы в размыв вовлечены не были. Об этом же свидетельствуют и данные о Nd-модельном возрасте тонкозернистых обломочных пород типового разреза рифея [7]. Обломочные цирконы из песчаников басинской и куккараукской свит ашинской серии верхнего венда Башкирского мегантиклинория характеризуются как U-Pb-изотопными возрастными 2058–1898, 1847, 1788 и 1483 млн. лет (результат размыва подстилающих их рифейских образований на орогенном этапе [27]), так и существенно более молодыми датировками (643, 623, 619, 573 млн. лет и т.п.). Последнее, по представлениям, изложенным в работах [12, 13], указывает на появление на Южном Урале в венде, вследствие тиманской орогении, восточного источника сноса.

На Южном Тимане в песчаниках джежимской свиты основания верхнего рифея [3] обломочные цирконы имеют, по данным [23], преимущественно неоархейские (~21% всех зерен популяции), средне- и позднепалеопротерозойские (~1.70–2.15 млрд. лет, время “собирания” ПротоБалтики, ~54% всех зерен) датировки; примерно 15% детритовых цирконов характеризуется ранне- и среднемезопротерозойскими U-Pb-изотопными возрастными (см. рис. 1). Наиболее молодое зерно обломочного циркона в джежимских песчаниках имеет  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  возраст, попадающий в интервал 1175–1200 млн. лет [23]. Предполагается, что джежимский набор цирконов является результатом размыва кристаллических комплексов, сформированных в результате архейских, раннепротерозойских и раннесреднерифейских тектономагматических событий, приведших, в конечном счете, к формированию Восточно-Европейской платформы в её близком к современному виде. Источниками сноса для песчаников джежимской свиты, по мнению Н.Б. Кузнецова с соавторами [23], выступали кристаллические комплексы северных и центральных частей палеоконтинента Балтика (протоконтинент Фенноскандия и зона его сочленения с Волго-Уралией и Сарматией); продукты же размыва собственно Волго-Уралии и Сарматии в пределы Тиманской окраины Балтики практически не поступали.

В самое последнее время нами совместно с коллегами из ДВГИ ДВО РАН (Г.М. Вовна, В.И. Киселев) получены первые данные относительно U-Pb-изотопных возрастов обломочных цирконов из отложений серебрянской серии верхнего докембрия западного склона Среднего Урала (Кваркушско-Каменногорский мегантиклинорий) [6], объединяющей танинскую, гаревскую, койвинскую, бутонскую и керносскую свиты [1]. Проведенные ранее исследования систематики редкоземельных элементов (PЗЭ), Th, Hf, Sc, Co, Cr и Ni и Nd-модельного возраста тонкозернистых обломочных пород серебрянской серии позволили установить, что спектры PЗЭ в них имеют облик, типичный для постархейских глинистых сланцев и аргиллитов [8, 9]. В то же время, присутствие на ряде стратиграфических уровней глинистых пород с  $(\text{Gd}/\text{Yb})_n > 2.0$ , как и высокая степень деплетирования PЗЭ в некоторых их образцах, указывают на определенную роль в составе тонкой алюмосиликокластики архейского компонента. Величина  $T_{\text{Nd}}(\text{DM})$  в глинистых сланцах нижней части серебрянской серии (танинская, гаревская и койвинская свиты) составляет от ~2.0 до 1.85 млрд. лет, тогда как на более высоких уровнях разреза (бутонская и керноская свиты) доминируют породы с  $T_{\text{Nd}}(\text{DM}) \sim 1.77\text{--}1.70$  млрд. лет. Это, как и материалы минералого-петрографических исследований [1], дало основания предполагать, что

основным источником тонкой алюмосиликокластики для бассейна серебрянского времени являлись восточные районы Восточно-Европейской платформы, где доминировали кристаллические комплексы раннего протерозоя. Снижение же Nd-модельных возрастов в конце серебрянского времени было обусловлено, по всей видимости, появлением новых, в том числе и восточных (уральских) областей размыва, сложенных более молодыми комплексами пород [8, 9].

Минералого-петрографическое изучение песчаников и тиллитовидных конгломератов серии выполнено в основном в 1960–70-х гг. При этом ряд авторов (А.А. Кухаренко и др.) считали основным источником валунно-галечникового материала, слагающего конгломераты танинской свиты, поднятия т.н. Уральской геосинклинали, располагавшиеся к востоку от современного Кваркушско-Каменногорского мегантиклинория. Другие исследователи (Ф.А. Курбацкая, Б.Д. Аблизин и их соавторы) полагали, что среди галек и валунов в тиллитовидных конгломератах танинской свиты доминируют породы, тождественные породам кристаллического фундамента Восточно-Европейской платформы, а подчиненную роль играют обломки подстилающих образований рифея. Главная область размыва, по их мнению, располагалась к юго-западу и западу от современного Кваркушско-Каменногорского мегантиклинория, часть же материала приносилась в бассейн с востока. Редкогалечниковые конгломераты койвинского уровня, в отличие от танинских конгломератов, сложены преимущественно обломками кварцито-песчаников, кислых изверженных пород, кремней и кварцитов; в ряде разрезов к ним добавляются и фрагменты карбонатных пород. В тиллитовидных конгломератах керносской свиты доминируют обломки подстилающих серебрянскую серию пород рифея, однако сопоставление типоморфных признаков и ассоциаций типов кварца в породах фундамента и песчаниках керносской свиты свидетельствует о том, что источником кварца являлись гранито-гнейсы цоколя Восточно-Европейской платформы [1].

Популяция обломочных цирконов из матрикса тиллитовидных конгломератов танинской свиты представлена примерно поровну зернами с неоархейскими (~48%, 2771–2698, 2667–2650 и 2528 млн. лет) и палеопротерозойскими (~49%, 2460 и 2317, 2085–2069, 2048–1998 и 1947–1897 млн. лет) U-Pb-возрастами [6] (рис. 1). Для одного из 30 исследованных нами зерен характерны значения  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  возраста 3054 и 3061 млн. лет. Приведенные датировки позволяют рассматривать в качестве основного источника алюмосиликокластики для бассейна начала серебрянского времени, как и ранее [1], кристаллические породы восточной части Волго-Уралии. В то же время, в отличие от типового разреза рифея при формировании отложений танин-

ского уровня в размыв были вовлечены и достаточно древние комплексы фундамента платформы.

Популяция обломочных цирконов в песчаниках керносской свиты (72 зерна) состоит примерно на 15% из зерен мезо- и неоархейского возраста, тогда как ~60% в ней составляют палеопротерозойские цирконы [6]. Таким образом, ~75% входящих в нее цирконов достаточно близки по возрасту к цирконам из тиллитовидных конгломератов танинской свиты. Однако, в отличие от тиллитовидных конгломератов танинской свиты здесь присутствует и ~25% зерен мезопротерозойских цирконов (1549–1508, 1472, 1465, 1376–1340, 1270–1242, 1186, 1115 и 1034 млн. лет). Кроме того, для одного зерна  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  возраст ксеногенного ядра составляет ~1177, а оболочки – ~892 млн. лет, что соответствует достаточно высоким уровням тония (ранний неопротерозой) Международной стратиграфической шкалы.

В отсутствии сколько-нибудь широкой базы данных по возрастам популяций детритовых цирконов в отложениях верхнего докембрия западной мегазоны Урала и Тимана, по-видимому, можно, вслед за [23], предполагать, что мезопротерозойские цирконы в песчаниках керносской свиты являются, в той или иной мере, отражением гренвилльских событий (1.0–1.3 млрд. лет), Машакского регионального рифтогенеза (1410–1360 млн. лет) на востоке и, возможно, аккреционно-коллизийных комплексов пород, слагающих западные сегменты Балтики. Однако, так ли это на самом деле еще предстоит выяснить. Важно отметить, что в песчаниках керносской свиты, возраст которых по современным оценкам Н.М. Чумакова [14] не древнее 650–630 млн. лет, нет ни одного зерна обломочного циркона с U-Pb-изотопным возрастом от 730 до ~650–640 млн. лет, соответствующим части интервала (730–500 млн. лет), в который попадают изотопные возраста доордовикских гранитоидов и ассоциирующих с ними вулканогенных и метаморфических образований Тимано-Печорско-Баренцевоморского региона и севера Западного Урала, т.е. комплексы, слагающие Протоуральско-Тиманский ороген [23].

Таким образом, приведенные выше результаты сравнительного анализа ранее опубликованных данных показывают, что в формировании рифейских и вендских осадочных последовательностей Южного и Среднего Урала существенная доля принадлежала продуктам размыва средне- и позднепалеопротерозойских комплексов пород кристаллического цоколя Восточно-Европейской платформы. В то же время, накопление отложений серебрянской серии происходило и при заметной роли на палеоводосборах более древних – раннепалеопротерозойских, нео- и мезоархейских породных ассоциаций. Конец серебрянского времени (керносский век) отличался от его начала (та-

нинский век) присутствием в областях сноса также мезопротерозойских комплексов, роль которых в формировании рифейско-вендских отложений соседнего южноуральского сегмента довольно невелика. Источники сноса для песчаников джежимской свиты в определенной мере (в том, что касается присутствия в них средне- и позднепалеопротерозойских, а также ранне- и среднепалеопротерозойских цирконов) были сходны с источниками сноса для песчаниковых толщ рифея и венда Южного Урала. Однако, так же как и для исследованных нами пород серебрянской серии, для них характерно присутствие и заметно более древних – неоархейских – цирконов. Все сказанное, по-видимому, свидетельствует о существенных различиях в пространственно-временном распределении источников кластического материала для верхнедокембрийских отложений западной мегазоны Южного и Среднего Урала и Южного Тимана. Следует, однако, помнить, что этот вывод основан на имеющихся на сегодняшний день в литературе материалах. Для получения статистически более представительных данных исследования в этом направлении должны быть продолжены и существенно расширены.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке интеграционного проекта УрО, СО и ДВО РАН “Реконструкции источников поступления вещества в осадочные бассейны Северной Евразии: обстановки седиментогенеза, потенциальная рудоносность” (проект УрО РАН 09-С-5-1013).*

#### 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. 140 с.
2. Акимова Г.Н. О направлении и источниках сноса обломочного материала в отложениях верхнерифейской зильмердакской свиты Южного Урала // Докл. АН СССР. 1964. Т. 158, № 5. С. 1099–1101.
3. Гиловская М.Б., Вейс А.Ф., Беккер Ю.Р. и др. Доэдиакарская фауна Тимана (аннелидоморфы верхнего рифея) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2000. Т. 8, № 4. С. 11–39.
4. Кузнецов Н.Б., Натанов Л.М., Белоусова Е.А. и др. Первые результаты U/Pb-датирования и изотопно-геохимического изучения детритных цирконов из позднедокембрийских песчаников Южного Тимана (увал Джежим-Парма) // Докл. АН. 2010. Т. 435, № 6. С. 798–805.
5. Маслов А.В. Литология верхнерифейских отложений Башкирского мегантиклинория. М.: Наука, 1988. 133 с.
6. Маслов А.В., Вовна Г.М., Киселев В.И. и др. Первые результаты определения U-Pb-возраста обломочных цирконов из отложений серебрянской серии (верхний протерозой, Средний Урал) // Докл. АН. В печати.
7. Маслов А.В., Ронкин Ю.Л., Крупенин М.Т. и др. Ис-

- точники сноса рифейских бассейнов седиментации области сочленения Русской платформы и Южного Урала: синтез петрографических, петро- и геохимических данных // Докл. АН. 2003. Т. 389, № 2. С. 219–222.
8. *Маслов А.В., Ронкин Ю.Л., Крупенин М.Т. и др.* Систематика редкоземельных элементов и модельный возраст Nd в аргиллитах венда западного склона Среднего Урала // Докл. АН. 2005. Т. 401, № 5. С. 668–672.
  9. *Маслов А.В., Ронкин Ю.Л., Крупенин М.Т. и др.* Систематика редкоземельных элементов, Th, Hf, Sc, Co, Cr и Ni в глинистых породах серебрянской и сылвицкой серий венда западного склона Среднего Урала – инструмент мониторинга состава источников сноса // Геохимия. 2006. № 6. С. 610–632.
  10. *Олли А.И.* Древние отложения западного склона Урала. Саратов: СГУ, 1948. 407 с.
  11. *Орлова М.Т.* Акцессорные минералы древних немых толщ западного склона Южного Урала // Геология и полезные ископаемые Урала. Л.: ВСЕГЕИ, 1960. С. 31–43.
  12. *Пучков В.Н.* Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 146 с.
  13. *Пучков В.Н.* Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.
  14. *Чумаков Н.М.* Африканская ледниковая эра позднего протерозоя // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2011. Т. 19, № 1. С. 3–23.
  15. *Allen M.B., Morton A.C., Fanning C.M. et al.* Zircon age constraints on sediment provenance in the Caspian region // J. Geol. Soc. (London). 2006. V. 163. P. 647–655.
  16. *Barr S.M., Davis D.W., Kamo S., White C.E.* Significance of U-Pb detrital zircon ages in quartzite from peri-Gondwanan terranes, New Brunswick and Nova Scotia, Canada // Prec. Res. 2003. V. 126. P. 123–145.
  17. *Belousova E.A., Griffin W.L., O'Reilly S.Y., Fisher N.I.* Igneous zircon: trace element composition as an indicator of source rock type // Contrib. Mineral. Petrol. 2002. V. 143. P. 602–622.
  18. *Bogdanova S.V., Bingen B., Gorbatshev R. et al.* The Eastern European Craton (Baltica) before and during the assembly of Rodinia // Prec. Res. 2008. V. 160. P. 23–45.
  19. *Dickinson W.R., Lawton T.F., Gehrels G.E.* Recycling detrital zircons: A case study from the Cretaceous Bisbee Group of southern Arizona // Geology. 2009. V. 37. P. 503–506.
  20. *Hoskin P.W.O., Ireland T.R.* Rare earth element chemistry of zircon and its use as a provenance indicator // Geology. 2000. V. 28. P. 627–630.
  21. *Kalsbeek F., Frei D., Affaton P.* Constraints on provenance, stratigraphic correlation and structural context of the Volta basin, Ghana, from detrital zircon geochronology: An Amazonian connection? // Sed. Geol. 2008. V. 212. P. 86–95.
  22. *Kirkland C.L., Strachan R.A., Prave A.R.* Detrital zircon signature of the Moine Supergroup, Scotland: Contrasts and comparisons with other Neoproterozoic successions within the circum-North Atlantic region // Prec. Res. 2008. V. 163. P. 332–350.
  23. *Kuznetsov N.B., Natapov L.M., Belousova E.A. et al.* Geochronological, geochemical and isotopic study of detrital zircon suites from late Neoproterozoic clastic strata along the NE margin of the East European Craton: Implications for plate tectonic models // Gondwana Research. 2010. V. 17. P. 583–601.
  24. *Neumann N.L., Southgate P.N., Gibson G.M.* Defining unconformities in Proterozoic sedimentary basins using detrital geochronology and basin analysis – An example from the Mount Isa Inlier, Australia // Prec. Res. 2009. V. 168. P. 149–166.
  25. *Rainbird R.H., Davis W.J.* U-Pb detrital zircon geochronology and provenance of the late Paleoproterozoic Dubawnt Supergroup: Linking sedimentation with tectonic reworking of the western Churchill Province, Canada // GSA Bulletin. 2007. V. 119. P. 314–328.
  26. *Thomas W.A., Becker T.P., Samson S.D., Hamilton M.A.* Detrital Zircon Evidence of a Recycled Orogenic Foreland Provenance for Alleghanian Clastic-Wedge Sandstones // J. Geology. 2004. V. 112. P. 23–37.
  27. *Willner A.P., Sindern S., Metzger R. et al.* Typology and single grain U/Pb ages of detrital zircons from Proterozoic sandstones in the SW Urals (Russia): early time marks at the eastern margin of Baltica // Prec. Res. 2003. V. 124. P. 1–20.
  28. *Yamashita K., Creaser R.A., Villeneuve M.E.* Integrated Nd isotopic and U-Pb detrital zircon systematics of clastic sedimentary rocks from the Slave Province, Canada: evidence for extensive crustal reworking in the Early- to Mid-Archean // Earth Planet. Sci. Lett. 2000. V. 174. P. 283–299.

Рецензент Н.Б. Кузнецов

## **First results of comparable analysis of U-Pb-age determinations for detrital zircons from Upper Precambrian deposits of the Urals and Southern Timan**

**A. V. Maslov**

*Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS*

Analysis of the modern data about U-Pb-isotopic age of the detrital zircons from the Upper Precambrian terrigenous rocks of the South and the Middle Ural and Southern Timan indicate that these deposits were formed mainly due to erosion of the Middle- and Late Paleoproterozoic crystalline complexes of the East-European platform. During the accumulation of the Serebryanka Group deposits (the Upper part of Upper Riphean or Lower Vendian, the Middle Ural) the provenances contain also more ancient rocks (Early Paleoproterozoic, Neo- and Mezoarchean). The end of the Serebryanka time different from its beginning by the presence on the provenances of Mesoproterozoic. But for the Riphean and Vendian deposits of the South Ural Mesoproterozoic complexes between the parent rocks has insignificant role. The composition of the provenances for sandstones of the Dzhezhim formation (Southern Timan) was similar partly with the provenances for Riphean and Vendian sandstones of the South Ural. At the same time the Dzhezhim sandstones contain, as the Serebryanka Group sandstones, Neoproterozoic zircons also. All these data indicate that there are significant differences in time-spatial distribution of the various sources of clastic materials for the Upper Precambrian deposits along the western megazone of the Urals and the Southern Timan.

*Key words: detrital zircons, Upper Precambrian, Southern Ural, Middle Ural, Southern Timan, U-Pb isotopic age.*