ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК, 2017, том 473, № 4, с. 453–458

ГЕОЛОГИЯ

УДК: 551.733.1(470.56)

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ U–Pb-ДАТИРОВАНИЯ ДЕТРИТОВЫХ ЦИРКОНОВ ИЗ ОРДОВИКСКИХ ТЕРРИГЕННЫХ ТОЛЩ СОЛЬ-ИЛЕЦКОГО БЛОКА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

© 2017 г. Н. Б. Кузнецов[1–4], В. М. Горожанин[5], Е. А. Белоусова[4], член-корреспондент РАН К. Е. Дегтярев[1], Е. Н. Горожанина[5], Т. В. Романюк[2–4,*], Н. А. Каныгина[1]

Поступило 12.04.2016 г.

Приведены первые данные (LA–ICP–MS) об U-Pb-изотопном возрасте детритовых цирконов из ордовикских песчаников Соль-Илецкого блока (скв. 2-Ордовикская), расположенного на стыке Восточно-Европейской платформы с Прикаспийской впадиной и Предуральским прогибом. В пробе К15-501 зафиксированы два детритных циркона с очень надежно определенными возрастами 561±4 и 570±5 млн лет, которые согласуются с ордовикским возрастом песчаников, предполагавшимся на основании сейсмостратиграфических и литологических корреляций. Характер распределения возрастов детритовых цирконов свидетельствует о том, что в строении источников сноса существенную роль играли позднедокембрийские кристаллические комплексы, не известные в структуре раннедокембрийского фундамента Волго-Уральской части Восточно-Европейской платформы.

DOI: 10.7868/S0869565217040156

Соль-Илецкий блок – крайняя юго-восточная часть Восточно-Европейской платформы (ВЕП), граничащая с Прикаспийской впадиной и Предуральским прогибом (рис. 1). Ордовикские образования на этой территории залегают на глубинах 2,5–3 км под верхнедевонскими и более молодыми отложениями и вскрыты многочисленными скважинами. Ордовикский разрез трехчленного строения и мощностью более 2000 м. Его верхняя часть представлена аргиллитами, алевролитами, песчаниками, в средней части преобладают песчаники, иногда переслаивающиеся с алевролитами, аргиллитами, а нижняя сложена кварцитовидными песчаниками [1, 2, 3, 8, 9]. Ордовикский возраст терригенных пород подтверждают находки органических остатков: акритархи среднего–позднего ордовика (28-Крх, 16-Красн), трилобиты среднего ордовика (1-Красн), конодонты, хитинозои раннего–среднего ордовика (102-З.Ор), брахиоподы ордовика (17-Ор) [2, 3, 9, 13]. В скв. 1, 2 ордовикских органических остатков в ордовикских породах не обнаружено. Возраст их принимают на основе сейсмо-стратиграфических и литологических корреляций [3, 8]. Ордовикские толщи подстилаются рифейско-нижневедскими терригенными породами (619-Салм, 301-, 307-, 311-Ольш, 1-Орд), а они, в свою очередь, – раннедокембрийскими метаморфическими комплексами (77-Земл) [1, 2, 8].

Ордовикский период – время заложения палеоокеанических бассейнов, реликты которых представлены в современной структуре Южного Урала [3, 10, 12]. Предполагают, что в сопряженных частях ВЕП и на западе Южного Урала накопление ордовикских толщ происходило в грабенах, заложенных при раскрытии Палеоуральского океана и наследовавших рифейские авлакогены [2, 3]. Массивные кварцитовидные песчаники нижней части ордовикского разреза Соль-Илецкого блока, вероятно, залегают в основании синрифтового трансгрессивного комплекса. Палеогеографическая обстановка накопления ордовикских отложений в целом может быть охарактеризована как мелководно-морская зона (литораль) терригенного шельфа с переменной гидродинамикой и тенденцией к углублению к востоку и юго-востоку (здесь и далее, в современных координатах).

[1] Геологический институт Российской Академии наук, Москва
[2] Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской Академии наук, Москва
[3] Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И.М. Губкина, Москва
[4] Australian Research Couneil Centre of Excellence for Core to Crust Fluid Systems / GEMOC Centre, Macquarie University, Sydney, Australia
[5] Институт геологии Уфимского научного центра Российской Академии наук, Уфа
** E-mail: romanyuk@mail.ru*

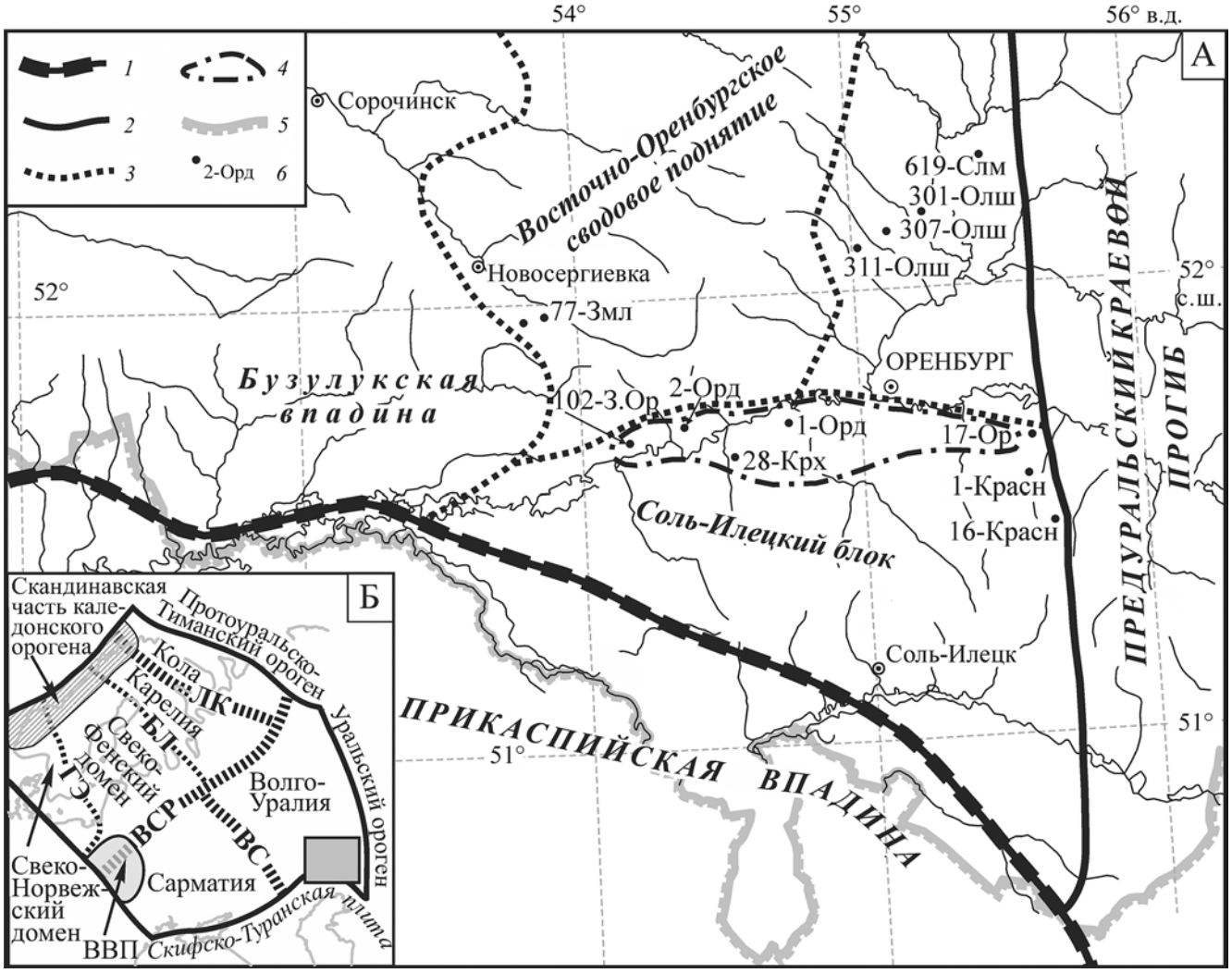

Рис. 1. Схема строения юго-восточной части ВЕП, ее сочленения с сопредельными структурами (А); врезка – сегментация фундамента ВЕП, структуры ее обрамления и положение схемы А (Б). *1, 2* – границы ВЕП с Прикаспийской впадиной (*1*) и Предуральским прогибом (*2*); *3* – границы тектонических единиц, выделяемых в пределах юго-восточной части ВЕП; *4* – контуры Оренбургского блока; *5* – государственная граница России и Республики Казахстан; *6* – положение скважин и их номера (1-Орд – скв. 1-Ордовикская, 2-Орд – скв. 2-Ордовикская, 17-Ор – скв. 17-Оренбургская, 102-З.Ор – скв. 102-Западно-Оренбургская, 28-Крх – скв. 28-Краснохолмская, 1-Красн – скв. 1-Красноярская, 16-Красн – скв. 16-Красноярская, 77-Змл – скв. 77-Землянская, 301-Олш – скв. 301-Ольшанская, 307-Олш – скв. 307-Ольшанская, 311-Олш – скв. 311-Ольшанская, скв. 619-Слм – 619-Салмышская). Врезка – пунктирные полосы и линии – орогены и сутуры, разграничивающие домены фундамента ВЕП; заштрихованная область – скандинавская часть Скандинавско-Гренландского каледонского орогена; орогены: ВС – Волго-Сарматский, ЛК – Лапланд-Кольский, ВСР – Волынско-Среднерусский; сутурные зоны (тектонические швы): БЛ – Ботническо-Ладожская, ГЭ – Гота-Эльв; ВВП – Волынская вулканическая провинция.

Для выяснения источников сноса ордовикских терригенных пород Соль-Илецкого блока мы изучили детритовые цирконы из песчаников, вскрытых скв. 2-Орд. Проба К15-501 была отобрана из керна с глубины 3439,7 м из пачки песчаников, залегающих в основании верхней части ордовикского разреза. Песчаники светлые, не слоистые, плохо сортированные средне-мелкозернистые со слабоокатанными обломками, сложенными в основном кварцем, реже кварцитами и единичными мелкими чешуйками белой слюды. Акцессорные минералы – циркон, рудные.

Выделенные из пробы К15-501 зерна циркона характеризуются разными цветовыми оттенками, размерами до 150 мкм и хорошей окатанностью. Изучение цирконов проведено в центре GEMOC (Маквори университет, Сидней, Австралия). Описание аппаратуры, методических приемов

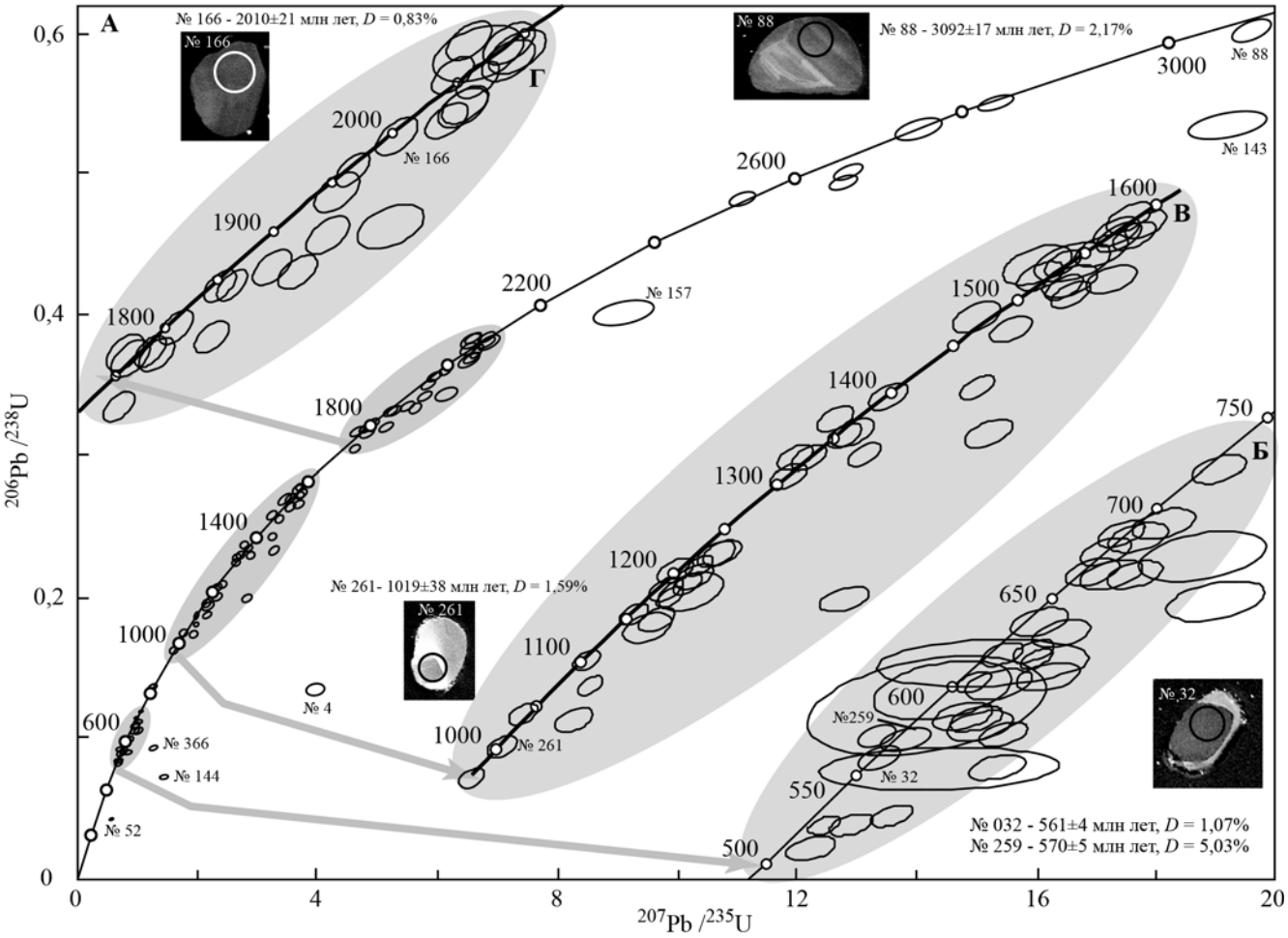

Рис. 2. Диаграмма с конкордией (Аренса – Везерилла) для детритовых цирконов из ордовикских песчаников (проба K15-501) 2-Орд (глубина 3439,7 м), пробуренной в пределах Соль-Илецкого блока (А) и детальные фрагменты разных отрезков конкордии на этой диаграмме (Б, В, Г). По краям диаграммы – примеры катодолюминесцентных изображений некоторых изученных зерен.

и констант, используемых для обработки первичных аналитических данных, в [15].

Изучение U/Pb-изотопной системы цирконов было выполнено для 120 зерен (рис. 2). Для 32 из них получены значения U/Pb-возрастов, характеризующихся высокой дискордантностью ($|D|$>10%), которые исключены из дальнейшего рассмотрения. Одно зерно (№ 33) показало конкордантное, но очень древнее значение 4662 ± 39 млн лет (D = –0,41%). Такой результат требует специального дополнительного изучения и подтверждения, что не входило в задачи нашего исследования. Поэтому этот анализ также был исключен из рассмотрения. Остальные 87 датировок использованы для построения гистограммы и кривой плотности вероятности (рис. 3). Для оценки возрастов цирконов моложе 1 млрд лет (16 зерен) использовано $^{206}Pb/^{238}U$, а для возрастов >1 млрд лет – $^{206}Pb/^{207}Pb$ (61 зерно). Минимальный возраст 561±4 млн лет (№ 32, D = 1,07%), максимальный 3092 ± 17 млн лет (№ 88, D = 2,17%). На кривой плотности вероятности фиксируются следующие пики, подкрепленные более чем двумя датировками: 573, 603, 685, 1263, 1584, 2087 млн лет. В пробе K15-501 зафиксированы два детритных циркона (№ 32, 259) с очень надежно определенными возрастами 561 и 570 млн лет, которые ограничивают максимальный возраст изученной толщи и исключают возможность того, что изученный интервал – элемент строения верхнерифейско-нижневендской толщи, которая выделяется в 1-Орд под ордовиком [8].

Считают, что поставщиками обломочного материала в ордовикский осадочный бассейн на Уральском краю ВЕП служили выступы раннедокембрийского кристаллического фундамента ее Волго-Уральской части – Татарского, Жигулевско-Пугачевского и других поднятий [8]. Однако

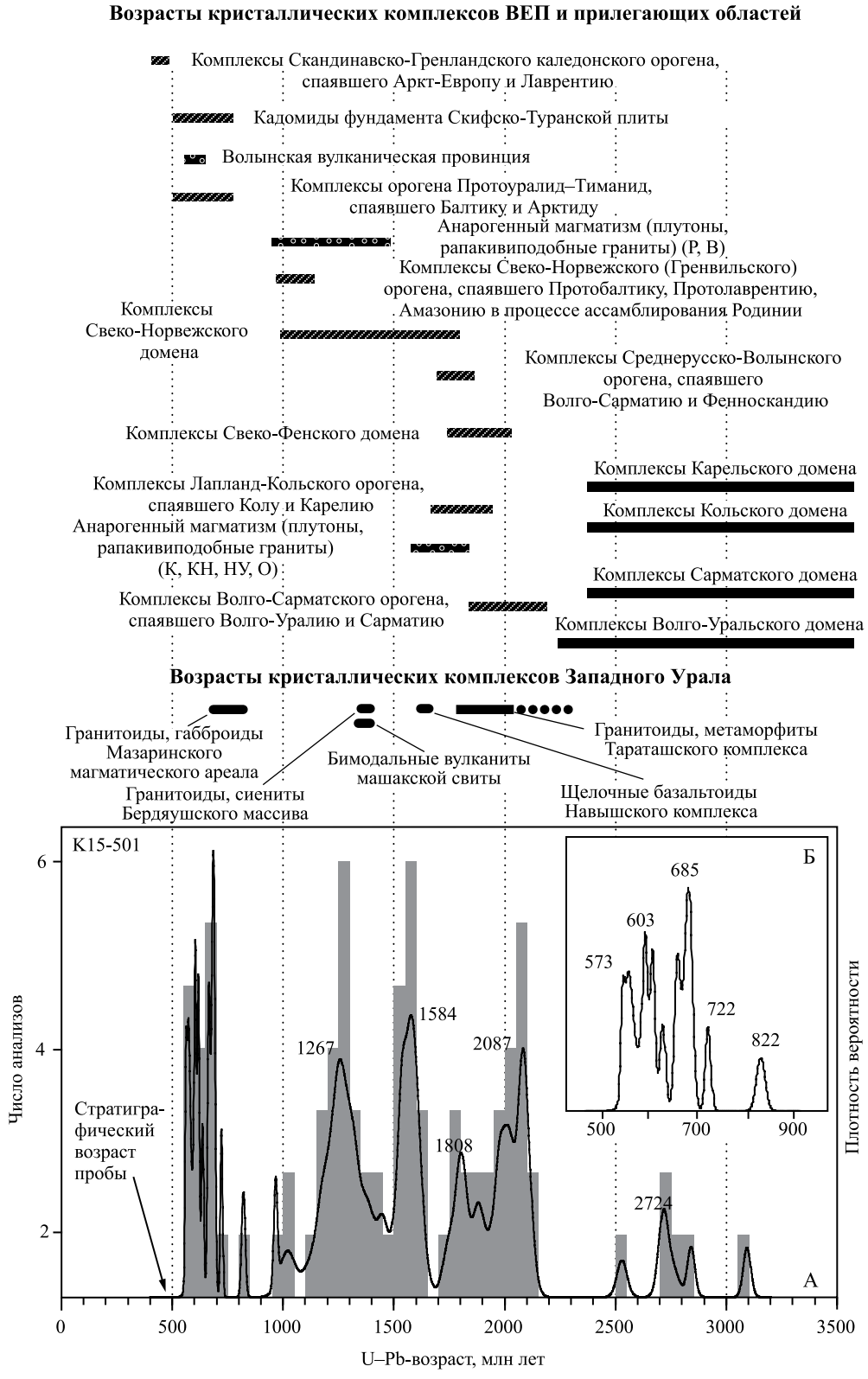

Рис. 3. Гистограмма и график плотности вероятности распределения возрастов детритовых цирконов из пробы K15-501 (А) и детализация графика плотности вероятности для неопротерозойского интервала (Б). Над диаграммой – возрастные диапазоны комплексов, участвующих в строении фундамента ВЕП и структур её обрамления – потенциальных источников сноса ([5, 11] с добавлениями). Анарогенные плутоны: В – Выборгский, К – Коростеньский, КН – Корсунь-Новомиргородский, НУ – Новоукраинский, О – Октябрьский, Р – Рижский.

проведенное нами датирование детритных цирконов из ордовикских песчаников показало, что наряду с раннедокембрийскими цирконами, возрасты которых соответствуют возрастам кристаллических комплексов фундамента ВЕП, зафиксированы многочисленные цирконы с возрастами моложе 1,65 млрд лет, возрасты которых не типичны для возрастов пород фундамента центральной, южной, юго-восточной, восточной частей ВЕП. Действительно в строении этих частей фундамента ВЕП выделяются домены – архейские протократоны Волго-Уралия, Сарматия, Кола, Карелия с возрастами 2,5–3,5 млрд лет, сутурированные позднепротерозойскими орогенами (Волго-Сарматский, Лапланд-Кольский, Волынско-Среднерусский с возрастами 1,65–2,2 млрд лет) [14]. Отметим, что на Западном Урале и в некоторых рифейских авлакогенах на юго-востоке ВЕП (Гусихинский комплекс в Пачелмском авлакогене и др.) известны кристаллические комплексы с возрастами <1,65 млрд лет. Они могли быть источниками единичных цирконов с позднедокембрийскими возрастами из пробы К15-501, однако не могут объяснить весь спектр позднедокембрийских возрастов.

Предыдущими работами показано, что на двух стратиграфических уровнях рифея Башкирского поднятия на Западном Урале фиксируются только детритные цирконы с возрастами >1,65 млрд лет [5, 11], что соответствует породам-источникам только раннедокембрийских комплексов и согласуется с представлениями о том, что снос материала в рифейский бассейн Западного Урала был со стороны Волго-Уральской части ВЕП. Но на более высоких стратиграфических уровнях – вендском [7], ордовикском [6] – как и в пробе К15-501, зафиксированы многочисленные цирконы с мезо-, неопротерозойскими возрастами, не типичными для кристаллического фундамента Волго-Уральской части ВЕП. Потенциальные источники мезо-, неопротерозойских цирконов – комплексы Свеконорвежского домена, Протоуральско-Тиманого орогена, кадомид фундамента Скифско-Туранской плиты (наиболее вероятно) либо комплексы неизвестного корового блока, располагавшегося в венде к востоку от Уральского края ВЕП.

Таким образом, датирование обломочных цирконов из песчаников Соль-Илецкого блока (проба К15-501 из 2-Орд) согласуется с ордовикским возрастом опробованных песчаников, предполагавшимся ранее на основании сейсмостратиграфических и литологических корреляций. Характер распределения возрастов детритовых цирконов свидетельствует о том, что в строении источников сноса существенную роль играли позднедокембрийские кристаллические комплексы, не известные в структуре раннедокембрийского фундамента Волго-Уральской части ВЕП.

Лабораторные исследования выполнены с использованием оборудования, спонсируемого DEST Systemic Infrastructure Grants, ARC LIEF, NCRIS/AuScope, industry partners and Macquarie University и поддержки гранта ARC FT 110100685 (Е.А. Белоусова). Публикация № 889 ARC Centre of Excellence for Core to Crust Fluid Systems (http://www.ccfs.mq.edu.au) и № 1132 GEMOC Key Centre (http://www.gemoc.mq.edu.au). Обработка данных проведена за счет средств РНФ (проект № 14–27–00058), материалы по строению Прикаспия, Урала, ВЕП собраны в соответствии с задачами гранта 14.Z50.31.0017 МОН РФ, подготовка публикации проведена при поддержке РФФИ (проекты № 16–05–00259 и 16–05–00519).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Галимов А. Г., Макарова С. П.* Состав и строение дорифейского фундамента юго-восточной части Волго-Уральской антеклизы. В сб.: Геология и разработка нефтяных и газовых месторождений Оренбургской области. Оренбург: Оренбург. кн. изд-во, 1998. С. 31–37.
2. Геологическое строение и нефтегазоносность Оренбургской области / Под ред. А. С. Пантелеева, Н. Ф. Козлова. Оренбург: Оренбург. кн. изд-во, 1997. 272 с.
3. *Горожанина Е. Н., Горожанин В. М., Кузнецов Н. Б., Романюк Т. В.* Особенности состава и строения терригенных отложений ордовика в разрезах юго-востока Русской платформы и Южного Урала // Геол. сб. 2014. № 11. С. 97–115.
4. *Горожанина Е. Н., Чибрикова Е. В., Олли В. А.* Литология и условия накопления ордовикских отложений юго-востока Русской платформы. В сб.: Приоритетные и инновационные направления литологических исследований. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2012. С. 33–35.
5. *Кузнецов Н. Б., Маслов А. В., Белоусова Е. А., Романюк Т. В., Крупенин М. Т., Горожанин В. М., Горожанина Е. Н., Серегина Е. С., Цельмович В. А.* Первые результаты U–Pb LA–ICP–MS-изотопного датирования обломочных цирконов из базальных уровней стратотипа рифея // ДАН. 2013. Т. 451. № 3. С. 308–313.
6. *Кузнецов Н.Б., Белоусова Е. А., Дегтярев К. Е., Пыжова Е. С., Маслов А. В., Горожанин В. М., Горожанина Е. Н., Романюк Т. В.* Первые результаты U/Pb-датирования детритовых цирконов из верхнеордовикских песчаников Башкирского поднятия (Южный Урал) // ДАН. 2016. Т. 467. № 5. С. 560–565.

7. *Кузнецов Н. Б., Романюк Т. В., Шацилло А. В., Орлов С. Ю., Голованова И. В., Данукалов К. Н., Ипатьева И. С.* Первые результаты массового U/Pb-изотопного датирования (LA–ICP–MS) детритных цирконов из ашинской серии Южного Урала – палеогеографический и палеотектонический аспекты // ДАН. 2012. Т. 447. № 1. С. 73–79.

8. Оренбургский тектонический узел: геологическое строение и нефтегазоносность / Ред. Ю. А. Волож, В. С. Парасына. М.: Науч. мир, 2013. 264 с.

9. *Политыкина М. А., Тюрин А. М., Багманова С. В.* Ордовикские отложения Соль-Илецкого свода и сопредельных участков. В сб.: Прогноз нефтегазоносности фундамента молодых и древних платформ. Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та, 2001. С. 318–321.

10. *Пучков В. Н.* Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.

11. *Романюк Т. В., Маслов А. В., Кузнецов Н. Б., Белоусова Е. А., Ронкин Ю. Л., Крупенин М. Т., Горожанин В. М., Горожанина Е. Н., Серегина Е. С.* Первые результаты U/Pb LA–ICP–MS датирования детритных цирконов из верхнерифейских песчаников Башкирского антиклинория (Южный Урал) // ДАН. 2013. Т. 452. № 6. С. 642–645.

12. *Рязанцев А. В., Дубинина С. В., Кузнецов Н. Б., Белова А. А.* Ордовикские структурно-формационные комплексы в аллохтонах Южного Урала // Геотектоника. 2008. № 5. С. 49–78.

13. *Чибрикова Е. В.* Стратиграфия девонских и более древних палеозойских отложений Южного Урала и Приуралья (по растительным микрофоссилиям). М.: Наука, 1977. 192 с.

14. *Bogdanova S. V., Bingen B., Gorbatschev R., Kheraskova T. N., Kozlov V. I., Puchkov V. N., Volozh Yu. A.* The East European Craton (Baltica) before and during the assembly of Rodinia // Precambr. Res. 2008. V. 160. № 1/2. P. 23–45.

15. *Jackson S. E., Pearson N. J., Griffin W. L., Belousova E. A.* The Application of Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry to *in situ* U–Pb Zircon Geochronology // Chem. Geol. 2004. V. 211. P. 47–69.