

УДК 551.71

## МЕЗОАРХЕЙСКИЕ КИСЛЫЕ ВУЛКАНИТЫ КУРСКОГО БЛОКА, ВОРОНЕЖСКИЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ МАССИВ: СОСТАВ, ВОЗРАСТ И КОРРЕЛЯЦИИ С УКРАИНСКИМ ЩИТОМ

К. А. Савко<sup>1,\*</sup>, член-корреспондент РАН А. В. Самсонов<sup>2</sup>, А. Н. Ларионов<sup>3</sup>

Поступило 22.11.2018 г.

В осадочно-вулканогенных разрезах архейских зеленокаменных поясов Курского блока Восточной Сарматии вместе с метапелитами и метабазитами присутствуют метариолиты. Возраст магматических протолитов метариолитов составляет около 3,12 млрд лет. Положительная величина  $\epsilon Nd(3122) = +0,9$  для метариолита и его модельный возраст  $TNd(DM) = 3,30$  млрд лет, а также возраст унаследованного зерна циркона (3250 млн лет) свидетельствуют об участии более древней коровой компоненты в образовании риолитовых магм. По геохимическим характеристикам метариолиты очень близки к тоналитам и трондьемитам ТТГ-ассоциации с возрастом около 3 млрд лет в обрамлении зеленокаменных поясов Курского блока. Эти данные подтверждают гипотезу об общей геологической истории восточной части Украинского щита и Курского блока в мезоархее.

*Ключевые слова:* метариолиты, мезоархей, Курский блок, U–Pb-геохронология, ТТГ-ассоциация.

**DOI:** <https://doi.org/10.31857/S0869-56524866718-722>

В зеленокаменных поясах, являющихся неотъемлемой частью строения архейских кратонов, сохранились породы, по которым можно реконструировать особенности осадконакопления и вулканизма ранней Земли. Решение этих вопросов одна из приоритетных фундаментальных задач геологии раннего докембрия, решение которой требует накопления надёжной информации о составе, возрасте и происхождении протолитов зеленокаменных ассоциаций различных архейских кратонов. Решение этих задач в пределах Курского блока (КБ), который вместе с Среднеприднепровским и Приазовским блоками Украинского щита (УЩ) рассматривался как единое мезоархейское ядро Восточной Сарматии [1], непростое из-за их метаморфической переработки в ходе дальнейшей истории [2]. Однако такая корреляция архейских доменов УЩ и КБ до сих пор не имеет надёжных изотопно-геохимических и геохронологических обоснований из-за очень слабой геохронологической и петрологической изученности архейских комплексов КБ.

В нашей работе мы обсуждаем первые результаты геохимического изучения и изотопного датирования метариолитов из осадочно-вулканогенного разреза

архейского зеленокаменного пояса в западной части Курского блока привлечением локального метода SIMS.

### ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ И ПЕТРОГРАФИЯ МЕТАРИОЛИТОВ

Курский блок располагается в Восточной части Сарматии (рис. 1а). Это архейская гранит-зеленокаменная область (ГЗО), состоящая из осадочно-вулканогенных поясов петельчатой формы и доминирующих по площади гранито-гнейсовых ареалов (рис. 1а). Нижние части разрезов зеленокаменных областей сложены метаморфизованными породами коматиит-базальтовой формации михайловской серии, которые сменяются вверх по разрезу толеитовыми метабазальтами с ограниченным количеством прослоев метатерригенных пород, кислых метавулканитов и пород железисто-кремнистой формации (ЖКФ) [5–7]. В обрамлении зеленокаменных поясов, располагаются массивы тоналит-трондьемит-гранодиоритовой (ТТГ) ассоциации, которые объединяются в салтыковский комплекс с возрастом 2,96–3,03 млрд лет [8] и обширные поля палеоархейских (?) гнейсов и мигматитов обоянского комплекса.

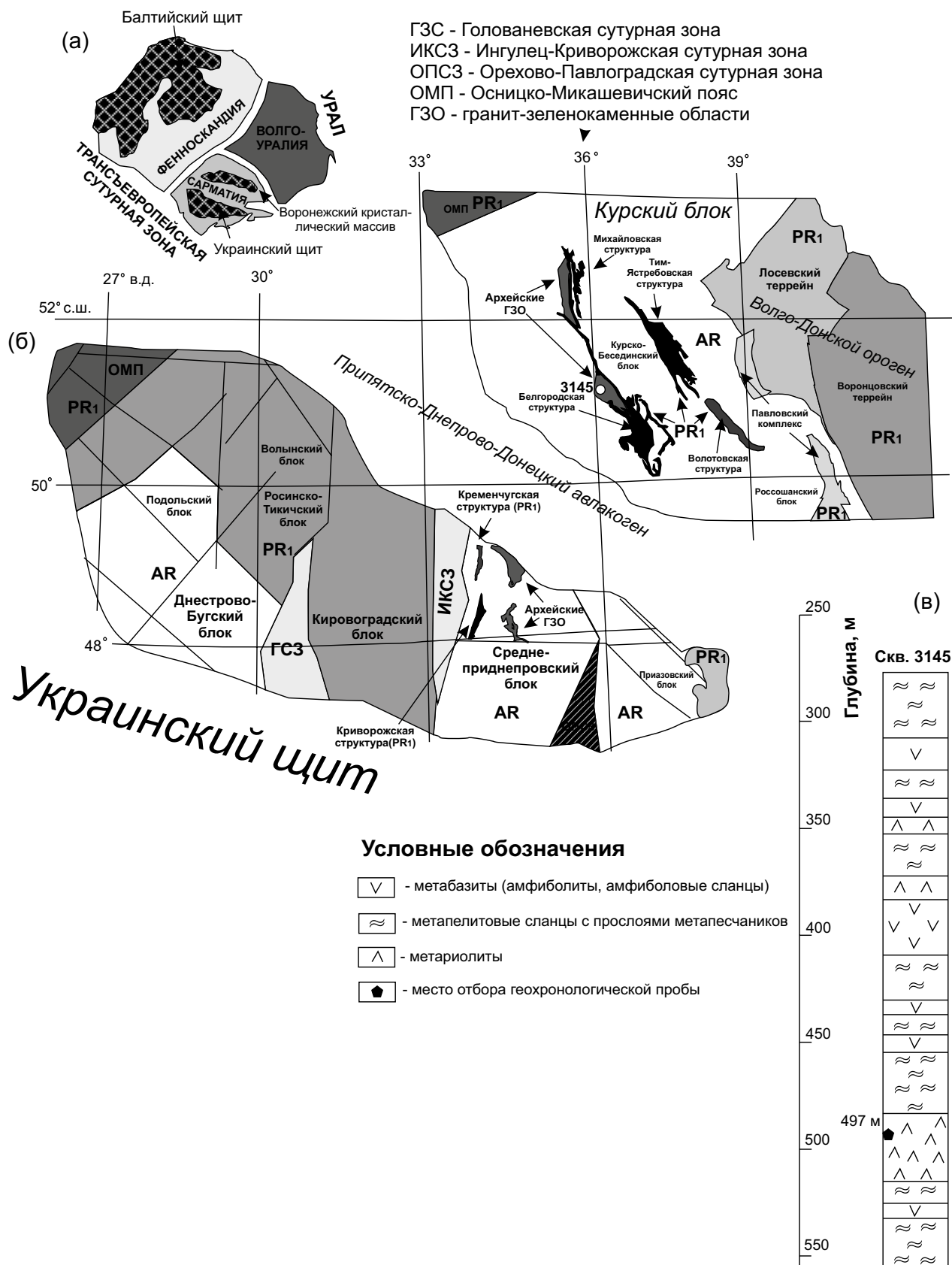
Наиболее представительный разрез кислых метавулканитов вскрыт скважиной 3145 в пределах Тарасовских аномалий в Западной части КБ (рис. 1а). Метариолиты слагают прослой среди метатепелитовых сланцев, метапесчаников и метабазитов (рис. 1б) и иногда содержат обломки метапелитовых сланцев, что может указывать на туфогенную природу этих

<sup>1</sup> Воронежский государственный университет, Воронеж

<sup>2</sup> Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской Академии наук, Москва

<sup>3</sup> Центр изотопных исследований Всероссийского геологического института им. А.П. Карпинского, Санкт-Петербург

\* E-mail: ksavko@geol.vsu.ru



**Рис. 1.** (а) Схематическая структурная карта Сарматии, составленная по [3] для Украинского щита и по собственным материалам для Воронежского кристаллического массива. (б) Схема сегментов Восточно-Европейского кратона по [4]. (в) Геологическая колонка по скважине, 3145, вскрывшей метариолиты.

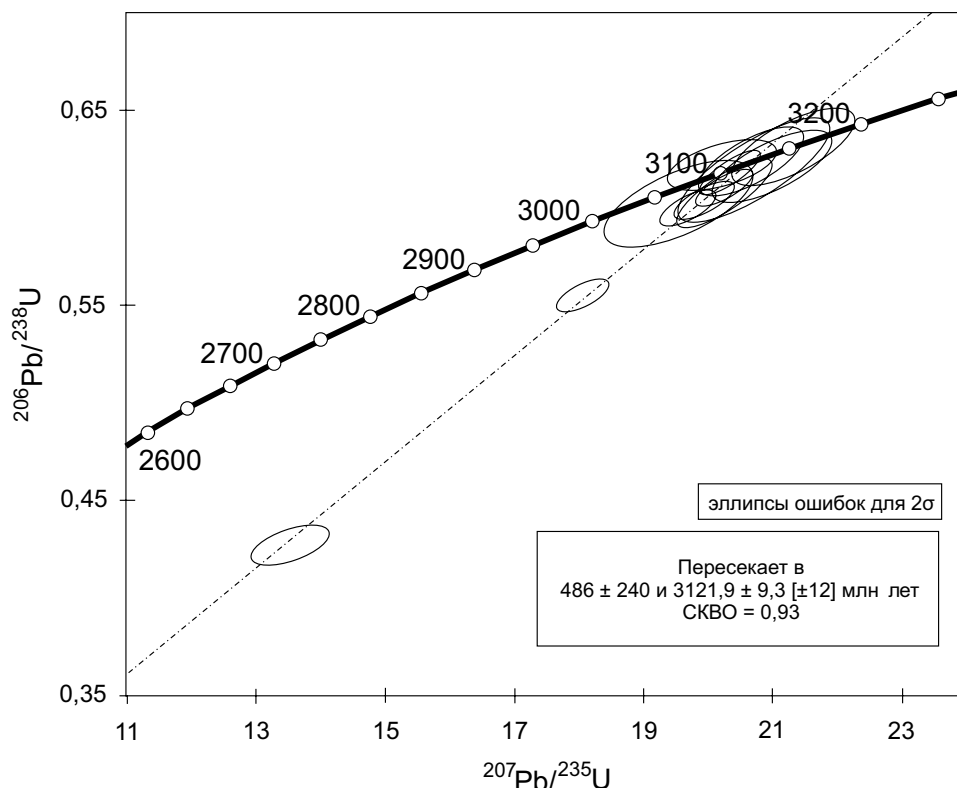


Рис. 2. Результаты U–Pb-датирования метариолитов Курского блока.

пород. Степень метаморфизма пород соответствует эпидот-амфиболитовой фации [7].

Метариолиты – светло-серые массивные и слабо рассланцованные породы с порфировой структурой. Фенокристы размером 2–3 мм иногда до 5 мм составляют до 20% объёма породы и представлены кварцем (10%), плагиоклазом (8%) и микроклином (2%). Основная мелкозернистая масса породы представлена равномернозернистым агрегатом зёрен кварца (25–30%), альбита (35–40%), микроклина (5%) и биотита (5%). Акцессорные минералы представлены апатитом, цирконом, турмалином, сульфидами, вторичные – хлоритом, эпидотом, мусковитом.

**U–Pb-геохронология по цирконам.** Цирконы в пробе 3145/497 – идиоморфные и субидиоморфные зёрна размером 100–300 мкм и шириной 50–150 мкм, как правило, слегка округлой формы. В зёрнах наблюдаются концентрические и радиальные трещины, вероятнее всего, образовавшиеся вследствие метамиктизации. Присутствуют твердофазные включения. В катодолюминесценции видна структура роста – тонкая концентрическая осцилляторная зональность. Иногда границы зон роста криволинейные «округлые», что может указывать на эпизоды частичного растворения в процессе роста, но явных унаследованных ядер не выявлено. Структурные и морфологические признаки указывают на магмати-

ческую природу циркона и практическое отсутствие значительных наложенных событий.

В пробе 3145/497 было выполнено 16 анализов в 12 зёрнах, анализировались и центральные и краевые (незональные) части. Одно призматическое зерно циркона, оказалось унаследованным, хотя по морфологии оно мало отличается от остальных, за исключением невыраженной осцилляторной зональности в вершинах призм. Все результаты на графике с конкордией аппроксимируются единой линией регрессии (рис. 2). Невысокая девиация точек от линии регрессии (СКВО = 0,93) предполагает минимальное воздействие докембрийских процессов на данные цирконы. Возраст по верхнему пересечению с конкордией (13 анализов) составляет  $3122 \pm 9$  млн лет. Значения, полученные по нижним пересечениям дискордии, учитывая сложную историю пород, вероятнее всего не имеют геологического смысла.

Унаследованное зерно циркона проанализировано в краевой и центральных частях, для которых получены близкие значения возраста по  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  3252 и 3240 млн лет соответственно.

**Геохимия.** Содержания  $\text{SiO}_2$  в зависимости от количества кварцевых вкрапленников сильно варьируются от 66 до 75 мас.% (среднее 70,9 мас.%).

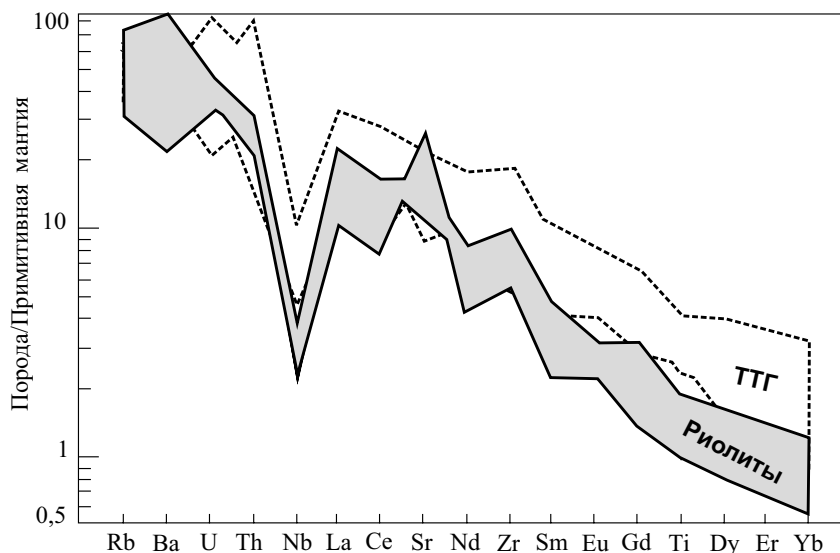


Рис. 3. Распределение малых и редких элементов в мезоархейских метариолитах и ТТГ Курского блока.

Также широкие вариации установлены и для содержаний  $\text{Al}_2\text{O}_3$  11,3–16,8 мас. % (среднее 14,3 мас. %). По индексу  $\text{A/CNK}$  (0,8–1,3, среднее 1,1) составы метариолитов попадают в пограничную область умеренно глинозёмистых и насыщенных глинозёмом пород. Содержания железо-магнезиальных оксидов повышенные ( $\text{FeO}_t + \text{MgO} + \text{MnO} + \text{TiO}_2 = 3,8\text{--}7,7$  мас. %), при умеренной железистости ( $X_{\text{Fe}} = 0,43\text{--}0,57$ ). Их значения обратно пропорциональны содержаниям  $\text{SiO}_2$ . Все образцы обогащены Na ( $\text{Na}_2\text{O} = 3,2\text{--}5,7$  мас. %) с  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 1,3\text{--}3,9$ .

В широких пределах варьируют довольно высокие содержания Sr (84–175 г/т, среднее 117) и Ni (36–96 г/т, среднее 50). Метариолиты характеризуются довольно низкими концентрациями высокозарядных Zr — 63–111 г/т (среднее 81 г/т), Nb 1,6–2,6 г/т; Ta — 0,12–0,22 г/т; Y 3,1–7,6 г/т и редкоземельных элементов  $\Sigma\text{REE}$  32–67 г/т. Распределение REE фракционированное с резким преобладанием LREE над HREE ( $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{cn}} = 13\text{--}30$  (рис. 3)). Явные Eu-аномалии отсутствуют ( $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,8\text{--}1,4$ ). Содержания литофильных элементов широко изменяются. Можно отметить пониженные концентрации Rb (19–47 г/т), повышенные Sr (347–539 г/т). Кроме того, метариолиты КБ имеют высокие значения отношения  $\text{Sr}/\text{Y} = 53\text{--}156$ , которое в сочетании с сильным фракционированием REE говорит о достаточно глубинном гранат-равновесном зарождении кислых магм.

Широкие вариации петрогенных элементов (особенно  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) и необычно высокие для метариолитов концентрации Sr и Ni, возможно, связаны с присутствием в их туфогенных протолитах пелитовой и/или базитовой примеси, диагностика кото-

рой петрографическими методами затруднена из-за наложенного метаморфизма.

Положительная величина  $\epsilon\text{Nd}(3122) = +0,9$  для метариолита образца 3145/497 и его Sm–Nd-модельный возраст  $T_{\text{Nd}}(\text{DM}) = 3,30$  млрд лет (на 180 млн лет древнее, чем U–Pb-возраст 3,12 млрд лет протолитов этих пород), а также возраст унаследованного зерна циркона (3250 млн лет) свидетельствуют об участии более древней коровой компоненты в образовании риолитовых магм.

По петрохимическим характеристикам и распределению редких и редкоземельных элементов изученные метариолиты очень близки к тоналитам и трондьемитам ТТГ-ассоциации КБ с возрастом около 3 млрд лет (рис. 3), массивы которых находятся в гранито-гнейсовом обрамлении зеленокаменных поясов.

**Выводы.** Магматические протолиты метариолитов архейского зеленокаменного пояса КБ образовались около 3,12 млрд лет назад. По геохимическим характеристикам и изотопному составу Nd они очень близки к ТТГ КБ, но сформировались на 100 млн лет раньше.

Палеотектонические реконструкции Сарматии [1] предполагают, что архейские зеленокаменные пояса УЩ должны иметь продолжение и в пределах КБ. Действительно, в Верховцевской гранит-зеленокаменной структуре Среднеприднепровского блока в вулканогенных разрезах присутствуют метариолиты и метадациты с возрастом 3,12 млрд лет с  $\epsilon\text{Nd}(T) = +0,6\text{--}(+1,2)$  и очень близкими геохимическими характеристиками [12, 13]. Таким образом, гипотеза об общей геологической истории Восточ-

ной части УЩ и КБ в мезоархее находит изотопно-геохронологические и изотопно-геохимические подтверждения.

**Источник финансирования.** Работа поддержана Госзаданием ИГЕМ РАН.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Shchipansky A.A., Bogdanova S.V.* // *Tectonophysics*. 1996. V. 268. P. 109–125.
2. *Savko K.A., Samsonov A.V., Kotov A.B., Sal'nikova E.B., Korish E.H., Larionov A.N., Anisimova I.V., Bazikov N.S.* // *Precambrian Res.* 2018. V. 311. P. 1–23.
3. *Bogdanova S., Gorbatshev R., Grad M., Guterch A., Janik T., Kozlovskaya E., Motuza G., Skridlait E. G., Starostenko V., Taran L.* *Geol. Soc. London*, 2006. V. 32. P. 599–628.
4. *Gorbatshev R., Bogdanova S.* // *Precambrian Res.* 1993. V. 64. P. 3–21.
5. *Крестин Е.М., Юдина В.В.* // *Бюлл. МОИП.* 1988. Т. 63. Вып. 3. С. 89–102.
6. *Бочаров В.Л., Фролов С.М., Плаксенко А.Н., Левин В.Н.* *Ультрамафит-мафитовый магматизм гранит-зеленокаменной области КМА.* Воронеж: Изд-во ВГУ, 1993. 176 с.
7. *Савко К.А., Пилюгин С.М., Новикова М.А.* // *Вестн. Воронежского ун-та, сер. геол.* 2004. № 2. С. 111–126.
8. *Савко К.А., Самсонов А.В., Ларионов А.Н., Корши Е.Х., Базиков Н.С.* // *ДАН,* 2018. Т. 478. № 3. С. 335–341.
9. *Larionov A.N., Andreichev V.A., Gee D.G.* // *Mem. Geol. Soc. London.* 2004. V. 30. P. 69–74.
10. *Steiger R.H., Jager E.* // *Earth and Planet. Sci. Lett.* 1976. V. 36. № 2. P. 359–362.
11. *Stacey J.S., Kramers I.D.* // *Earth and Planet. Sci. Lett.* 1975. V. 26. № 2. P. 207–221.
12. *Samsonov A.V., Zhuravlev D.Z., Bibikova E.V.* // *Int. Geol. Rev.* 1993. V. 35. P. 1166–1181.
13. *Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н.* *Геохронология раннего докембрия Украинского щита (архей)* // Киев: Наукова Думка, 2004.

## MESOARCHEAN SILICIC VOLCANICS OF THE KURSK BLOCK, VORONEZH CRYSTALLINE MASSIF: COMPOSITION, AGE AND CORRELATION WITH THE UKRAINIAN SHIELD

**K. A. Savko<sup>1</sup>, Corresponding Member of the RAS A. V. Samsonov<sup>2</sup>, A. N. Larionov<sup>3</sup>**

Received November 22, 2018

<sup>1</sup> *Voronezh State University, Russian Federation*

<sup>2</sup> *Institute of Geology, Petrography, Mineralogy, and Geochemistry of Ore Deposits, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

<sup>3</sup> *Karpinsky Russian Geological Research Institute, St. Petersburg, Russian Federation*

Rhyolites and basite rocks are present in the Archaean greenstone belts of the Kursk Domain (KD) of the East Sarmatia. The rhyolite age is  $3122 \pm 9$  Ma (zircons, SIMS). A positive  $\epsilon_{\text{Nd}}(3122) = +0.9$  for rhyolites and their Sm-Nd model age  $T_{\text{Nd}}(\text{DM}) = 3300$  Ma as well as the age of the inherited zircon (3250 Ma) testifies to the participation of the more ancient crust component in the formation of rhyolite magmas. In geochemistry, rhyolites are very close to the TTG of the KD with an age 2.96–3.03 Ga. In the Middle Dnieper granite – greenstone area there are rhyolites and dacites with an age of 3.12 Ga with  $\epsilon_{\text{Nd}}(T) = +0.6 - (+1.2)$  and very close geochemical characteristics. Thus, the hypothesis of a common geological history of the eastern part of Ukrainian Shield and KD in Mesoarchean is confirmed.

**Keywords:** metariolites, mesoarchean, Kursky block, U–Pb geochronology, TTG association