

УДК 551.71/72

ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СОСТАВА ГИДРОСФЕРЫ В ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЕ САРМАТИИ

К. А. Савко^{1*}, А. Б. Кузнецов², И. М. Васильева²,
М. Ю. Овчинникова¹

¹ Воронежский университет (Университетская пл., 1, Воронеж, Россия, 394018),
*ksavko@geol.vsu.ru

² Институт геологии и геохронологии докембрия РАН (наб. Макарова, 2, Санкт-Петербург,
Россия, 199034)

В карбонатных породах Курского блока Сарматии зафиксированы свидетельства глобальных пертурбаций в атмосфере и гидросфере Земли. Доломиты роговской свиты формировались на пассивной континентальной окраине и характеризуются хондритовым Y/No отношением, отсутствием аномалий Ce^* , значениями $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$, типичными для морских карбонатов неорархей и раннего палеопротерозоя. Следовательно, их накопление происходило до великого окислительного события (GOE). Известняки тимской свиты контрастно отличаются отрицательными аномалиями Ce^* , суперхондритовым Y/No отношением и аномально высокими значениями $\delta^{13}\text{C}$ от 10,4 до 12,1 ‰ V-PDB. Из этого следует, что карбонаты тимской свиты формировались после GOE во время события Ятулий-Ломагунди. Их Pb-Pb возраст 2233 ± 8 млн лет близок к его нижней границе.

Ключевые слова: Сарматия; палеопротерозой; карбонатные породы

Для цитирования: Савко К. А., Кузнецов А. Б., Васильева И. М., Овчинникова М. Ю. Изотопно-геохимические свидетельства глобальных изменений состава гидросферы в палеопротерозое Сарматии // Труды Карельского научного центра РАН. 2022. № 5. С. 120–123. doi: 10.17076/geo1679

К. А. Savko^{1*}, A. B. Kuznetsov², I. M. Vasilyeva², M. Yu. Ovchinnikova¹.
ISOTOPE GEOCHEMISTRY EVIDENCE FOR GLOBAL CHANGES IN SARMATIA
HYDROSPHERE COMPOSITION DURING THE PALEOPROTEROZOIC

¹ Voronezh State University (1 Universitetskaya Sq., 394018 Voronezh, Russia),
*ksavko@geol.vsu.ru

² Institute of Precambrian Geology and Geochronology, Russian Academy of Sciences
(2 Nab. Makarova, 199034 St. Petersburg, Russia)

Carbonate rocks of the Kursk block of Sarmatia reveal evidence of global perturbations in the atmosphere and hydrosphere of the Earth. Dolomites of the Rogovskaya

Formation accumulated on the passive continental margin and are characterized by a chondrite Y/Ho ratio, absence of Ce* anomalies, and $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ values typical of Neoproterozoic and Early Paleoproterozoic marine carbonates. Therefore, their accumulation took place before the GOE. Limestones of the Tim Formation are contrastingly distinguished by having negative Ce* anomalies, a superchondrite Y/Ho ratio, and abnormally high values of $\delta^{13}\text{C} = 10.4$ to 12.1 ‰ V-PDB. It follows that carbonates of the Tim Formation were formed after the GOE during the Yatuli-Lomagundi event. Their Pb-Pb age of 2233 ± 8 Ma is close to its lower boundary.

Keywords: Sarmatia; Paleoproterozoic; carbonate rocks

For citation: Savko K. A., Kuznetsov A. B., Vasilyeva I. M., Ovchinnikova M. Yu. Isotope geochemistry evidence for global changes in Sarmatia hydrosphere composition during the Paleoproterozoic. *Trudy Kareli'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2022;5:120–123. doi: 10.17076/geo1679

С начала палеопротерозоя ($\approx 2,5$ – $2,1$ млрд лет) в истории Земли стали происходить важные изменения в окислительно-восстановительной обстановке атмосферы и гидросферы: рост концентрации свободного кислорода (великое окислительное событие, GOE), резкое увеличение содержания изотопа ^{13}C в карбонатных породах (Ломагунди-Ятулийское событие), глобальные оледенения [Schidlowski et al., 1976; Karhu, Holland, 1996]. Это время также известно как период затухания тектонических процессов и длительного развития континентальной коры в обстановках пассивных окраин, когда накапливались мощные толщи железисто-кремнистых формаций (ЖКФ) и формировались карбонатные платформы [Condie et al., 2009]. Эти глобальные изменения проявлены и в кратоне Сарматия.

В Курско-Криворожском бассейне Сарматии доломиты роговской свиты перекрывают ЖКФ. Завершает разрез палеопротерозоя тимская свита, которая разделяется на две толщи – нижнюю, где преобладают углеродистые сланцы и присутствуют карбонаты, и верхнюю, с широко развитыми метабазами с возрастом $\approx 2,1$ млрд лет [Tsybulyaev et al., 2021]. Все породы подверглись складчатости и метаморфизму зеленосланцевой фации с возрастом $\approx 2,07$ млрд лет.

В доломитах роговской свиты отсутствует отрицательная Ce-аномалия ($\text{Ce}/\text{Ce}^* = 0,94$ – $0,98$) и отмечается положительная аномалия Eu ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 1,3$ – $2,0$). Значения отношения Y/Ho (26 – 34) близки к хондритовому ($\text{Y}/\text{Ho} = 32$). Для известняков тимской свиты характерна отрицательная Ce-аномалия ($\text{Ce}/\text{Ce}^* = 0,55$ – $0,72$), отсутствие Eu-аномалии ($\text{Eu}/\text{Eu}^* \approx 1$) и суперхондритовое Y/Ho отношение (44 – 51). Таким образом, тимские известняки контрастно отличаются отрицательными

Ce*-аномалиями, отсутствием Eu-аномалий и суперхондритовым Y/Ho отношением.

Отсутствие отрицательной Ce*-аномалии в доломитах роговской свиты и наличие ее в тимских известняках предполагает их формирование в различных окислительных условиях: до и после накопления в атмосфере и гидросфере свободного кислорода (GOE).

Значения $\delta^{13}\text{C}$ изотопного состава углерода в доломитах роговской свиты – от $0,3$ до $3,0$ ‰ V-PDB. От них контрастно отличаются известняки тимской свиты аномально высокими значениями $\delta^{13}\text{C}$ – от $6,0$ ‰ в кровле разреза до $10,4$ – $12,1$ ‰ V-PDB в остальной его части. Такие высокие значения содержания тяжелого изотопа углерода четко указывают, что формирование карбонатных пород происходило во время Ломагунди-Ятулийского события в период $2,22$ – $2,06$ млрд лет назад.

Состав $\delta^{18}\text{O}$ в доломитах роговской свиты от $(-5,1)$ до $(-10,0)$ близко соответствует изотопному составу кислорода палеопротерозойских доломитов $(-8,1) \pm 2,5$ ‰ [Veizer et al., 1992]. Почти такие же значения зафиксированы в известняках тимской свиты $\delta^{18}\text{O} = (-9,5) - (-13,7)$ ‰ V-PDB. Поэтому карбонатные породы тимской и роговской свит являются типичными представителями морских карбонатов раннего палеопротерозоя.

Определение возраста накопления палеопротерозойских карбонатов в Курском блоке представляет сложную задачу из-за отсутствия в разрезах кислых вулканитов, содержащих минералы-геохронометры. В настоящее время известны два изотопно-геохронологических репера: 1) возраст внутриплитных риолитов $2,61$ млрд лет [Savko et al., 2019], на коре выветривания которых залегают терригенные породы стойленской свиты, согласно сменяющиеся мощными ЖКФ коробковской свиты, и 2) возраст базальтов тимской свиты

2,1 млрд лет [Tsybulyaev et al., 2021]. Полмиллиарда лет – огромный интервал для развития палеопротерозойского осадочного бассейна, который требует детализации. Для этой цели для известняков тимской свиты была рассчитана Pb-Pb изохрона по четырем точкам, соответствующая возрасту 2233 ± 8 млн лет (СКВО = 0,43).

Исследования палеопротерозойских карбонатных отложений в Курском блоке позволили сделать следующие выводы: 1) карбонатные породы роговской свиты формировались на пассивной континентальной окраине. В них отмечается хондритовое Y/No отношение, отсутствуют отрицательные Se_{SN} - и проявлены положительные Eu_{SN} -аномалии. Изотопные характеристики $\delta^{13}C$ и $\delta^{18}O$ отвечают типичным морским карбонатам неорхей и раннего палеопротерозоя, и их накопление происходило до GOE; 2) известняки тимской свиты контрастно отличаются от роговских карбонатов отрицательными аномалиями Se^* , суперхондритовым Y/No отношением и аномально высокими значениями $\delta^{13}C$ от 10,4 до 12,1 ‰ V-PDB. Из этого следует, что карбонаты тимской свиты формировались после GOE во время Ломагунди-Ятулийского события. Pb-Pb возраст 2233 ± 8 млн лет близок к его нижней границе.

Литература

Цыбуляев С. В., Савко К. А., Самсонов А. В., Кориш Е. Х. Палеопротерозойские рифтогенные вулканы OIB- и MORB-типов Курского блока Восточной Сарматии: петрология и геодинамика // Петрология. 2021. Т. 29, № 2. С. 136–171. doi: 10.31857/S0869590321020060

Condie K. C., O'Neill C., Aster R. Evidence and implications for a widespread magmatic shutdown for 250 My on Earth // Earth and Planet. Sci. Lett. 2009. Vol. 282. P. 294–298. doi: 10.1016/j.epsl.2009.03.033

Karhu J. A., Holland H. D. Carbon isotopes and the rise of atmospheric oxygen // Geology. 1996. Vol. 24(10). P. 867–870.

Savko K. A., Samsonov A. V., Kholina N. V., Lariov A. N., Zaitseva M. V., Korish E. H., Bazikov N. S., Terentiev R. A. 2.6 Ga high-Si rhyolites and granites in the Kursk Domain, Eastern Sarmatia: Petrology and application for the Archaean palaeocontinental correlations // Precambrian Res. 2019. Vol. 322. P. 170–192. doi: 10.1016/j.precamres.2019.01.006

Schidlowski M., Eichmann R., Junge C. E. Carbon isotope geochemistry of the Precambrian Lomagundi carbonate province, Rhodesia // Geochim. Cosmochim. Acta. 1976. Vol. 40. P. 449–455.

Veizer J., Clayton R. N., Hinton R. W. Geochemistry of Precambrian carbonates: IV. Early Paleoproterozoic (2.25 ± 0.25) seawater // Geochim. Cosmochim. Acta. 1992. Vol. 56, no. 3. P. 875–885.

References

Condie K. C., O'Neill C., Aster R. Evidence and implications for a widespread magmatic shutdown for 250 My on Earth. *Earth and Planet. Sci. Lett.* 2009;282:294–298. doi: 10.1016/j.epsl.2009.03.033

Karhu J. A., Holland H. D. Carbon isotopes and the rise of atmospheric oxygen. *Geology*. 1996;24(10):867–870.

Savko K. A., Samsonov A. V., Kholina N. V., Lariov A. N., Zaitseva M. V., Korish E. H., Bazikov N. S., Terentiev R. A. 2.6 Ga high-Si rhyolites and granites in the Kursk Domain, Eastern Sarmatia: Petrology and application for the Archaean palaeocontinental correlations. *Precambrian Res.* 2019;322:170–192. doi: 10.1016/j.precamres.2019.01.006

Schidlowski M., Eichmann R., Junge C. E. Carbon isotope geochemistry of the Precambrian Lomagundi carbonate province, Rhodesia. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 1976;40:449–455.

Tsybulyaev S. V., Savko K. A., Samsonov A. V., Korish E. H. Paleoproterozoic OIB- and MORB-type rift volcanics of the Kursk Block, Eastern Sarmatia: petrology and geodynamics. *Petrology*. 2021;29(2):114–147. doi: 10.1134/S0869591121020065

Veizer J., Clayton R. N., Hinton R. W. Geochemistry of Precambrian carbonates: IV. Early Paleoproterozoic (2.25 ± 0.25) seawater. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 1992;56(3):875–885.

Поступила в редакцию / received: 22.08.2022; принята к публикации / accepted: 25.08.2022.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Савко Константин Аркадьевич

д-р геол.-мин. наук, заведующий кафедрой, профессор

e-mail: ksavko@geol.vsu.ru

Кузнецов Антон Борисович

чл.-корр. РАН, д-р геол.-мин. наук, директор

e-mail: antonbor9@mail.ru

CONTRIBUTORS:

Savko, Konstantin

Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Head of Department, Professor

Kuznetsov, Anton

RAS Corr. Fellow, Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Director

Васильева Ирина Михайловна

научный сотрудник

e-mail: vasilievaim@yandex.ru

Овчинникова Марина Юрьевна

старший преподаватель

e-mail: ovchinnikova@geol.vsu.ru

Vasilyeva, Irina

Researcher

Ovchinnikova, Marina

Senior Lecturer