

УДК 552.581; 551.77; 551.87
DOI 10.5281/zenodo.7256256

АНОМАЛИИ РТУТИ В ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩАХ ПЕРИОДА РАННЕПАЛЕОГЕНОВЫХ ГИПЕРТЕРМАЛЬНЫХ СОБЫТИЙ В ЗАУРАЛЬЕ

MERCURY ANOMALIES ACROSS EARLY PALEOGENE HYPERTERMAL EVENTS PERIOD IN THE TRANS-URALS

СМИРНОВ ПАВЕЛ ВИТАЛЬЕВИЧ,
*кандидат геолого-минералогических наук,
Тюменский государственный университет.*

SMIRNOV PAVEL VITALIEVICH,
*candidate of geology-mineralogical sciences,
University of Tyumen.*

В работе приведены первые данные по диагностике вулканогенных процессов по средствам геохимического индикатора Hg/TOC в трех осадочных секциях в Зауралье из приграничных отложений палеоцена-эоцена. Материалами для исследований послужили 110 образцов из трех разрезов в палеогеновых отложениях в Среднем Зауралье (в административном отношении – территория Свердловской и Курганской областей). В изученных породах установлены значительные ртутные аномалии в течение этого временного интервала, что позволяет предположить, что приуроченность отложений к палеоцен-эоценовому термическому максимуму и высокую роль магматизма в этом глобальном потеплении.

The paper presents the first data on the diagnosis of volcanogenic processes by means of the geochemical indicator Hg/TOC in three sedimentary sections in the Trans-Urals from Paleocene-Eocene boundary deposits. The materials for the research were 110 samples from three sections in Paleogene deposits in the Middle Trans-Urals (administratively, the territory of the Sverdlovsk and Kurgan regions). Significant mercury anomalies were found in the studied rocks during this time interval, which suggests that the sediments are confined to the Paleocene-Eocene thermal maximum and the high role of magmatism in this global warming.

Ключевые слова: *ртуть, вулканизм, палеоген, диатомит, палеоцен, эоцен, палеоцен-эоценовый термический максимум, Зауралье.*

Key words: *mercury, volcanism, Paleogene, diatomite, Paleocene, Eocene, Paleocene-Eocene thermal maximum, Trans-Urals.*

Раннепалеогеновое время (от палеоцена до среднего эоцена) характеризуется доминированием теплых климатических трендов и восстановлением биоты после мелового кризиса и циклической сменой уровней высокого и низкого стояния вод в трансгрессивно-регрессивной ритмике [1; 2]. Изучение раннепалеогеновых отложений неизменно привлекает внимание исследователей по всему миру по причине существования теплой биосферы и целого ряда гипертермальных событий, наиболее крупным из которых является катастрофическое событие на границе палеоцена и эоцена.

Значительный опыт геохимических исследований последних лет позволил предложить методику использования аномалий ртути в осадочных летописях в качестве индикатора периодов большой вулканической активности [10]. В современных отложениях устанавливается сильная положительная корреляция между содержанием ртути (Hg) и общим органическим углеродом [3; 7; 10].

Следовательно, резкое увеличение отношения Hg/ТОС интерпретируется как косвенный признак усиления вулканической активности. Такие аномалии были предложены в качестве индикатора вулканизма для нескольких крупных палеоэкологических перестроек в истории Земли [4; 6; 8; 10; 11]. Недавнее исследование с использованием стратотипического разреза глобальной границы палеоцена-эоцена в Дабабии (Египет) показала сильную аномалию Hg/ТОС в пределах палеоцен-эоценового термического максимума (Paleocene–Eocene Thermal Maximum, PETM) отрицательной экскурсии изотопного углерода (Negative Carbon Isotope Excursion, nCIE), по которым обычно и диагностируют это глобальное потепление [6]. Указанный метод получает широкое применение в качестве косвенного признака для оценки роли вулканизма как причинного механизма для PETM. Целью работы является диагностика вулканогенных процессов по средствам геохимического индикатора Hg/ТОС в трех осадочных секциях в Зауралье в приграничных отложениях палеоцена-эоцена.

Материалы и методы

Материалами для исследований послужили 110 образцов из трех разрезов в палеогеновых отложениях в Среднем Зауралье (в административном отношении – территория Свердловской и Курганской областей). Лабораторно определены концентрации ртути в пробах из скважины Алапаевский-15, скважины Ирбитская 1, разреза Першинского карьера. В стратиграфическом отношении отложения отвечают серовской свите палеоцена (P_{1sr}) и ирбитской свите эоцена (P_{1ir}).

Основным лабораторным методом является атомно-абсорбционная спектрометрия на приборе РА-915М (Lumex) с приставкой РП-91С по методике М-03-09-2013 «Методика измерений массовой доли общей ртути в пробах почв, грунтов, глин, промышленных и бытовых твердых отходов и донных отложений атомно-абсорбционным методом с использованием анализатора ртути РА-915М». Нижний предел обнаружения метода – 5 нг/г (ppb). Для определения изотопного состава углерода органического происхождения в образцах пород используется изотопный масс-спектрометр Delta V Plus (ThermoFisher Scientific, Германия) с приставкой Flash HT в режиме постоянного потока. Для проведения анализа из образца удаляется карбонатная составляющая. Образцы растворялись в печи микроволнового разложения в смеси концентрированных азотной, соляной и плавиковой кислот. Далее для полученного раствора проводили процедуру борной нейтрализации (перерастворение выпадающих в осадок фторидов). Для контроля в серии образцов снимаются стандарты МАГАТЭ: USGS-40, представляющий собой L-глутаминовую кислоту с известным изотопным соотношением углерода, и IAEA-CN-7, представляющий собой полиэтиленовую пленку с известным изотопным соотношением углерода.

Нормализация Hg к ТОС дает возможность получить достоверные данные, предотвратив погрешности, связанные с ассоциацией органических соединений с ртутью [10]. Именно поэтому для корректности расчета использована нормализация содержания ртути к ТОС.

Результаты

Высокоамплитудные пики Hg/ТОС диагностируются во всех трех изученных разрезах. В разрезе скв. Алапаевский 15 фиксируются четыре примерно соразмерные пики Hg(ppb)/ТОС (wt %): два соответственно выше и два ниже литологической границы диатомитов и опок, которая с большими допущениями можно принимать за границу палеоцена и эоцена. В Першинском разрезе пики Hg(ppb)/ТОС (wt %) ассоциированы с опокowymi про- слоями, а в нижней части пики более высокоамплитудные, чем в верхней. В Ирбитской скв.

1, вскрыта однородная толща глинистых диатомитов с отдельными линзовидными прослоями песчано-алевритового материала. В разрезе скважины отмечены четыре высокоамплитудных пика Hg/ТОС – на уровне 41,0, 23,0, 17,0 и 3,0 м, каждый последующий пик более значительный, чем предыдущий. Абсолютные величины стремятся и даже несколько превышают 100. Между крупными пиками заключены 6 малых – 35, 29, 23, 15, 10 и 7 м. Амплитудные пики ртути в нижней части разреза отсутствуют. При этом хорошо выраженные аномалии пСIE установлены в разрезе Ирбитской и Алапаевской скважин.

Обсуждение

Существует два основных механизма внедрения NAIP, влияющих на цикл Hg: (1) эффузивный и эксплозивный вулканизм и (2) взрывные гидротермальные жерловые комплексы, выделяющие газы, образовавшиеся в результате контактного метаморфизма богатых органическими веществами отложений.

Следует отметить, что содержания ртути в образцах из Ирбитской, Алапаевской скважин и Першинского разреза отличаются в несколько раз. Диагностированные в двух иных разрезах – Першинском и Алапаевском – пики ртути в целом демонстрируют сходное распределение по разрезу, однако много менее амплитудные, чем в Ирбитском разрезе.

В разрезе скв. Ирбитская 1 по данным изотопной кривой углерода существенный и устойчивый сдвиг наблюдается на глубине 46-37 м в более вышележащих горизонтах кривая все дальше отклоняется в область отрицательных значений. Такой тренд сохраняется вплоть до верхних интервалов профиля. Принимая во внимание, что по данным Т.В. Орешкиной (ГИН РАН) возраст нижней толщи *Hemiaulus proteus*, которую мы ассоциируем, собственно, с РЕТМ (70-36 м) и зона *Coscinodiscus payeri* (35- 1 м).

Интервал выше 36-37 м рассматривался нами, как отвечающий изменениям, имевшим относительно пролонгированный характер – это и есть предполагаемый интервал РЕТМ (данные Смирнова П.В., Орешкиной Т.В.). Несколько ниже и локализован первый крупный пик Hg/ТОС– который отвечает первой фазе активизации вулканической деятельности в Североморском регионе и которому приписывается роль триггера РЕТМ. Схожая конфигурация, по данным [5], наблюдается в разрезе на Шпицбергене, а верхние высокоамплитудные пики уже характеризуют даже не стадию Recovery и период Post-РЕТМ, и могут даже относиться к иным гипертермальным событиям раннего эоцена. Сразу за первым высокоамплитудным пиком Hg/ТОС следует смена комплекса кремнистой биоты и индексов-видов.

Полученные данные по Hg/ТОС и конфигурация полученных кривых имеет много общего с изученными секциями РЕТМ в североморском регионе, что указывает на генетическую близость установленных в них аномалий и сформировавших их механизмов. Указанную особенность стоит рассматривать как закономерной, т.к. эти морские бассейны между собой активно общались в палеогене).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 19-35-60004.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Akhmetev M.A., Zaporozhets N.I., Iakovleva A.I., Aleksandrova G.N., Beniamovsky V.N., Oreshkina T.V. Comparative analysis of marine paleogene sections and biota from West Siberia and the Arctic Region // Stratigraphy and Geological Correlation. 2010. 18. V. 6. P. 635–659. <https://doi.org/10.1134/S0869593810060043>.
2. Amon E.O. Factors and conditions of accumulation of Paleogene biogenic silicites in Western Siberia // Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Geological Series. 2019. 93. V. 4. P. 51-67.

3. Gehrke G.E., Joel D.B., Meyers P.A. The geochemical behavior and isotopic composition of Hg in a mid-Pleistocene western Mediterranean sapropel // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2009. № 7. V. 6. P. 1651-1665. DOI: 10.1016/j.gca.2008.12.012.
4. Grasby S.E., Sanei H., Beauchamp B., Chen Z. Mercury deposition through the Permo-Triassic Biotic Crisis // *Chemical Geology*. 2013. 351. P. 209-216. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2013.05.022>.
5. Jones M. T., Percival L.M.E., Stokke E.W., Frieling J., Mather T.A., Lars Riber, Schubert B.A., Bo Schultz, Christian Tegner, Sverre Planke and Henrik H. Svensen. Mercury anomalies across the Palaeocene–Eocene Thermal Maximum // *Climate of the Past*. 2019. V. 15. P. 217-236. <https://doi.org/10.5194/cp-15-217-2019>.
6. Keller G., Mateo P., Punekar J., Khozyem H., Gertsch B., Spangenberg J., Bitchong A., Adatte T. Environmental changes during the cretaceous-Paleogene mass extinction and Paleocene-Eocene thermal maximum: Implications for the Anthropocene // *Gondwana Research*. 2018. № 56. P. 69-89. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2017.12.002>
7. Otridge P.M., Sanei H., Stern G.A., Hamilton P.B., Goodarzi F. Evidence for control of mercury accumulation rates in Canadian high arctic lake sediments by variations in aquatic primary productivity // *Environmental Science and Technology*. 2007. 41. P. 5259–5265. <https://doi.org/10.1021/es070408x>.
8. Percival L.M.E., Ruhl M., Hesselbo S.P., Jenkyns H.C., Mather T.A., Whiteside J.H. Mercury evidence for pulsed volcanism during the end-Triassic mass extinction // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2017. № 114. P. 7929-7934. <https://doi.org/10.1073/pnas.170537811>.
9. Percival L.M.E., Jenkyns H.C., Mather T.A., Dickson A.J., Batenburg S.J., Ruhl M., Hesselbo S.P., Barclay R., Jarvis I., Robinson S.A., Woelders L. Does Large Igneous Province volcanism always perturb the mercury cycle? Comparing the records of Oceanic Anoxic Event 2 and the end-Cretaceous to other Mesozoic events // *American Journal of Science*. 2018. 318. P. 799-860.
10. Sanei H., Stephen E. Grasby, Beauchamp B. Latest Permian mercury anomalies // *Geology*. 2012. 40. 1. P. 63-66. doi: <https://doi.org/10.1130/G32596.1>.
11. Thibodeau A.M., Ritterbush K., Yager J.A., West A.J., Ibarra Y., Bottjer D.J., Berelson W.M., Bergquist B.A., Corsetti F. A. Mercury anomalies and the timing of biotic recovery following the end-Triassic mass extinction // *Nature Communications*. 2016. 7. P. 11147. <https://doi.org/10.1038/ncomms11147>.

© Смирнов П.В., 2022.