

АНОМАЛЬНЫЕ СОДЕРЖАНИЯ $\delta^{13}\text{C}$ В ВЕРХНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПРЕДУРАЛЬСКОГО ПРОГИБА

М. И. Закиров, Р. Х. Сунгатуллин

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань

Поступила в редакцию 28 января 2015 г.

Аннотация: обобщены данные по изотопному составу углерода в каменноугольных и пермских породах Предуральского прогиба. Здесь встречаются аномалии $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ до -16% , образование которых, возможно, связано с потеплениями климата в самый холодный период фанерозоя. Одной из причин палеоклиматических изменений могут быть и вземные процессы, связанные с периодичностью (~ 18 млн лет) движения Солнечной системы в Галактике и метеоритными бомбардировками Земли. Подтверждением космических событий являются магнетитовые микросферы в осадочных породах.

Ключевые слова: изотопы углерода, аномалия, каменноугольный, пермский, Предуральский прогиб, палеоклимат, космическая бомбардировка, магнетитовые микросферы.

ANOMALY DATA $\Delta^{13}\text{C}$ IN UPPER PALEOZOIC DEPOSITS, PRE-URALIAN FOREDEEP

Abstract: here there are anomalies $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ to -16% , the formation of which is possibly due to climate warming during the coldest period of the Phanerozoic. One of the reasons paleoclimatic changes may be extraterrestrial processes associated with the frequency (~ 18 million years) motion of the solar system in the galaxy and bombardment of the Earth. Confirmation of cosmic events are magnetite microspheres in sedimentary rocks.

Key words: carbon isotopes, anomaly, Carboniferous, Permian, Pre-Uralian foredeep, paleoclimate, cosmic bombing, magnetite microspheres.

Введение

Известно [1], что в геологических объектах стабильные изотопы углерода фракционируют в зависимости от некоторых природных физических процессов (испарение и конденсация, диффузия ионов, молекул за счет градиентов концентрации и температуры), химических реакций изотопного обмена, а также биогенного фактора. Особый интерес представляют аномальные содержания $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$, которые существенно отличаются от значений для нормально-морских условий ($0-2\%$). Подобные аномалии в породах обычно интерпретируются как изменения глобального баланса между массой органического и неорганического углерода. Так, наиболее тяжелым (положительным) изотопным составом углерода характеризуются осадки эвапоритовых бассейнов [2], в то время как глубоководным отложениям свойственны относительно низкие (отрицательные) величины $\delta^{13}\text{C}$ [3]. В последнее время многие исследователи верхнего палеозоя [4–7 и др.] связывают колебания состава стабильных изотопов, включая углерод, с оледенением Гондваны, которое, возможно, оказало непосредственное влияние на объем захоронения органического углерода в океане и явилось одной из основных причин аномальных значений $\delta^{13}\text{C}$. Часто углеродные аномалии не используются исследователями, т. к. считаются недостоверными [7] или «запретными» для фанерозойских пород [8].

Объекты исследований

В работе проведен анализ содержаний изотопа $\delta^{13}\text{C}$ в каменноугольных и нижнепермских породах Стерлитамакского (южного) сегмента Предуральского прогиба (рис. 1). Использованы оригинальные изотопные результаты по разрезам Усолка и Басу [9, 10], а также материалы предшественников по разрезам Усолка, Дальний Тюлькас и Кондууровский [4, 7, 11, 12]. Данные разрезы характеризуются непрерывностью седиментации, большим распространением карбонатов, детально изучены литологическими и биостратиграфическими методами [7, 12–15 и др.].

Обсуждение результатов

Сравнение изотопных данных для пород Предуральского прогиба с глобальной углеродной шкалой [16] и результатами в других регионах [4–6, 11] позволяет отметить крайне низкие значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (до -16%) в изученном районе (рис. 2, 3). Подобные аномальные значения нельзя связать с вторичными изменениями пород, т. к. последние здесь не выявлены [7, 9, 10, 12, 14], что подтверждается и отсутствием положительной связи между стабильными изотопами (см. рис. 3). В верхнепалеозойских отложениях Предуральского прогиба намечается существенное облегчение изотопов $\delta^{13}\text{C}$ от древних к молодым образованиям. Так, для нижне- и среднекаменноугольных пород характерны значения $\delta^{13}\text{C}$ до -4% , тогда как в нижнепермских отложениях они достигают -16% (см. рис. 2).

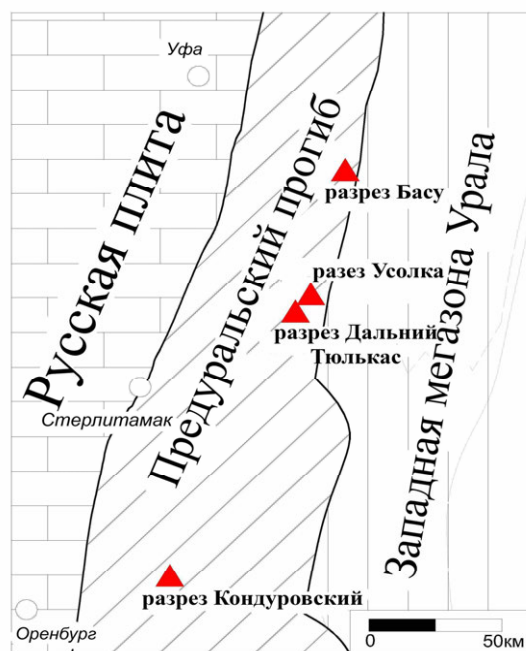


Рис. 1. Объекты изотопных исследований.

Аномальные значения $\delta^{13}\text{C}$ получены в разных лабораториях [7, 10, 12] и вполне согласуются друг с другом, что может свидетельствовать об их корректности. Ранее возможными причинами

аномалий $\delta^{13}\text{C}$ в Предуралье рассматривались глубоководные условия осадконакопления, местные климатические и тектонические особенности [4, 15], а также общее похолодание климата на границе карбона и перми [6, 7]. С. Т. Нельсоном и С. М. Риттером [12] для аномалии углерода в разрезе Усолка была предложена гипотеза о внедрении большого объема окисленных органических веществ в растворенный неорганический углерод Уральского палеобассейна в условиях ограниченного сообщения с открытым океаном, а Зенг с соавторами [7] предположили наличие метановых выбросов на дне морского палеобассейна. Причиной аномалий $\delta^{13}\text{C}$ могла являться связь с окисленным органическим веществом при процессах сульфатредукции [2], широко развитых в регионе.

На рубеже московского и касимовского ярусов в разрезе Усолка отмечается кратковременное облегчение изотопного состава углерода (до $-7,6\text{‰}$), что обусловлено резкой сменой климатических условий и изменением литологического облика. Так, в касимовских и гжелских отложениях доля известняков и доломитов в разрезе Усолка существенно сокращается [14, 15], и, преимущественно, карбонатное осадконакопление, присущее бассейну позднемосковского времени, сменяется терригенным (глинисто-аргиллитовым). Возможно, это связано с изменениями климата во время позднепалеозойского гляциала (см. рис. 2).

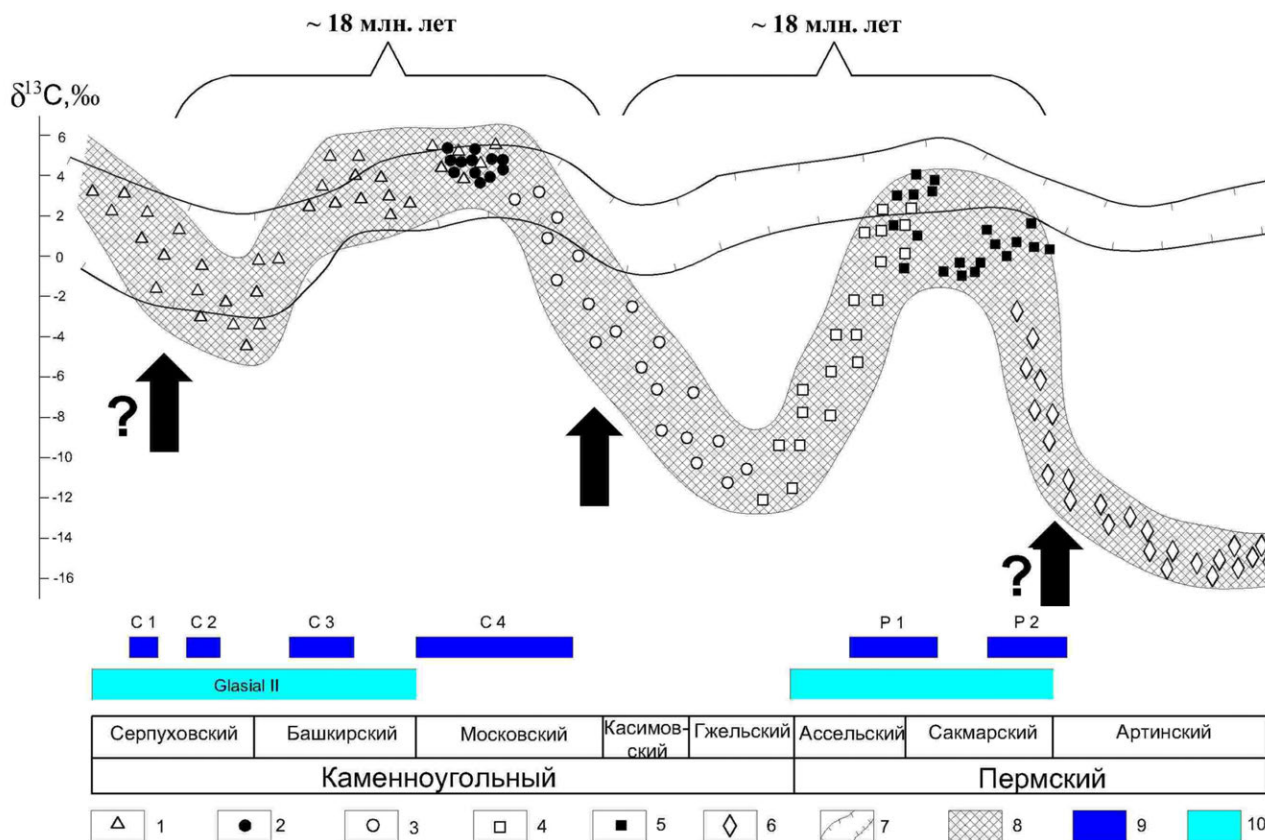


Рис. 2. Отрицательные аномалии $\delta^{13}\text{C}$ в верхнепалеозойских отложениях Предуральского прогиба: 1 – данные по Предуральскому прогибу [4–6]; 2, 3 – оригинальные данные по разрезам: 2 – Басу; 3 – Усолка; 4–6 данные предшественников по разрезам: 4 – Усолка [7, 12], 5 – Кондуровский [7], 6 – Дальний Тюлькас [7]; 7, 8 – тренды: 7 – глобальная углеродная шкала [18]; 8 – Предуральский прогиб; 9, 10 – гляциальные периоды: 9 – по [19]; 10 – по [20]. Стрелками указаны интервалы выпадения космической пыли в виде магнетитовых микросфер.

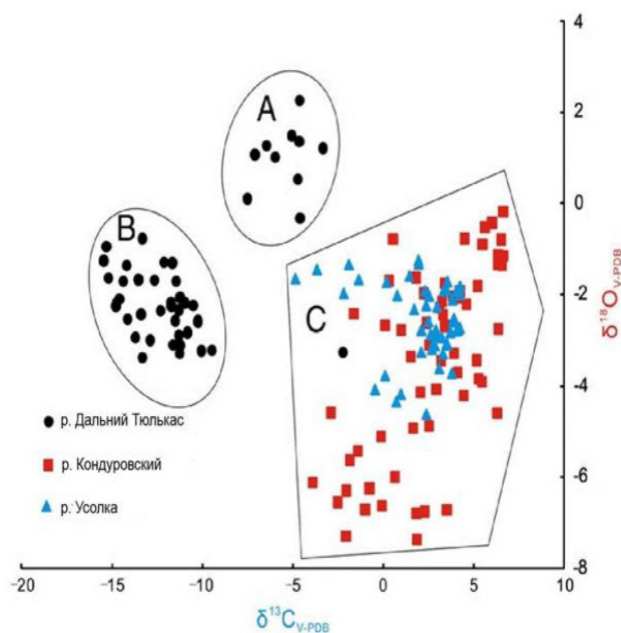
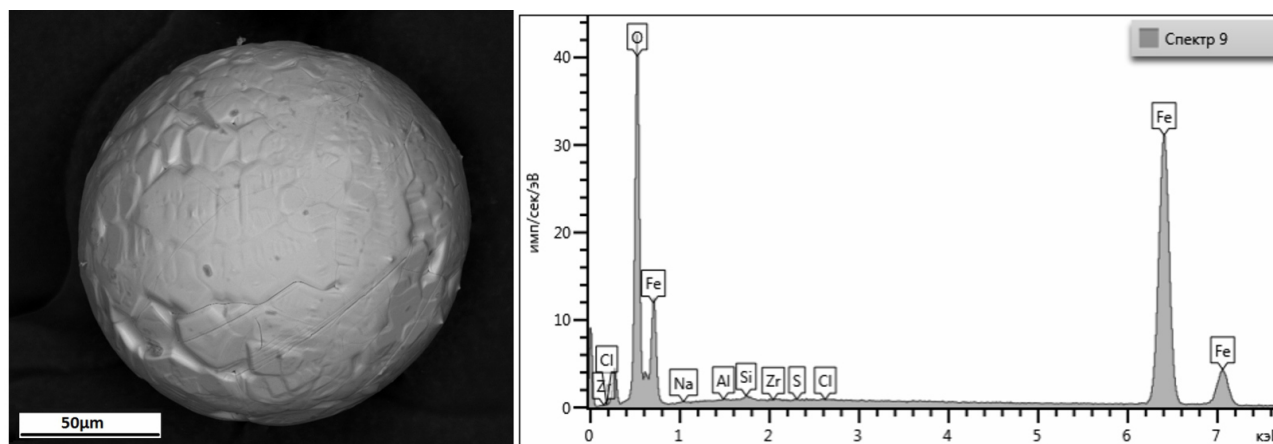


Рис. 3. Распределение изотопов углерода и кислорода в разрезах Предуральского прогиба, по [7].

Ранее было установлено [15, 16], что некоторые космические явления, наряду с земными процессами, могут оказывать влияние на изменения изотопного состава углерода. Проведенное исследование по распределению микросферических частиц размером до 0,5 мм в разрезе Усолка [17] может являться свидетельством метеоритной бомбардировки и выпадения космической пыли на границе московского и касимовского веков (рис. 2, 4). На основе совпадения уровня концентрации микросфер («космических шариков») с отрицательными аномалиями углерода нами выдвинуто предположение, что выпадения космической пыли за счет метеоритной бомбардировки могли быть в середине серпуховского яруса и на границе сакмарского-артинского ярусов (см. рис. 2). Необходимо отметить, что металлические (преимущественно, магнетитового состава) микросферы формируются в результате не только космических процессов при абляции метеоритного вещества в земной атмосфере. Так, например, некоторые исследователи считают [21], что подобные идеальные микросферы могут быть связаны с флюидными эманациями в осадочных толщах.



Элемент	O	Na	Al	Si	S	Cl	Fe	Zr
Содержание элемента, вес. %	22,52	0,19	0,10	0,24	0,04	0,03	76,66	0,22

Рис. 4. Энерго-дисперсионный спектр и состав магнетитовой микросферы. Разрез Усолка, граница московского и касимовского ярусов. Анализ выполнен в КФУ на микроскопе «MERLIN» Carl Zeiss. Аналитики Ю. Н. Осин и В. В. Воробьев.

С учетом последней версии Международной хроностратиграфической шкалы [22] и данных абсолютного датирования цирконов из разрезов Предуральского прогиба [23], временная разница между космическими событиями и их климатическими откликами в изученном регионе могла составлять от первых сотен тысяч лет до 1–2 миллионов лет. На углеродной шкале Предуралья четко выделяются 3 минимума $\delta^{13}C$ (см. рис. 2), которые приходятся на интервалы 325–326, 306–308, 290–291 млн лет назад. Все аномалии относятся к самому экстремально холодному периоду в фанерозойской летописи – 290–330 млн лет назад [24], с которым, в свою очередь, связывают «серпуховское» (323,2 млн лет назад) и «стефанское» (298,9 млн лет назад) вымирания фауны [25]. При этом на границе серпуховского и башкирского веков

произошло вымирание 15 % биоты, которое возможно связано с импактным событием [26]. На протяжении последующих 70 млн лет (до пермско-триасового рубежа) отсутствуют свидетельства образования на Земле крупных импактных кратеров с диаметром более 9 км. Скорее всего, это связано с недоизученностью в настоящее время свидетельств космических событий в палеозое, по сравнению с мезозоем и кайнозоем, а также с исчезновением (вследствие процессов эрозии) с геологическим временем кратеров малого диаметра.

Однако, по мнению [26], не всегда «ледниковые периоды» могут влиять на биотические кризисы, особенно, в морской обстановке. В геологической истории известны события вымирания фауны (например, на границе палеоцена и эоцена), которые сопровождалась потеплением климата. Поэтому

изотопные аномалии в Предуралье, наряду с вышеуказанными палеоклиматическими флуктуациями, возможно, связаны с воздействием внешних космических событий [27, 28] и, в частности, с импактными бомбардировками [15]. Установленный шаг аномальных содержаний $\delta^{13}\text{C}$ (~18 млн лет, рис. 2) отражает, по-видимому, именно влияние космических событий, в частности, периодичность движения Солнечной системы в Галактике [26]. С другой стороны, нельзя исключать влияния на углеродную изотопную систему тектонических особенностей формирования позднепалеозойских отложений Предуральяского прогиба, связанных с углублением уральского палеобассейна [13]. Возможно, что рассмотренные аномальные явления фиксируют подготовку к раннепермской эпохе перестройки Урала и востока Русской плиты в предверии образования здесь крупнейших Верхнекамского и Прикаспийского магний-калиевых бассейнов [29], которые запечатлили наиболее продуктивные этапы галогенеза в геологической истории Земли [30].

Заключение

Таким образом, выдвинута гипотеза о влиянии на изотопный состав углерода в каменноугольных и нижнепермских породах Предуральяского прогиба космических событий, связанных с периодичностью движения Солнечной системы в Галактике, падениями метеоритных тел и выпадением на Землю космической пыли. По наличию в породах магнетитовых микросфер можно предположить, что данные события, наряду с палеоклиматическими, тектоническими и седиментологическими процессами, могли найти отражение в отрицательных супераномалиях $\delta^{13}\text{C}$. По мнению авторов, необходимо продолжить специальные литолого-геохимические, минералогические, палеонтологические, палеомагнитные и космологические исследования по поиску импактных структур в позднепалеозойских отложениях.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фор, Г. Основы изотопной геологии / Г. Фор. – М.: Мир, 1989. – 590 с.
2. Сунгатуллин, Р. Х. Изотопный состав ($\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$) доломитов из пермских эвапоритовых толщ востока Русской плиты (на примере Сюкеевского месторождения гипса) / Р. Х. Сунгатуллин, В. Н. Кулешов, Р. И. Кадыров // Литология и полезные ископаемые. – 2014. – № 5. – С. 432–442.
3. Peryt, T. M. Genesis of evaporite-associated platform dolomites: case study of the Main Dolomite (Zechstein, Upper Permian), Leba elevation, Northern Poland / T. M. Peryt, M. Magaritz // Sedimentology. – 1990. – V. 37, no 4. – P. 745–761.
4. Bruckschen, P. Isotope stratigraphy of the European Carboniferous. Proxy signals for ocean chemistry, climate, and tectonics / P. Bruckschen, S. Oesmann, J. Veizer // Chemical Geology. – 1999. – 161. – P. 127–163.
5. Grossman, E. L. Glaciation, aridification, and carbon sequestration in the Permo–Carboniferous: The isotopic record from low latitudes / E. L. Grossman, T. E. Yancey, T. E. Jones, P. Bruckschen, B. Chuvashov, S. J. Mazzullo, H.-S. Mii // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2008. – 268. – P. 222–233.
6. Mii, Horng-Sheng Isotopic records of brachiopod shells from the Russian Platform – evidence for the onset of mid-Carboniferous glaciations / H.-S. Mii, E. L. Grossman, T. E. Yancey, B. Chuvashov, A. Egorov // Chemical Geology. – 2001. – 175. – P. 133–147.
7. Zeng, J. Carbon isotope chemostratigraphy and implications of palaeoclimatic changes during the Cisuralian (Early Permian) in the southern Urals, Russia / J. Zeng, C. Cao, V. I. Davydov, S.-Z. Shen // Gondwana Research. – 2012. – 21. – P. 601–610.
8. Knauth, L. P. The late Precambrian greening of the Earth / L. P. Knauth, M. J. Kennedy // Nature. – 2009. – 460. – P. 728–732.
9. Закиров, М. И. Изотопия каменноугольных разрезов Башкирского Предуралья / М.И. Закиров, Г.М. Сунгатуллина, Р.Х. Сунгатуллин // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: материалы и доклады 10-й Межрегиональной научно-практической конференции. Уфа, 13–15 мая, 2014 г. – Уфа: ДизайнПресс, 2014. – С. 57–59.
10. Сунгатуллина, Г. М. Изотопный состав углерода каменноугольных отложений разреза Усолка, Южный Урал / Г. М. Сунгатуллина, Р. Х. Сунгатуллин, М. И. Закиров, Б. И. Гареев, Г. А. Баталин // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2014. – № 4. – С. 13–16.
11. Buggisch, W. Carboniferous–Permian carbon isotope stratigraphy of successions from China (Yangtze platform), USA (Kansas) and Russia (Moscow Basin and Urals) / W. Buggisch, X. Wang, A. S. Alekseev, M. M. Joachimski // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2011. – 301. – P. 18–38.
12. Nelson, S. T. A large carbon isotope anomaly at the Carboniferous–Permian boundary: the Usolka River section of Russia / S.T. Nelson, S.M. Ritter // Permophiles. – 1999. – 33. – P. 19–21.
13. Мизенс, Г.А. Верхнепалеозойский флиш Западного Урала / Г. А. Мизенс. – Екатеринбург: УрО РАН, 1997. – 230 с.
14. Чувашиов, Б. И. Опорные разрезы верхнего карбона и нижней перми западного склона Урала и Приуралья / Б. И. Чувашиов, Г. В. Дюпина, Г. А. Мизенс, В. В. Черных. – Свердловск: УрО АН СССР, 1990. – 402 с.
15. Бараш, М. С. Причины и первопричины массовых вымираний биоты в фанерозое / М. С. Бараш // ДАН. – 2012. – Т. 445. – № 4. – С. 424–427.
16. Galli, M. T. Anomalies in global carbon cycling and extinction at the Triassic/Jurassic boundary: evidence from a marine C-isotope record / M. T. Galli, F. Jadoul, S. M. Bernasconi, H. Weissert // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2005. – 216. – P. 203–214.
17. Sungatullina, G. M. Results of the research of the Kasi-movian rocks of the Usolka section, South Ural / G. M. Sungatullina, R. Kh. Sungatullin, V. I. Davydov, O. P. Shilovsky, M. I. Zakirov, B. I. Gareev, G. A. Batalin, E. O. Statsenko // Proceeding of Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting «Carboniferous and Permian Earth systems, stratigraphic events, biotic evolution, sedimentary basins and resources» (October, 20–23 2014). – Kazan, 2014. – P. 91–92.
18. Saltzman, M. R. Carbon Isotope Stratigraphy / M. R. Saltzman, E. Thomas // The Geologic Time Scale. – 2012. – P. 207–232.
19. Fielding, C. R. Stratigraphic imprint of the Late Palaeozoic ice age in eastern Australia: a record of alternating glacial and nonglacial climate regime / C. R. Fielding, T. D. Frank, L. P. Birgenheier, M. C. Rygel, A. T. Jones, J. Roberts // Journal of the Geological Society. – 2008. – 165. – P. 129–140.
20. Isbell, J. L. Timing of Late Paleozoic glaciation in Gond-

wana: was glaciation responsible for the development of northern hemisphere cyclothem? / J. L. Isbell, M. F. Miller, K. L. Wolfe, P. A. Lenaker // Geological Society of America. Special Papers. – 2003. – 370. – P. 5–24.

21. *Енгальчев, С. Ю.* Признаки проявления эндогенных процессов в верхнедевонских отложениях на северо-западе Московской синеклизы и их минерагеническое значение / С. Ю. Енгальчев // Вестник ВГУ. Сер.: Геология. – 2013. – № 1. – С. 75–88.

22. International Chronostratigraphic Chart 2014/10 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-chart-timescale>.

23. *Schmitz, M. D.* Quantitative radiometric and biostratigraphic calibration of the Pennsylvanian–Early Permian (Cisuralian) time scale and pan-Euramerican chronostratigraphic correlation / M. D. Schmitz, V. I. Davydov // Geological Society of America Bulletin. – 2012. – V. 124, № 3–4. – P. 549–577.

24. *Frakes, L. A.* Climates throughout Geologic Time / L. A. Frakes. – Amsterdam, N.Y.: Elsevier Scientific, 1979. – 322 p.

25. *Sepkoski, J. J. (Jr.)* Patterns of Phanerozoic extinction: A

perspective from global data bases / J. J. (Jr.) Sepkoski // Global events and event stratigraphy in the Phanerozoic. Walliser O. H. (ed.). – Berlin–Heidelberg: Springer–Verlag, 1995. – P. 35–52.

26. *Гончаров, Г. Н.* Глобальные повторяющиеся события в истории Земли и движение Солнца в Галактике / Г. Н. Гончаров, В. В. Орлов // Астрономический журнал. – 2003. – Т. 80. – № 11. – С. 1002–1012.

27. *Gillman, M.* The galactic cycle of extinction / M. Gillman, H. Erenler // International Journal of Astrobiology. – 2008. – V. 7. – № 1. – P. 17–26.

28. *Ермаков, В. И.* Влияние космической пыли на климат Земли / В. И. Ермаков, В. П. Охлопков, Ю. И. Стожков // Вестник МГУ. Серия 3: Физика. Астрономия. – 2009. – № 2. – С. 100–102.

29. *Савко, А. Д.* Историко-минерагенический анализ геологического прошлого континентов. Статья 4. Позднергерцинский этап / А. Д. Савко, Л. Т. Шевырёв // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2010. – № 1. – С. 6–29.

30. *Жарков, М. А.* История палеозойского соленакопления / М. А. Жарков. – Новосибирск: Наука, 1978. – 272 с.

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Закиров М. И., аспирант кафедры региональной геологии и полезных ископаемых

E-mail: nejiasit@rambler.ru

Сунгатуллин Р. Х., д. г.-м. н., профессор кафедры региональной геологии и полезных ископаемых

E-mail: Rafael.Sungatullin@kpfu.ru

Kazan (Volga region) Federal University

Zakirov M. I., Ph.D. student of chair of Regional Geology and Mineral Resources

E-mail: nejiasit@rambler.ru

Sungatullin R. Kh., Dr.Sc. in geology, professor of chair of Regional Geology and Mineral Resources

E-mail: Rafael.Sungatullin@ksu.ru