

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ УГЛЕРОДА КАМЕННОУГОЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РАЗРЕЗА УСОЛКА, ЮЖНЫЙ УРАЛ

Г. М. Сунгатуллина, Р. Х. Сунгатуллин, М. И. Закиров, Б. И. Гареев, Г. А. Баталин

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань

Поступила в редакцию 25 августа 2014 г.

Аннотация: представлены первые данные по изотопному составу углерода в каменноугольных породах разреза Усолка. Значения $\delta^{13}C$ изменяются от -9,32 до 3,29 ‰, при этом отложения московского и нижней части касимовского яруса по изотопным данным можно отнести к нормально-осадочным морским карбонатам (- 2...2 ‰). Для верхнекасимовских и гжельских пород характерно резкое облегчение изотопного состава углерода (- 9,32...- 4 ‰), что может указывать на похолодание климата в позднекаменноугольную эпоху в данном регионе.

Ключевые слова: изотопы углерода, каменноугольный, разрез Усолка, Урал, палеоклимат.

THE CARBON ISOTOPIC COMPOSITION UPPER CARBONIFEROUS DEPOSITS SECTION USOLKA, SOUTHERN URALS

Abstract: obtained the first data on the isotopic composition of Carboniferous deposits in section Usolka. $\delta^{13}C$ values range from -9.32 to 3.29 ‰ (PDB), while deposits of Moscovian and the bottom tier Kasimovian on the isotope data can be attributed to the normal-marine sedimentary carbonates (- 2 ... 2 ‰). For Upper Kasimovian and Gzhelian rocks characterized by a sharp relief the carbon isotopic composition (- 9.32 ... - 4 ‰), which may indicate a cooling of the climate Upper Carboniferous in the region.

Key words: carbon isotopes, Upper Carboniferous, section Usolka, Urals.

Введение

В последние годы изучению изотопного состава осадочных толщ (в частности, стабильным изотопам углерода) уделяется большое внимание. Они все чаще применяются для воссоздания палеогеографических обстановок седиментационных бассейнов, выделения трансгрессивно-регрессивных циклов, используются в качестве дополнительного инструмента при корреляции разрезов [1–4 и др.].

Методика эксперимента

В работе приводятся первые данные по изучению $\delta^{13}C$ в каменноугольных породах разреза Усолка на Южном Урале (рис. 1), который характеризуется непрерывностью седиментации, хорошей обнаженностью, обилием конодонтовой фауны. Он детально изучен в биостратиграфическом и литологическом аспектах отечественными и зарубежными учеными [5–9 и др.]. Для исследований использованы преимущественно карбонаты из верхней части московского, касимовского и нижней части гжельского ярусов. Проверка «чистоты» отбора проб для проведения изотопных измерений осуществлялась с помощью описания шлифов под микроскопом и проведения рентгенофлуоресцентного спектрального анализа. Это позволило уточнить состав пород разреза (рис. 2) и качественно отобрать образцы для изотопного анализа.

Исследования $\delta^{13}C$ проводились на анализаторе изотопного состава углерода, общего количества

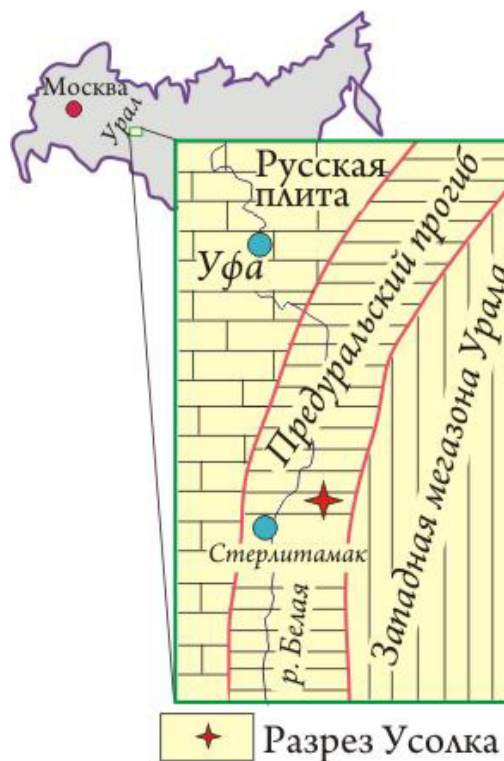


Рис. 1. Местоположение разреза Усолка.

углерода, содержания органического и неорганического углерода в жидких и твердых образцах iТОС-

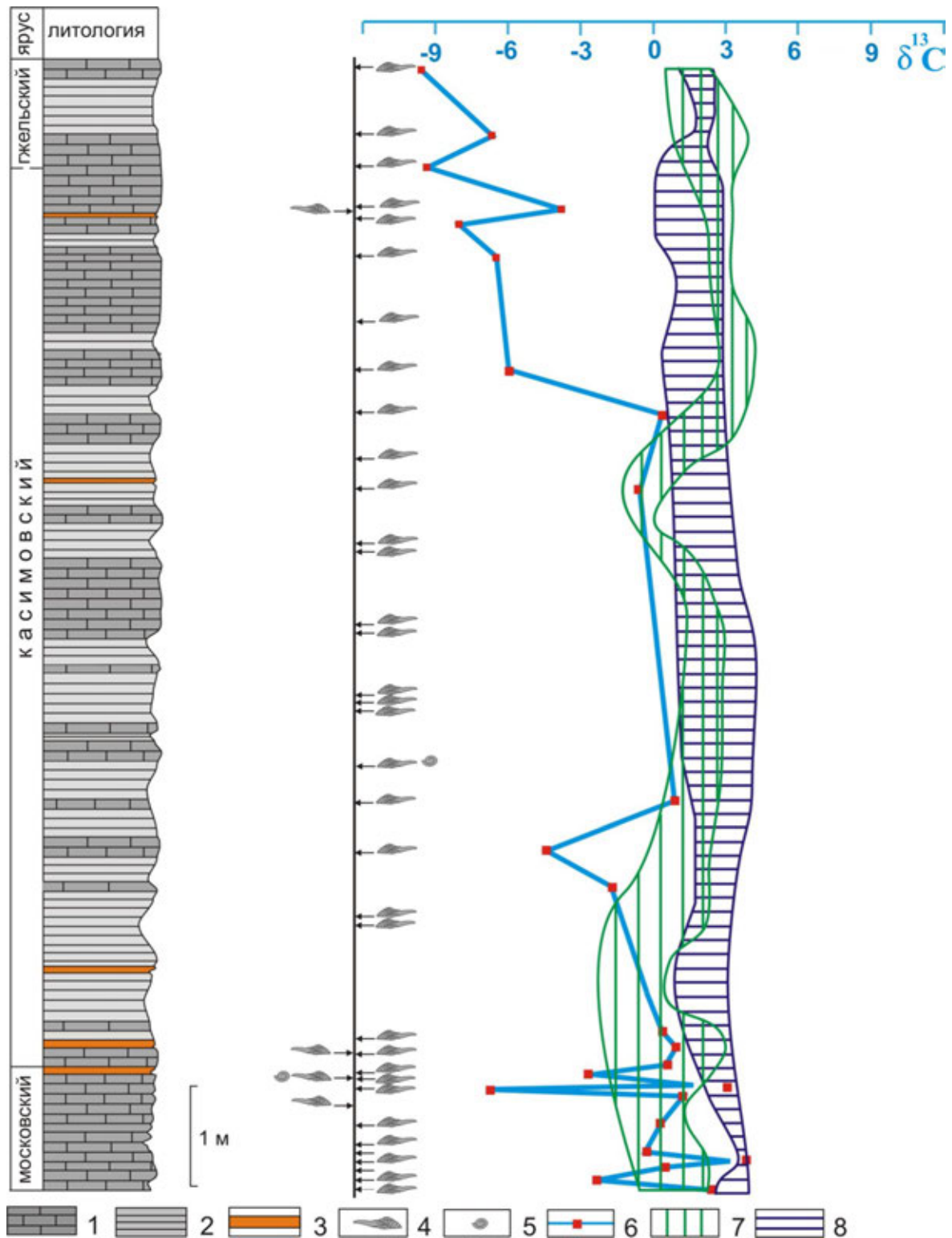


Рис. 2. Распределение значений $\delta^{13}\text{C}$ в разрезе Усолка. 1 – карбонаты, 2 – сланцы, 3 – туфы, 4 – конодонты, 5 – аммониты, 6-8 – распределение $\delta^{13}\text{C}$ в верхнекаменноугольных отложениях: 6 – Усолка, 7 – Подмоскovie [2, 10], 8 – глобальная шкала [4]

CRDS (OI Analytical и Picarro, США) в Казанском федеральном университете. Для проведения анализа образец измельчался, навеска массой 150 мг взвешивалась на аналитических весах с точностью 100 мкг в специальной колбе. Далее добавлялось 3 мл концентрированной очищенной ортофосфорной кислоты, в

результате взаимодействия которой с карбонатами образца происходит выделение углекислого газа. Затем колба с образцом выдерживалась 5 часов при температуре 70°C для наиболее полного извлечения углекислого газа, охлаждалась до комнатной температуры и помещалась в анализатор, где с помощью про-

боотборной иглы аликвота углекислого газа из колбы отправлялась в анализатор углерода и анализатор изотопного соотношения углерода. Значения $\delta^{13}\text{C}$ измерялись в промиллях (‰) относительно стандарта PDB (ростр белемнита из формации Pee Dee меловых отложений Южной Каролины). Точность определения изотопного состава углерода составляет 0,3 ‰.

Обсуждение результатов

Анализ полученных изотопных данных по разрезу Усолка показал (табл. 1), что значения $\delta^{13}\text{C}$ в породах каменноугольного возраста изменяются от -9,32 до 3,29 ‰. Для отложений московского яруса, сложенных в основном известняками, отмечены колебания изотопного состава углерода от -2 до +2 ‰, что характерно для нормально-осадочных морских карбонатов [11]. Известно, что наиболее тяжелым изотопным составом углерода характеризуются осадки прибрежных фаций, образовавшихся в бассейнах с аридными и семиаридными условиями седиментации, в то время как глубоководным отложениям свойственны относительно низкие величины $\delta^{13}\text{C}$ [12]. Наиболее значимое изотопное событие в Усольском разрезе приурочено к границе московского и касимовского ярусов. На данном рубеже отмечается кратковременное облегчение изотопного состава углерода (до -7,6 ‰), что могло быть обусловлено резкой сменой климатических условий седиментации в приграничном интервале, которая отразилась не только на изотопном, но и на ве-

щественном составе пород. Так, в дальнейшем доля известняков и доломитов в разрезе существенно сокращается, и преимущественно карбонатное осадконакопление, присущее морскому мелководному бассейну позднемосковского времени, сменяется терригенным (глинисто-аргиллитовым). Это может быть связано как с начавшимся углублением уральского палеобассейна в конце каменноугольного периода, так и с началом похолодания климата на исследованной территории.

Значения $\delta^{13}\text{C}$ в нижней части касимовского яруса варьируют от -4,9 до +0,88 ‰, что также отвечает осадконакоплению в морских условиях. Вверх по разрезу отмечается постепенное изменение изотопного состава углерода в отрицательную сторону. В целом верхнекасимовские и гжельские породы характеризуются значительно более легким изотопным составом углерода (до -9,32...-4 ‰, см. рис. 2), по сравнению с нижележащими толщами. Образование изотопно-легких (по углероду) карбонатов могло быть следствием продолжившегося похолодания климата в данном регионе в позднекаменноугольную эпоху. Отметим, что в последнее время многие исследователи связывают колебания состава стабильных изотопов (включая и углерод) с позднепалеозойским оледенением, которое, возможно, оказало непосредственное влияние на объем захоронения органического углерода в океане [3, 9, 10, 13 и др.].

Таблица 1

Изотопный состав углерода в каменноугольных породах разреза Усолка

| Номер образца | Краткая характеристика породы | Возраст | $\delta^{13}\text{C}$, ‰ (PDB) |
|---------------|---|------------------|---------------------------------|
| 17,9 | Доломит окремнелый | C ₃ g | -9,18 |
| 17,1 | Доломит известковистый | C ₃ g | -6,61 |
| 16,8 | Доломит известковистый | C ₃ k | -9,32 |
| 16,25 | Доломит окремнелый | C ₃ k | -3,77 |
| 16,2 | Известняк окремнелый | C ₃ k | -8,17 |
| 15,8 | Доломит известковистый | C ₃ k | -6,76 |
| 14,5 | Доломит | C ₃ k | -5,91 |
| 14,05 | Доломит окремнелый | C ₃ k | 0,39 |
| 13,2 | Известняк окремнелый | C ₃ k | -0,41 |
| 10,15 | Доломит окремнелый | C ₃ k | 0,82 |
| 9,8 | Известняк окремнелый | C ₃ k | -4,49 |
| 9,2 | Известняк окремнелый с фосфоритовой галькой | C ₃ k | -1,84 |
| 7,15 | Известняк окремнелый с фосфоритовой галькой | C ₃ k | 0,32 |
| 6,9 | Доломит окремнелый | C ₃ k | 0,88 |
| 6,72 | Доломит окремнелый | C ₃ k | 0,18 |
| 6,69 | Известняк окремнелый | C ₃ k | -2,46 |
| 6,59 | Доломит окремнелый | C ₂ m | 1,65 |
| 6,5 | Доломит окремнелый | C ₂ m | -7,60 |
| 6,49 | Известняк | C ₂ m | 1,08 |
| 6,2 | Известняк | C ₂ m | 0,26 |
| 5,9 | Известняк окремнелый | C ₂ m | -0,10 |
| 5,85 | Доломит окремнелый | C ₂ m | 3,29 |
| 5,7 | Доломит окремнелый | C ₂ m | 0,95 |
| 5,6 | Известняк | C ₂ m | -2,69 |
| 5,5 | Доломит окремнелый | C ₂ m | 2,45 |

Заключение

Таким образом, результаты изучения стабильных изотопов углерода в карбонатах разреза Усолка (с учетом литологических и геохимических данных) показывают, что осадкообразование в московском веке происходило в морском бассейне нормальной солености. С середины касимовского века водоем испытывал постепенное погружение, что, вероятно, связано с началом формирования Предуральяского прогиба. На рубеже касимовского и гжельского веков в разрезе Усолка наблюдается постепенное смещение $\delta^{13}\text{C}$ в сторону отрицательных значений, что может быть обусловлено с изменением палеообстановок осадконакопления в данном регионе, например, с похолоданием климата.

Полученные данные по изотопному составу вполне согласуются с предыдущими исследованиями [8, 9, 11]. Сравнение изотопных данных в касимовских и гжельских карбонатах разреза Усолка с глобальной углеродной шкалой и изотопными данными в стратотипической области развития верхнекаменноугольных отложений – Подмоскowie (рис. 2), позволяет отметить аномально низкие значения $\delta^{13}\text{C}$ в изученном обнажении. Причинами подобной аномалии $\delta^{13}\text{C}$, возможно, являются достаточно глубоководные условия осадконакопления в уральском палеобассейне, местные климатические и тектонические особенности. Нельзя также исключать воздействия вторичных диагенетических процессов на изотопную систему углерода, хотя подобные явления предыдущими исследователями в разрезе Усолка не отмечались [7–9]. Поэтому генетическая интерпретация изотопных данных требует дальнейших более детальных литолого-геохимических и биостратиграфических исследований.

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. 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.
2. 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.

3. 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.

4. Saltzman, M. R. Carbon Isotope Stratigraphy / M. R. Saltzman, E. Thomas // The Geologic Time Scale. – 2012. – P. 207–232.

5. Черных, В. В. Раннегжельские конодонты из группы *Streptognathodus simulator* Elisson (разрез Усолка) / В. В. Черных // Труды ИГГ УрО РАН. – Екатеринбург: Ежегодник-2008. – Вып. 156. – С. 50–54.

6. Черных, В. В. Корреляция верхнекаменноугольных образований Южного Урала, Северной Америки и Китая / В. В. Черных // Труды ИГГ УрО РАН. – Екатеринбург: Ежегодник-2011. – Вып. 158. – С. 41–45.

7. Чувашов, Б. И. Опорные разрезы верхнего карбона и нижней перми западного склона Урала и Приуралья / Б. И. Чувашов, Г. В. Дюпина, Г. А. Мизенс, В. В. Черных. – Свердловск: УрО АН СССР, 1990. – 402 с.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. Мизенс, Г. А. Первые сведения об изотопном составе углерода и кислорода в каменноугольных известняках восточного склона Южного Урала / Г. А. Мизенс, В. Н. Кулешов, Т. И. Степанова // Литосфера. – 2008. – № 4. – С. 104–110.

12. Peryt, T. M. Genesis of evaporate-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.

13. 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.

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Г. М. Сунгатуллина, к. г.-м. н., доцент кафедры палеонтологии и стратиграфии Guzel.Sungatullina@kpfu.ru

Р. Х. Сунгатуллин, д. г.-м. н., профессор кафедры региональной геологии и полезных ископаемых Rafael.Sungatullin@kpfu.ru

М. И. Закиров, аспирант кафедры региональной геологии и полезных ископаемых nejiasit@rambler.ru

Б. И. Гареев, инженер кафедры геофизики и геоинформационных технологий BIGareev@kpfu.ru

Г. А. Баталин, инженер кафедры геофизики и геоинформационных технологий GABatalin@kpfu.ru

Kazan (Volga region) Federal University

G. M. Sungatullina, PhD. in geology, associate professor of chair of paleontology and stratigraphy Guzel.Sungatullina@kpfu.ru

R. Kh. Sungatullin, Dr.Sc. in geology, professor of chair of regional geology and mineral resources Rafael.Sungatullin@ksu.ru

M. I. Zakirov, Ph.D. student of chair of regional geology and mineral resources nejiasit@rambler.ru

B. I. Gareev, Engineer of chair of Geophysics and Geoinformation Technologies BIGareev@kpfu.ru

G. A. Batalin, Engineer of chair of Geophysics and Geoinformation Technologies GABatalin@kpfu.ru