

УДК 551.72:562+550.42(571.56)

НИЖНЯЯ ГРАНИЦА КЕМБРИЯ В ЦЕНТРАЛЬНЫХ РАЙОНАХ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ: НОВЫЕ ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Борис Борисович Кочнев

ФГБУН Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр-т Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории палеонтологии и стратиграфии докембрия, тел. (383)333-33-29, e-mail: kochnevbb@ipgg.sbras.ru

Борис Глебович Покровский

ФГБУН Геологический институт Российской академии наук, 119017, Россия, г. Москва, Пыжевский пер., 7, доктор геолого-минералогических наук, зав. лабораторией, тел. (495)951-94-57, e-mail: pokrov@ginras.ru

Наталья Валентиновна Новожилова

ФГБУН Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр-т Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории палеонтологии и стратиграфии палеозоя, тел. (383)335-64-22, e-mail: novozhilovanv@ipgg.sbras.ru

Галина Алексеевна Карлова

ФГБУН Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр-т Академика Коптюга, 3, научный сотрудник лаборатории палеонтологии и стратиграфии докембрия, тел. (383)333-33-29, e-mail: sokolovalv@ipgg.sbras.ru

Получены новые биостратиграфические и изотопно-геохимические данные для карбонатных толщ переходных от венда к кембрию в ряде скважин центральных районов Сибирской платформы. Показано, что основание томмотского яруса проходит вблизи подошвы юряхской свиты в верхней части даниловского горизонта.

Ключевые слова: Сибирская платформа, венд, кембрий, геохимия стабильных изотопов, мелкороковинные окаменелости.

LOWER BOUNDARY OF CAMBRIAN SYSTEM IN THE CENTRAL AREAS OF SIBERIAN PLATFORM: NEW ISOTOPE-GEOCHEMICAL AND PALAEOLOGICAL CONSTRAINTS

Boris B. Kochnev

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 630090, Russia, Novosibirsk, Acad. Koptug av., 3, Ph. D., Senior Researcher of Laboratory of Precambrian paleontology and stratigraphy, tel. (383)333-33-29, e-mail: kochnevbb@ipgg.sbras.ru

Boris G. Pokrovsky

Geological Institute of Russian Academy of Sciences, 119017, Russia, Moscow, Pyzhevsky per., 7, Dr. Sci., Head of the Laboratory, tel. (495)951-94-57, e-mail: pokrov@ginras.ru

Natalya V. Novozhilova

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 630090, Russia, Novosibirsk, Acad. Koptug av., 3, Ph. D., Senior Researcher of Laboratory of Paleozoic paleontology and stratigraphy, tel. (383)335-64-22, e-mail: novozhilovanv@ipgg.sbras.ru

Galina A. Karlova

rofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 630090, Russia, Novosibirsk, Acad. Koptug av., 3, Researcher of Laboratory of Precambrian paleontology and stratigraphy, tel. (383)333-33-29, e-mail: sokolovlv@ipgg.sbras.ru

Newbiostratigraphical and isotope-geochemical data from transitional Vendian-Cambrian carbonate-dominated sequences in several boreholes from the central areas of Siberian Platform were obtained. The base of Tommotian Stage corresponds to the lower boundary of Yuryakh Formation (upper part of Danilovo Horizon).

Key words: Siberian Platform, Vendian, Cambrian, stable isotope geochemistry, small-shelly fossils.

Во внутренних районах Сибирской платформы положение нижней границы кембрия, которая в российской стратиграфической шкале соответствует основанию томмотского яруса, а в международной – подошве немакит-далдынского яруса/горизонта, остается не вполне определенным. С ростом объемов глубокого бурения возникла необходимость более точного сопоставления разрезов скважин с разрезами вдоль обнаженной периферии платформы. Попытки обосновать эту границу по микрофоссилиям, а позднее по известковым водорослям и фитолитам [2] привели к тому, что достаточно мощные стратиграфические интервалы были датированы в качестве переходных. В 90-х гг. в скважине Эйикская-343-0 на гл. ~1730 м была установлена смена комплексов мелкораковинных остатков (SSF), характерная для границы венда и кембрия в Сибири, однако корреляция ее с естественными разрезами Прианабарья была проведена не совсем точно, а подошва томмотского яруса была ошибочно помещена в середину юряхской свиты [3].

В то же время, по ряду разрезов севера и востока Сибирской платформы, где положение основания томмотского яруса установлено по палеонтологическим находкам, известны кривые изменения изотопного состава углерода и кислорода в карбонатных породах ($\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$). Отложения верхов венда и нижней части томмотского яруса во многих из них характеризуются наличием крупных положительных и отрицательных экскурсов $\delta^{13}\text{C}$, достигающих 4–5 ‰ и более [1]. Отрицательные экскурсы кривой $\delta^{13}\text{C}$ могут иметь как первичную природу и отражать особенности состава воды в палеобассейне, так и быть результатом постседиментационных изменений. Положительные аномалии $\delta^{13}\text{C}$ в карбонатах, как считается, имеют в основном первичную природу и, соответственно, более высокий корреляционный потенциал. В частности, такая крупная положительная экскурсия с амплитудой до 5–6 ‰ отмечается в верхней части кессюсинской свиты Оленекского поднятия [5] и медвежьинской свиты Западного Прианабарья [1, 4], а также вблизи подошвы пестроцветной свиты востока Алданского щита [6]. В этих разрезах положение границы венда и кембрия по SSF определено весьма точно.

Для внутренних районов Сибирской платформы изотопно-геохимические исследования вендских и раннекембрийских отложений

носили до сих пор достаточно общий характер. Нами было проведено изучение изотопного состава углерода и кислорода для юрхской и нижней части билирской свит в 5 скважинах (рис. 1), часть из которых (Чайкинская-367, Западно-Ботуобинская-362-0, расположена в Западной соленосной, с преобладанием доломитов, фациальной области, а часть (Онхойдохская-252-0, Айхальская-703 и Эйикская-343-0) – в Переходной фациальной области, где на этом уровне соли практически отсутствуют и преобладают известняки. Основная часть измерений проведена в Лаборатории геохимии стабильных изотопов ГИН РАН, г. Москва Б.Г. Покровским; 17 образцов из скв. Э-343-0 были обработаны в Аналитическом центре ИГМ СО РАН, г. Новосибирск, аналитик О.П. Изох. Данные по изотопному составу углерода, с привязкой к сводной литологической колонке представлены на рис. 1.

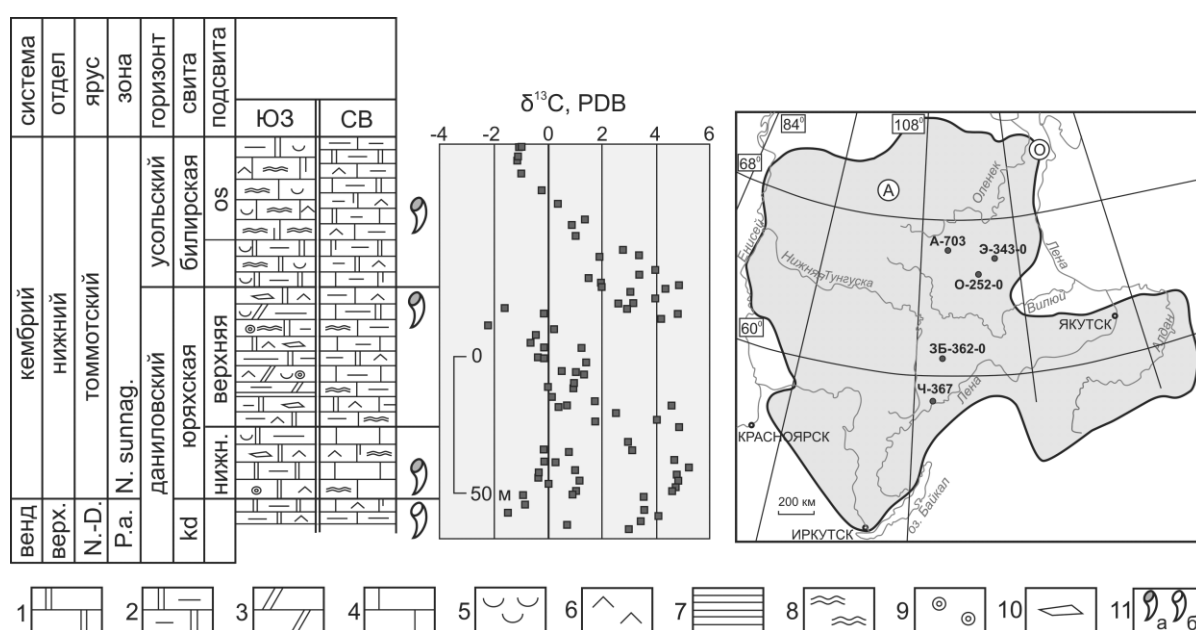


Рис. 1. Сводная кривая $\delta^{13}\text{C}$ для переходных венд-кембрийских отложений центральных районов Сибирской платформы:

- 1 – доломиты; 2 – глинистые доломиты; 3 – доломитовые мергели; 4 – известняки;
 5 – каменная соль; 6 – ангидриты; 7 – аргиллиты; 8 – биоламиниты; 9 – микрофитолиты;
 10 – интракластовые и брекчированные карбонаты; 11 – мелкораковинные остатки:
 а – зоны *N. sunnaginicus*, б – зоны *P. antiqua*

Измеренные соотношения $\delta^{18}\text{O}$ для всех образцов лежат в интервале от 22 до 29 ‰ V-SMOW, что указывает на незначительные постдиагенетические изменения. Наиболее яркой особенностью изученных разрезов является наличие крупной положительной экскурсии $\delta^{13}\text{C}$ на границе билирской и юрхской свит. Для нее характерен постепенный рост отношения $\delta^{13}\text{C}$ от -1 ‰ в осинском горизонте и в одновозрастных пачках до +4...+4.5 ‰ вниз к подошве билирской свиты и далее резкое снижение этого значения до околонулевых или слабо отрицательных величин. Мощность интервала с

этой аномалией, характер рисунка кривой и амплитуда экскурсии практически идентичны в скв. ЗБ-362-0 и Ч-367, расположенных в более чем 200 км друг от друга, что позволяет считать ее выдержанным региональным геохимическим репером. В скв. Э-343-0

в пограничном интервале между билирской и юряхской свитами также наблюдаются рост значений $\delta^{13}\text{C}$ сверху вниз от +1.6 до +4.9‰. Верхняя часть юряхской свиты в изученных разрезах (скв.ЗБ-362-0, Ч-367, А-703) характеризуется околонулевыми значениями $\delta^{13}\text{C}$, вариации которых не выходят за пределы -2...+1.5‰.

В нижней подсвитеюряхской свиты, которая фрагментарно или полностью представлена измерениями в скв. Ч-367, А-703, Э-343-0 и О-252-0 наблюдается существенная разница в значениях $\delta^{13}\text{C}$ между разрезами. В юго-западных из них значения $\delta^{13}\text{C}$ околонулевые или слабо положительные и практически не отличаются от верхней подсвиты. В северо-восточных разрезах (скв. А-703 и Э-343-0) в нижнеюряхской подсвите наблюдается заметный рост значений $\delta^{13}\text{C}$, достигающих +5 ‰ (рис. 1). В подстилающих отложениях кудулахской свиты во всех случаях значения $\delta^{13}\text{C}$ скачкообразно понижаются на 1-2 ‰. Так как юряхская свита и ее нижняя подсвита в этом районе весьма выдержаны по простиранию, резкие изменения изотопного состава карбонатного углерода по латерали сложно объяснить срезанием слоев во время размыва. Внутрибассейновые вариации $\delta^{13}\text{C}$, известные в эпиплатформенных вендских бассейнах Китая и других регионов [8], для этого стратиграфического уровня пока представляются маловероятными: они наблюдаются при переходе от относительно глубоководных глинистых фаций к мелкому шельфу, тогда как нижняя подсвита юряхской свиты, по нашим наблюдениям, везде сложена мелководными отложениями. Наиболее вероятной причиной понижения значений $\delta^{13}\text{C}$ в юго-западных разрезах, вероятно, являются интенсивные постдиаганетические изменения карбонатов нижнеюряхской подсвиты за счет выщелачивания галита в разрезах западного типа, что наблюдается, в частности, в разрезе скв. Чайкинской-367.

В разрезе этой же скважины, в верхней части юряхской свиты на гл. 926.4 м при растворении проб на SSF найден *Hyolithellusvladimirovae* – хиолит, появляющийся лишь в томмотских отложениях, а также другие остатки, определенные Н.В. Новожиловой как *Chancelloriasp.* и *Exilithecasp.* Ниже, в средней части юряхской свиты на гл. 970.4 м найден слепок ядра раковины, напоминающий крышку хиолита *Ovalithecasp.* Таким образом, томмотские окаменелости характеризуют, по крайней мере, большую часть юряхской свиты в скв. Ч-367. Более детальная корреляция разреза скв. Эйикской-343-0 с разрезами смежных скважин показала, что смена комплексов SSF верхневендской зоны *Purellaantiqua* атоммотской *Nochoroicyathussunnaginicus* происходит не в средней части юряхской свиты, а в ее подошве. Таким

образом, мы предполагаем, что граница венда и кембрия проходит внутри даниловского регионального горизонта вблизи подошвы юрхской и тэтэрской свит.

Сравнение полученных нами данных с информацией по разрезам обнаженной периферии Сибирской платформы показывает, что в томмотских отложениях в различных случаях могут наблюдаться либо один, либо два позитивных пика кривой $\delta^{13}\text{C}$. При глобальной корреляции переходных венд-кембрийских толщ наиболее крупные позитивные пики $\delta^{13}\text{C}$ датируются порядком 525-527 и 530-532 млн. лет [6]. В сибирских разрезах первое появление томмотских SSF может происходить как несколько выше по разрезу, так и ниже нижней из этих позитивных экскурсий. Таким образом, в отсутствие достоверных биостратиграфических данных, либо когда появление палеонтологических остатков в разрезе контролируется фациальными причинами, изотопная хемотратиграфия, отражающая крупные синхронные события в палеоокеане, может служить важным инструментом корреляции.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (гранты 13-05-00784, 14-05-00274).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Покровский Б.Г., Миссаржевский В.В. Изотопная корреляция пограничных толщ докембрия и кембрия Сибирской платформы // Докл. АН, 1993. - Т. 329. - № 6. - С. 768–771.
2. Решения четвертого Межведомственного регионального стратиграфического совещания по уточнению и дополнению стратиграфических схем венда и кембрия внутренних районов Сибирской платформы. – Новосибирск: СНИИГиМС, 1989. – 64 с.
3. Хоментовский В.В., Федоров А.Б., Карлова Г.А. Нижняя граница кембрия во внутренних районах севера Сибирской платформы // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 1998. – Т.6. - №1. – С. 3-11.
4. Kaufman A.J., Knoll A.H., Semikhatov M.A. et al. Integrated chronostratigraphy of Proterozoic-Cambrian boundary beds in the western Anabar region, northern Siberia // Geological Magazine, 1996. - V.133. – No 5. – P. 509-533.
5. Knoll A.H., Grotzinger J.P., Kaufman A.J. et al. Integrated approaches to terminal Proterozoic stratigraphy: an example from Olenek Uplift, northwestern Siberia // Precambrian Research, 1995. – V. 73. – P. 251-270.
6. Magaritz, M., Holser, W.T., Kirschvink, J.L. Carbon-isotope events across the Precambrian/Cambrian boundary on the Siberian Platform // Nature, 1986. – V. 320. – P. 258-259.
7. Maloof A.C., Porter S.M., Moore J.L. et al. The earliest Cambrian record of animals and ocean geochemical change // GSA bulletin, 2010. – V. 122. No. 11/12. – P. 1731-1774.
8. Zhu M., Lu M., Zhang J. et al. Carbon isotope chemostratigraphy and sedimentary facies evolution of the Ediacaran Doushantou Formation in western Hubei, South China // Precambrian research, 2013. – V. 225. – P. 7-28.