

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/9_2019

УДК 551.734.5/.735.02(470.1)

Ерофеевский А.В., Журавлев А.В.Институт геологии им. акад. Н.П. Юшкина Коми Научного центра Уральского отделения Российской академии наук (ИГ Коми НЦ УрО РАН), Сыктывкар, Россия, erofeevsky1@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЗОТОПНО-СТРАТИГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА ($\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$) ДЛЯ КОРРЕЛЯЦИИ ВЕРХНЕДЕВОНСКО-КАМЕННОУГОЛЬНОГО ИНТЕРВАЛА ВОСТОКА ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ ПРОВИНЦИИ

Рассматриваются перспективы использования изотопно-стратиграфического метода ($\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$) в региональной стратиграфии Тимано-Печорской провинции. Среди известных глобальных экскурсов $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ выделены те, которые могут служить надежными корреляционными реперами: положительные экскурсы на границе среднего и верхнего девона, в среднем и верхнем фране, терминальном фамене, верхнем турне, вблизи границы визейского и серпуховского ярусов, а также в нижней части башкирского яруса. Часть этих экскурсов уже установлена в разрезах Тимано-Печорской провинции и сопоставлена с биостратиграфическими данными. Основной задачей в настоящее время является получение достоверной и увязанной с региональными подразделениями информации по первичным вариациям $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$.

Ключевые слова: *изотопная стратиграфия, верхний девон, карбон, надежный корреляционный репер, Тимано-Печорская провинция.*

Верхнедевонско-каменноугольный стратиграфический интервал на территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (ТП НГП) охватывает доманиково-турнейский карбонатный, нижневизейский терригенный и нижнюю часть верхневизейско-нижнепермского карбонатного нефтегазоносных комплексов (НГК). При этом нижневизейский комплекс распространен далеко не повсеместно, имеет диахронные границы и замещается на северо-востоке и востоке провинции карбонатными отложениями [Никонов и др., 2000].

Доманиково-турнейский и верхневизейско-нижнепермский НГК ТП НГП представлены, преимущественно, мелководными и умеренно глубоководными глинисто-карбонатными и карбонатными образованиями. Исключение составляют отложения, развитые в пределах впадин Предуральяского прогиба, где доманиково-турнейский комплекс сложен относительно глубоководными кремнисто-глинисто-карбонатными породами [Никонов и др., 2000]. Во время высокоамплитудных позднедевонских трансгрессий глубоководные кремнисто-глинисто-карбонатные осадки накапливались на значительной части Тимано-Печорского бассейна.

Далеко не все стратиграфические интервалы в пределах доманиково-турнейского и

верхневизейско-нижнепермского НГК хорошо охарактеризованы органическими остатками, что усложняет использование биостратиграфического метода для расчленения и корреляции разрезов скважин. Лучше всего биостратиграфическая характеристика комплексов представлена в относительно глубоководных последовательностях, которые охарактеризованы конодонтами и переотложенными фораминиферами [Журавлев, 2003; Деулин, 2006]. В мелководных разрезах конодонты, как правило, малочисленны и недостаточно изучены, а хорошо изученные фораминиферы [Дуркина, 1959, 2002; Чермных, 1976; Костыгова, 2004; Николаев, 2005] и известковые водоросли не всегда обеспечивают надежную корреляцию. Наибольшие проблемы с применением биостратиграфического метода отмечаются в мелководных отложениях франского, нижней части фаменского и турнейского ярусов, а также в верхневизейско-серпуховском интервале разреза [Вевель и др., 2012, 2017; Плотицын и др., 2018]. Из-за неравномерной фаунистической характеристики мелководных осадочных последовательностей возникают сложности в проведении границ подразделений общей стратиграфической шкалы: подошвы франского и фаменского ярусов, границы девонской и каменноугольной систем, подошвы визейского яруса, а также границы визейского и серпуховского ярусов и нижнего и среднего отделов каменноугольной системы [Меннер, Шувалова, 2007; Николаев, Журавлев, 2016; Журавлев, Вевель, 2017]. Указанные проблемы, в частности, привели к противоречиям между региональными стратиграфическими схемами Русской платформы (1988 г.) и Урала (1993 г.).

В настоящее время не решена до конца задача сопоставления зональных последовательностей по различным группам органических остатков. Для рассматриваемого интервала это, в первую очередь, фораминиферы и конодонты. Редкие опорные разрезы, охарактеризованные и той и другой группой фоссилий, не позволяют пока получить однозначные результаты.

Нерешенной остается и проблема надежной корреляции разнофациальных разрезов. В этом случае на точность биостратиграфических построений существенное влияние оказывает фациальная приуроченность фаунистических комплексов как бентосных, так и нектонно-планктонных. В ряде случаев ошибки корреляции могут достигать горизонта [Zhuravlev et al., 2006]. Литостратиграфические и геофизические методы, обеспечивающие высокодетальную корреляцию в пределах отдельных площадей, также могут давать ошибочные результаты при сопоставлении разнофациальных разрезов, что обусловлено скольжением литологических границ во времени.

Корректное решение задачи сопоставления разнофациальных разрезов возможно только при использовании комплекса методов, в который входят как биостратиграфические (по различным группам органических остатков), так и циклостратиграфические и изотопно-

геохимические методы.

Данная работа посвящена оценке перспектив использования изотопно-геохимического метода по $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ в региональной стратиграфии верхнего девона – карбона Тимано-Печорского осадочного бассейна.

Надежную основу для изотопной стратиграфии палеозоя составляют вариации изотопного состава углерода в осадочных карбонатах, в той или иной мере отражающие изменения баланса стабильных изотопов углерода в древних морских бассейнах [Saltzman, Thomas, 2012]. В верхнем девоне – карбоне установлен ряд глобальных высокоамплитудных смещений (экскурсов) соотношения стабильных изотопов углерода в осадочных карбонатах (рис. 1). Наиболее ярко проявлены следующие резкие изменения значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$.

Отрицательный и последующий положительный сдвиг в конодонтовой зоне *falsiovalis* на рубеже живетского и франского ярусов [Buggisch, Joachimski, 2006; Saltzman, Thomas, 2012].

Положительный экскурс в нижней части конодонтовой зоны *punctata* франского яруса [Buggisch, Joachimski, 2006; Zhuravlev et al., 2006; Racki et al., 2008].

Два положительных экскурса в верхней части франского яруса, отвечающих «черносланцевым событиям» Кельвассер. Экскурсы приурочены к верхней подзоне зоны *rhenana* и к зоне *linguiformis* [Joachimski et al., 1994, 2001; Yudina et al., 2002; Buggisch, Joachimski, 2006; Соболева и др., 2018].

Существенный отрицательный и последующий положительный экскурс в нижней части зоны *marginifera* фаменского яруса [Buggisch, Joachimski, 2006; Saltzman, Thomas, 2012].

Положительный и последующий отрицательный сдвиг на рубеже девонской и каменноугольной систем (конодонтовая зона *praesulcata*) [Buggisch, Joachimski, 2006; Kaiser et al., 2006].

Двойной высокоамплитудный положительный экскурс в верхней части турнейского яруса (конодонтовые зоны *isosticha* и *typicus*), известный как позднетурнейское изотопное событие [Saltzman, 2002; Saltzman et al., 2004; Qie et al., 2011; Yao et al., 2015; Журавлев, Вевель, 2018].

Отрицательный и последующий положительный экскурс в верхней части визейского яруса вблизи границы с серпуховским ярусом (конодонтовая зона *nodosa*) [Saltzman, Thomas, 2012; Wang et al., 2017].

Положительный сдвиг в нижней части башкирского яруса среднего карбона (конодонтовая зона *noduliferus*) [Saltzman, Thomas, 2012; Wang et al., 2017].

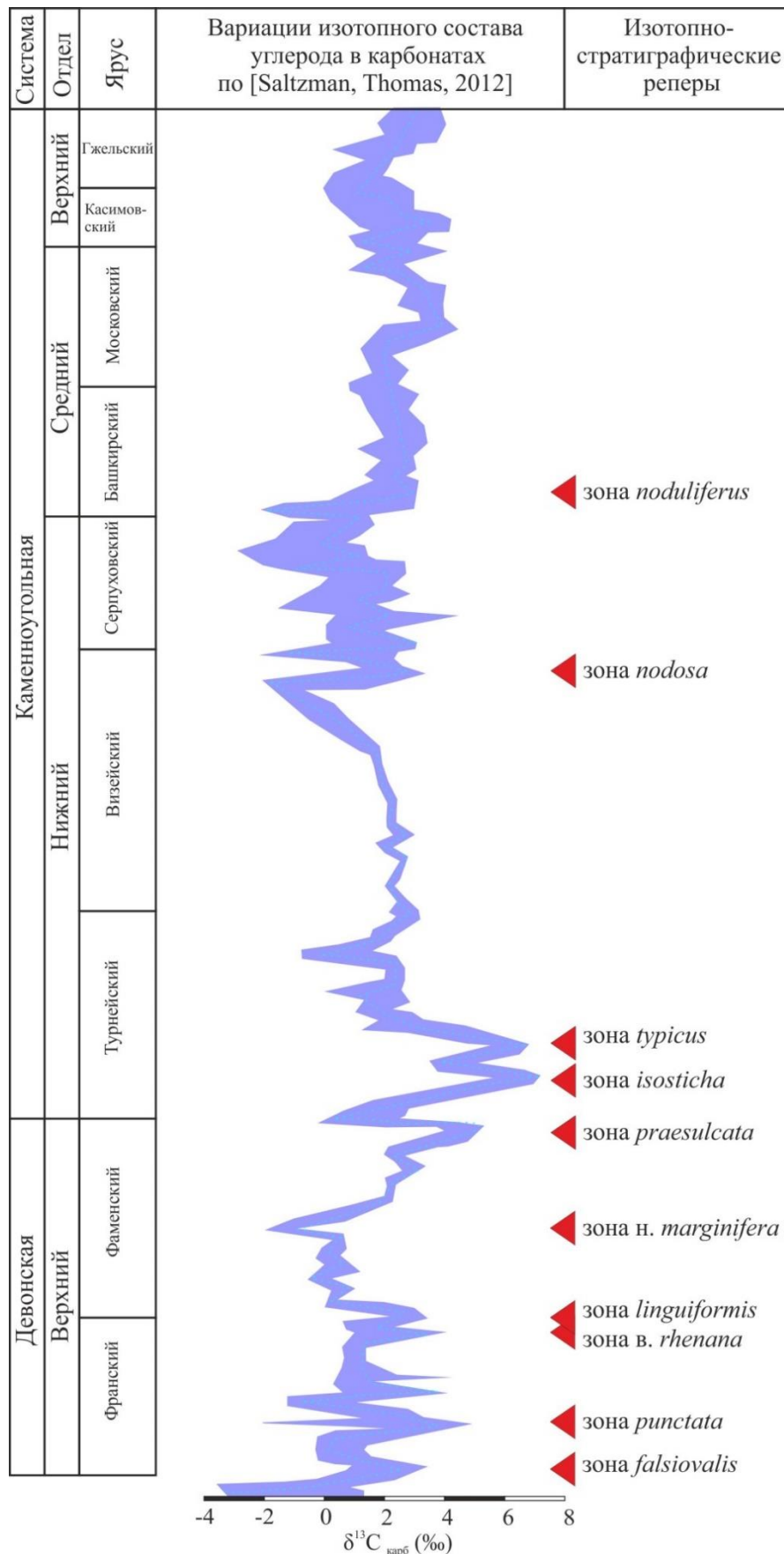


Рис. 1. Глобальное изменение соотношений стабильных изотопов углерода в верхнем девоне-карбоне (по [Saltzman, Thomas, 2012])

Отмечены изотопные экскурсы, перспективные для использования в качестве стратиграфических реперов.

Глобальный характер и высокая амплитуда указанных экскурсов $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ позволяют надеяться, что их следы могут быть установлены в морских карбонатных осадочных последовательностях Тимано-Печорской провинции (ТПП). Следует отметить, что с увеличением глубокководности разрезов проявленность изотопных сдвигов, как правило, снижается [Журавлев, Вевель, 2018]. Ограниченно метод может использоваться и для полуизолированных частей морских бассейнов, в которых возможны существенные локальные вариации изотопного состава воды [Виноградов, 2005].

На величину $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ и $\delta^{18}\text{O}_{\text{карб}}$ влияют вторичные изменения карбонатных пород [Qie et al., 2011] (рис. 2). Процессы эпигенеза, чаще всего, приводят к облегчению изотопного состава углерода и кислорода. Значения $\delta^{18}\text{O}_{\text{карб}}$ могут существенно снижаться за счет обмена кислородом карбоната и воды атмосферного происхождения [Виноградов, 2005]. Уменьшение $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ может происходить в процессе обмена углеродом карбоната и углекислоты, сформировавшейся при окисления органического вещества [Виноградов, 2005]. Можно ожидать, что этот процесс будет менее проявлен в мелководных карбонатах, накапливавшихся в среде с быстрым окислением органического вещества, с удалением продуктов окисления еще до начала диагенеза осадка. В качестве критерия, указывающего на существенные эпигенетические изменения изотопного состава карбонатов, использовано значение $\delta^{18}\text{O}_{\text{карб}} < -10\text{‰ PDB}$ (примерно отвечает 19‰ SMOW). Образцы, демонстрирующие более низкие значения, предложено исключить из рассмотрения [Kaufman, Knoll, 1995; Qie et al., 2011].

Вторичные изменения ведут, в основном, к облегчению изотопного состава углерода [Algeo et al., 1992; Виноградов, 2005], тем самым, в частности, снижая амплитуду положительных экскурсов. Кроме того, эпигенез часто приводит к формированию синхронных вариаций $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ и $\delta^{18}\text{O}_{\text{карб}}$ [Qie et al., 2011]. По этой причине представляется нецелесообразным сравнивать абсолютные значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ в различных разрезах. Более информативными для целей изотопной стратиграфии представляются относительные вариации этой величины. Кроме того, использование изотопных данных должно предваряться оценкой их «первичности» по положению на диаграмме $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{карб}}$, а также значению $\delta^{18}\text{O}_{\text{карб}}$. При существенных вариациях величин $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ более надежными представляются максимальные значения [Виноградов, 2005]. Кроме того, известны механизмы вторичного утяжеления изотопного состава карбонатов за счет фракционирования изотопов в системе метан-углекислота и обмена углекислоты с карбонатами [Виноградов, 2005]. Проявления этого процесса можно ожидать вблизи газовых залежей, поэтому собственно на месторождениях углеводородов изотопно-стратиграфический метод по $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ применим только с большими ограничениями.

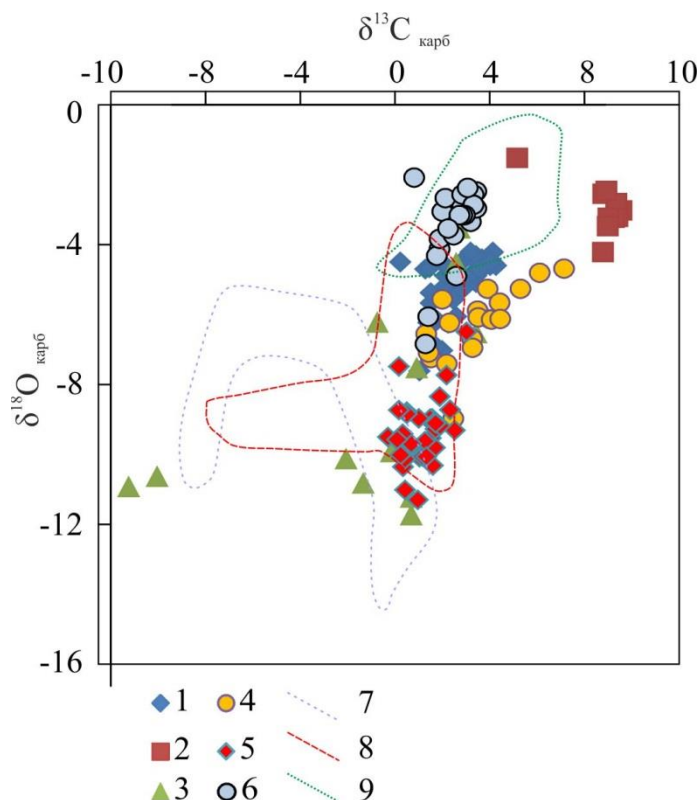


Рис. 2. Диаграмма $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ и $\delta^{18}\text{O}_{\text{карб}}$ в карбонатных отложениях верхнего девона – карбона в некоторых разрезах Тимано-Печорской провинции

Разрезы: 1 – р. Каменка, Печора-Кожвинский мегавал ($D_3 \text{ fm} - C_1 \text{ tn}$); 2 – скв. 1-Кочмес, зона сочленения поднятия Чернышева и Косью-Роговской впадины ($C_1 \text{ tn}$); 3 – р. Кожым, Косью-Роговская впадина ($D_3 \text{ fm} - C_1 \text{ tn}$); 4 – р. Кожва, Печора-Кожвинский мегавал ($C_1 \text{ tn}$); 5 – р. Малая Уса, Воркутинское поперечное поднятие ($C_1 \text{ v}$); 6 – р. Миссисипка, Косью-Роговская впадина ($C_1 \text{ v-s}$); 7 – область гипергенных карбонатов; 8 – область постдиагенетического карбонатного цемента; 9 – кальцит раковин каменноугольных брахиопод.

Дополнительную сложность в использование изотопной стратиграфии в глубоководных глинисто-карбонатных толщах палеозоя привносит аллохтонный характер основной массы карбоната. В глубоководных отложениях карбонатные прослои, как правило, имеют турбидитную природу и часто сложены более древним материалом, перемещенным по склону плотностными потоками. Это, в частности, фиксируется смешанными комплексами микрофауны в данных прослоях. Так в карбонатах нижней части раннекаменноугольной плитняковой толщи в разрезе на р. Кожим часто встречаются переотложенные фаменские конодонты [Sobolev et al., 2002]. При опробовании таких отложений на изотопные анализы существует высокая вероятность смешивания в пробах карбонатного материала разного возраста и искажение за счет этого изотопного сигнала.

Имеющиеся в настоящее время данные по изотопным соотношениям углерода в карбонатах верхнего девона – карбона ТПП довольно отрывочны и часто приведены без явного указания методики пробоотбора и пробоподготовки, что существенно снижает их достоверность. Часть этих данных происходит из разрезов, вскрывающих глубоководные и

сильно вторично измененные отложения (разрезы на рр. Кожим, Сывью и Миссиссипка, зона сочленения Урала и Косью-Роговской впадины) [Yudina et al., 2002; Saltzman et al., 2004; Соболев и др., 2015; Соболева и др., 2018]. На диаграмме $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{карб}}$ данные из этих разрезов в значительной степени попадают в поля возможных вторичных преобразований (см. рис. 2). Большая часть глобальных аномалий $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ проявлена в разрезах зоны сочленения Урала и Косью-Роговской впадины плохо, а в ряде случаев обоснована лишь единичными образцами. Исключение составляют высокоамплитудные положительные экскурсы в верхней части франского яруса (события Кельвассер) [Yudina et al., 2002; Соболева и др., 2018], а также верхнетурнейский положительный экскурс [Журавлев, Вевель, 2018] (рис. 3). Стратиграфическая позиция указанных экскурсов подтверждена биостратиграфическими данными по конодонтам [Yudina et al., 2002; Saltzman et al., 2004; Соболева и др., 2018; Журавлев, Вевель, 2018].

В мелководно-морских отложениях региона уверенно зафиксированы положительные экскурсы в терминальном фамене (местная конодонтовая зона *Siphonodella bella*), отвечающие заключительной фазе Хангенбергского события, и в верхнем турне, маркирующие событие TICE [Saltzman et al., 2004; Журавлев, Вевель, 2018; Zhuravlev, Smoleva, 2018] (см. рис. 3). На диаграмме $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{карб}}$ данные из мелководных разрезов (рр. Каменка и Кожва - на юге Печоро-Кожвинского мегавала; скв. 1-Кочмес - в зоне сочленения поднятия Чернышева и Косью-Роговской впадины; р. Малая Уса - на востоке Воркутинского поднятия) в значительной степени попадают в поля возможных вторичных преобразований (см. рис. 2). Вероятно, по этой причине в этих разрезах распознаются только высокоамплитудные экскурсы. Интенсивность позднефаменского экскурса в разрезе на р. Каменка (Печора-Колвинский авлакоген, юг Печора-Кожвинского мегавала) составляет более 3,5‰ [Zhuravlev, Smoleva, 2018]. Позднетурнейское положительное отклонение в мелководных фациях характеризуется значениями $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$, достигающими 8‰ в разрезе скв. 1-Кочмес [Журавлев, Вевель, 2018]. Эти экскурсы датированы по конодонтам, фораминиферам и известковым водорослям [Zhuravlev, Smoleva, 2018; Журавлев, Вевель, 2018].

Стратиграфическое положение установленных и предполагаемых в пределах ТПП экскурсов $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ показано на рис. 3.

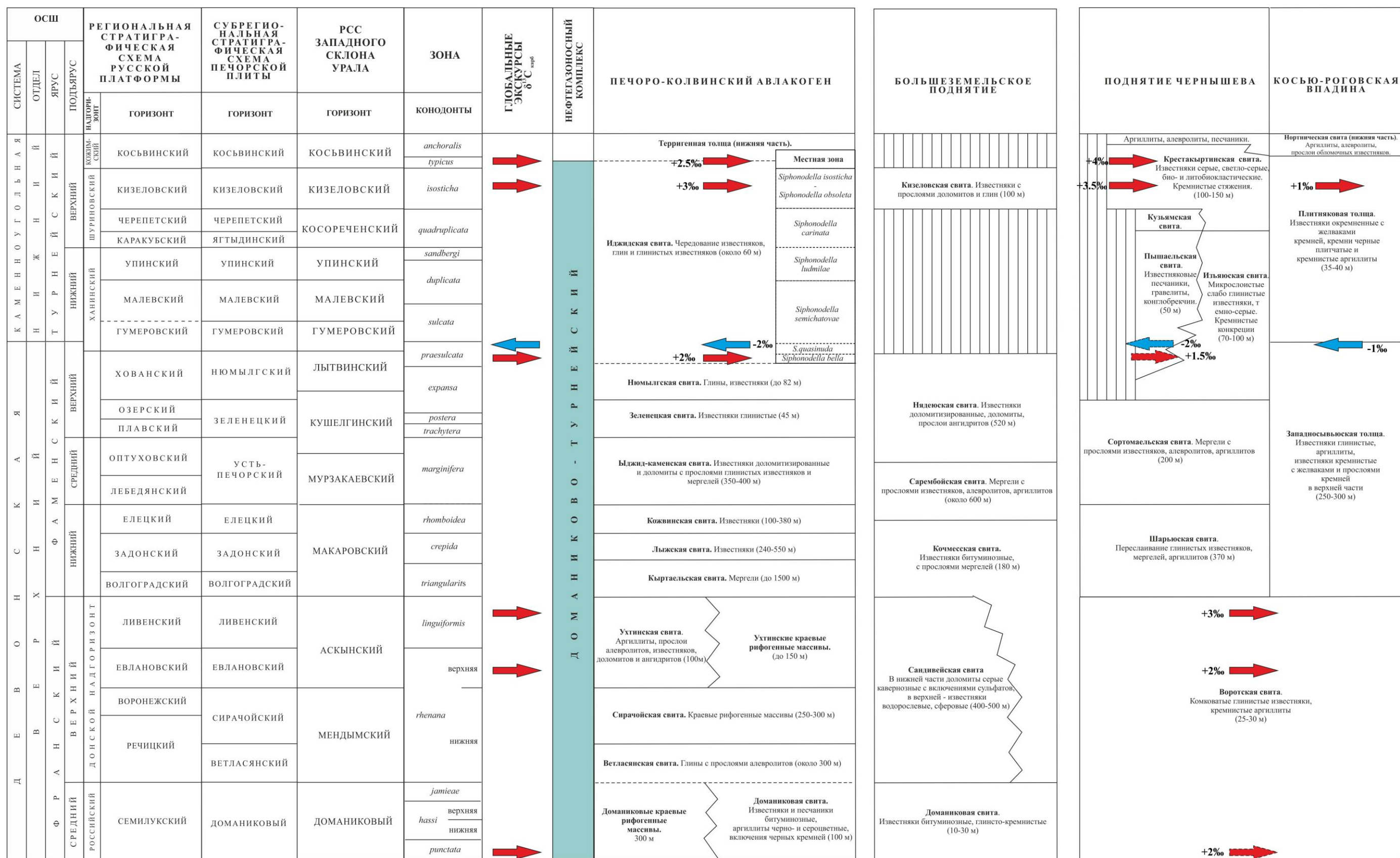


Рис. 3. Фрагмент региональной стратиграфической схемы Тимано-Печорской провинции

Стрелками указаны установленные в регионе уровни экскурсов $\delta^{13}C_{carb}$. Красные стрелки – положительные экскурсы; синие стрелки – отрицательные экскурсы; числа – амплитуды сдвигов.

Облегчение и последующее утяжеление изотопного состава углерода карбонатов на рубеже живетского и франского ярусов может быть зафиксировано в разрезах верхней части тиманского горизонта. В настоящее время достоверных данных по этой части разреза не получено. Стратиграфическая значимость данного изотопного уровня повышается из-за плохой палеонтологической охарактеризованности пограничных средне-верхнедевонских отложений на территории ТПП.

Положительный экскурс в нижней части конодонтовой зоны *punctata* франского яруса отвечает нижней части доманикового (семилукского) горизонта [Zhuravlev et al., 2006]. Наиболее вероятно его прослеживание в карбонатах нижней части воротской свиты в пределах поднятия Чернышева и запада Косью-Роговской впадины. В разрезах воротской свиты востока Косью-Роговской впадины этот экскурс, по имеющимся данным, проявлен нечетливо [Соболева и др., 2018].

Два положительных экскурса в верхней части франского яруса отвечают конодонтовым зонам верхняя *rhenana* и *linguiformis* и маркируют евлановский и ливенский горизонты. Органогенные известняки ухтинских рифогенных массивов и сандивейской свиты малоперспективны для изучения первичных вариаций изотопного состава углерода из-за существенных эпигенетических преобразований. В относительно глубоководных и стратиграфически полных разрезах поднятия Чернышева и Косью-Роговской впадины эти экскурсы прослеживаются в верхней части воротской свиты [Yudina et al., 2002; Соболева и др., 2018].

Существенный отрицательный экскурс в нижней части зоны *marginifera* фаменского яруса в региональной стратиграфической схеме соответствует нижней части усть-печорского горизонта. В настоящее время изотопных данных по данному стратиграфическому интервалу на территории ТПП не получено. Перспективным представляется поиск этого экскурса в разрезах ыджид-каменной свиты на юге Печоро-Кожвинского мегавала, сарембойской свиты Большеземельского поднятия, а также нижней части сортамельской свиты поднятия Чернышева. В глубоководных разрезах Косью-Роговской впадины (западносывьюская толща) обнаружение экскурса является маловероятным из-за высокой степени вторичных преобразований отложений.

Положительный и последующий отрицательный изотопный сдвиг на рубеже девонской и каменноугольной систем (конодонтовая зона *praesulcata*) в субрегиональной схеме отвечает верхней части нюмылгского горизонта. В мелководных фациях этот интервал разреза часто размывает в результате высокоамплитудной регрессии. В относительно полном разрезе пограничного интервала на р. Каменка (Печора-Колвинский авлакоген, юг Печора-Кожвинского мегавала) вариации изотопного состава углерода отмечаются в нижней части

иджидской свиты [Zhuravlev, Smoleva, 2018]. Здесь они приурочены к местной конодонтовой зоне *Siphonodella bella* (см. рис. 3). В склоновых и глубоководных последовательностях поднятия Чернышева (р. Вангыр) и зоны сочленения Урала и Косью-Роговской впадины (пр. Кожым и Сывьью) экскурсы на границе девона и карбона (пышайельская свита и верхи западносывььюской толщи соответственно) выделяются весьма условно в аллохтонных карбонатах по единичным образцам [Sobolev et al., 2002; Соболев, 2011; Плотицын и др., 2014]. Перспективным представляется поиск следов этих экскурсов в изьяюской свите на поднятии Чернышева и западе Косью-Роговской впадины, где граница девонской и каменноугольной систем плохо обоснована палеонтологически.

Двойной высокоамплитудный положительный экскурс в верхней части турнейского яруса (конодонтовые зоны *isosticha* и *typicus*), соответствующий верхней части кизеловского и нижней части косьвинского горизонта [Журавлев, Вевель, 2018], хорошо распознается во всем спектре морских фаций – от мелководных (крестакыртинская свита поднятия Чернышева) до глубоководных (пограничный интервал плитняковой толщи и нортнической свиты зоны сочленения Урала и Косью-Роговской впадины). Благодаря высокой амплитуде и точному сопоставлению с биостратиграфическими данными, этот экскурс перспективен для интерфациальной корреляции.

Экскурсы в верхней части визейского яруса (конодонтовая зона *nodosa*, михайловский и вневский горизонты) и нижней части башкирского яруса (вознесенский горизонт) в настоящее время на территории ТПП не установлены, однако перспективны для корреляции разрезов в мелководных фациях. В депрессионных фациях, судя по данным из визейско-серпуховского интервала (разрез на р. Миссиссипка), экскурсы практически не проявлены [Соболев и др., 2015].

Анализ данных по изотопной ($\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$) стратиграфии верхнего девона – карбона ТПП показывает перспективность использования этого метода на данной территории. Ряд изотопных экскурсов уже установлен в разнофациальных разрезах ТПП и продемонстрировал высокий корреляционный потенциал. К нему относятся положительные экскурсы в терминальном фамене и в верхнем турне. Изотопные аномалии во франской части разреза в настоящее время идентифицированы лишь в глубоководных (депрессионных) отложениях. Значительная амплитуда этих аномалий позволяет ожидать их надежную идентификацию и в мелководных последовательностях. Перспективными представляются также изотопные экскурсы в верхней части визейского яруса и нижней части башкирского яруса, поскольку позволят проводить корреляцию в интервале, как правило, плохо охарактеризованном конодонтами и имеющем неоднородную характеристику по фораминиферам.

Основной задачей в настоящее время является получение достоверной информации по $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ для мелководных разрезов ТПП и ее точная увязка с биостратиграфическими данными и субрегиональными подразделениями.

Литература

Вевель Я.А., Журавлев А.В., Попов В.В. Пограничные отложения девонской и каменноугольной систем в разрезе на р. Каменка (Печоро-Кожвинский мегавал, Тимано-Печорская провинция) // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2012. - Т.7. - №1. - http://www.ngtp.ru/rub/2/6_2012.pdf

Вевель Я.А., Груздев Д.А., Журавлев А.В. Фораминиферы и конодонты мелководных отложений раннесерпуховского возраста в разрезе на р. Каменка (юг Печоро-Кожвинского мегавала) // Сыктывкарский палеонтологический сборник № 8. - Сыктывкар, 2017. - Вып. 130. - С. 14-23. (Труды Института геологии Коми научного центра УрО РАН).

Виноградов В.И. Отражение глобальных изменений природной среды в изотопных характеристиках осадочных пород // Биосфера-экосистема-биота в прошлом Земли: палеобиогеографические аспекты (к 100-летию со дня рождения академика В.В. Меннера). - Труды Геологического института РАН. - 2005. - Вып. 516. - С. 433-466.

Деулин Ю.В. Конодонты и корреляция продуктивных на нефть верхнедевонских отложений Севера Тимано-Печорской провинции. – Архангельск, ГИН РАН, 2006. - 253 с.

Дуркина А.В. Фораминиферы нижнекаменноугольных отложений Тимано-Печорской провинции // Микрофауна СССР. - Тр. ВНИГРИ. - 1959. - Вып. 136. - С. 132–389.

Дуркина А.В. Фораминиферы серпуховского яруса Тимано-Печорской провинции. - СПб, 2002. - 198 с.

Журавлев А.В. Конодонты верхнего девона – нижнего карбона северо-востока Европейской России. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2003. - 85 с.

Журавлев А.В., Вевель Я.А. Среднекаменноугольная граница на севере Пай-Хоя – корреляция мелководных и глубоководных разрезов // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2017. – Т. 159. - Кн. 1. – С. 152–163.

Журавлев А.В., Вевель Я.А. Позднетурнейское событие в разрезах Косью-Роговской впадины и ее обрамления (Тимано-Печорская провинция) // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2018. - Т.13. - №1. - http://www.ngtp.ru/rub/2/3_2018.pdf. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/3_2018

Костыгова П.К. Печорский палеобассейн в визейском и серпуховском веках и фораминиферы нижнего визе. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2004. - 203 с.

Меннер В.Вл., Шувалова Г.А. О совершенствовании региональной стратиграфической

схемы продуктивного комплекса верхнего девона Тимано-Печорской провинции: методика, результаты, проблемы // Стратиграфия и ее роль в развитии нефтегазоносного комплекса России. – СПб.: ВНИГРИ, 2007. - С. 79-100.

Николаев А.И. Фораминиферы и зональная стратиграфия башкирского яруса востока Тимано-Печорской провинции // Бюллетень палеонтологического и литологического коллекционного фонда ВНИГРИ № 2. - СПб., Недра, 2005. - 157 с.

Николаев А.И., Журавлев А.В. Граница нижнего и среднего отделов каменноугольной системы Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2016. – Т. 11. – № 2. – http://www.ngtp.ru/rub/2/15_2016.pdf. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/15_2016

Никонов Н.И., Богацкий В.И., Мартынов А.В., Ларионова З.В., Ласкин В.М., Галкина Л.В., Довжикова Е.Г., Ермакова О.Л., Костыгова П.К., Куранова Т.И., Москаленко К.А., Панкратов Ю.А., Петренко Е.Л., Попова Е.В., Сурина А.И., Шабанова Г.А. Тимано-Печорский седиментационный бассейн. Атлас геологических карт. - Ухта, 2000. – 67 с.

Плотицын А.Н., Соболев Д.Б., Груздев Д.А. Новые данные о пограничных отложениях девона и карбона на Приполярном Урале (р. Сывью) // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. – 2014. – №6. - С.13-20.

Плотицын А.Н., Журавлев А.В., Соболев Д.Б., Вевель Я.А., Груздев Д.А. Граница девона и карбона на западном склоне севера Урала и Приуралья / Отв. ред. С.В. Рожнов. Труды Палеонтологического общества. Том 1. - М.: ПИН РАН, 2018. - С. 90-107.

Соболев Д.Б. Эволюция и биоразнообразие раннекаменноугольных остракод на событийных уровнях / Ред. Цыганко В.С., Безносова Т.М., Пономарев Д.В. Биogeология, эволюция организмов и биоразнообразие в геологической истории Тимано-Североуральского региона. – Сыктывкар: Геопринт, 2011. - С. 102-108.

Соболев Д.Б., Журавлев А.В., Попов В.В., Вевель Я.А. Депрессионный тип разреза верхнего визе-серпухова на Приполярном Урале // Литосфера. – 2015. - №4. - С.62-72.

Соболева М.А., Соболев Д.Б., Матвеева Н.А. Разрез франского яруса на р. Кожым (западный склон Приполярного Урала) – результаты биостратиграфических, био-, литофациальных и изотопно-геохимических исследований // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2018. – Т.13. – №1. - http://www.ngtp.ru/rub/2/2_2018.pdf. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/2_2018

Чермных В.А. Стратиграфия карбона севера Урала. - Л., Наука, 1976. - 303 с.

Algeo T.J., Wilkinson B.H., Lohmann K.C. Meteoric-burial diagenesis of Middle Pennsylvanian limestones in the Orogrande Basin, New Mexico: Water/rock interactions and basin

geothermics // J. Sediment. Petrol. – 1992. – 62. – P. 652–670.

Buggisch W. & Joachimski M. Carbon isotope stratigraphy of the Devonian of Central and Southern Europe // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. - 2006. – 206. - P. 68–88.

Joachimski M.M., Buggisch W., Anders T. Mikrofazies, Conodontenstratigraphie und Isotopengeochimie des Frasn/Famenne Grenzprofils Wolayer Gletscher (Karnische Alpen) // Abh. Geol. Bundesanst. Wien. - 1994. – 50. – P. 183–195.

Joachimski M.M., Ostertag-Henning C., Pancost R.D., Strauss H., Freeman K.H., Littke Ralf, Sinninghe Damsté J., Racki G. Water column anoxia, enhanced productivity and concomitant changes in $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{34}\text{S}$ across the Frasnian–Famennian boundary (Kowala–Holy Cross Mountains/Poland) // Chemical Geology. - 2001. – 175. – P. 109–131.

Kaiser S.I., Steuber T., Becker R.T., Joachimski M.M. Geochemical evidence for major environmental change at the Devonian–Carboniferous boundary in the Carnic Alps and the Rhenish Massif // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2006. – 240. – P. 146–160.

Kaufman A.J., Knoll A.H. Neoproterozoic variations in the C-isotopic composition of seawater: Stratigraphic and biogeochemical implications // Precambrian Res. – 1995. – 73. – P. 27–49.

Qie W.K., Zhang X.H., Du Y.S., Zhang Y. Lower Carboniferous carbon isotope stratigraphy in South China: Implications for the Late Paleozoic glaciation // Sci. China Earth Sci. – 2011. – 54. – P. 84–92. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11430-010-4062-4>

Racki G., Joachimski M.M. & Morrow J.R. A major perturbation of the global carbon budget in the Early–Middle Frasnian transition (Late Devonian) // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. - 2008. – 269. – P. 127–129.

Saltzman M.R. Carbon and oxygen isotope stratigraphy of the Lower Mississippian (Kinderhookian–early Osagean), western United States: implications for seawater chemistry and glaciation // Geological Society of America Bulletin. - 2002. – N 114. – P. 96–108.

Saltzman M.R., Groessens E., Zhuravlev A.V. Carbon cycle models based on extreme changes in $\delta^{13}\text{C}$: an example from the lower Mississippian // Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology. - 2004. – Vol. 213. – P. 359–377.

Saltzman M.R., Thomas E. Carbon Isotope Stratigraphy. - The Geologic Time Scale 2012. - P. 212-246. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59425-9.00011-1>

Sobolev D.B., Zhuravlev A.V., Tsyganko V.S. Stop 3. Upper Devonian - Lower Carboniferous succession on the Kozhym River. - Geology of the Devonian System. Subpolar Urals Field Trip Guidebook. – Syktyvkar. - 2002. - P. 21-42.

Wang Q., Qi Y., Korn D., Chen J., Sheng Q., Nemyrovska T. Progress on the Viséan–Serpukhovian boundary in South China and Germany // Newsletter on Carboniferous Stratigraphy.

– 2017. - 33. - P. 35-42.

Yao L., Qie W., Luo G., Liu J., Algeo T. J., Bai X., Yang, B. & Wang, X. The TICE event: Perturbation of carbon-nitrogen cycles during the mid-Tournaisian (Early Carboniferous) greenhouse-icehouse transition // *Chemical Geology*. – 2015. - Vol. 401. – P. 1-14.

Yudina A.B., Racki G., Savage N.M., Racka M., and Małkowski K. The Frasnian–Famennian events in a deep–shelf succession, Subpolar Urals: biotic, depositional and geochemical records // *Acta Palaeontologica Polonica*. - 2002. - 47(2). – P. 355–372.

Zhuravlev A.V., Sokiran E.V., Evdokimova I.O., Dorofeeva L.A., Rusetskaya G.A., Małkowski R. Fauna and facies changes at the Early-Middle Frasnian boundary in the North-West of the East European Platform // *Acta Palaeontologica Polonica*. – 2006. - 51(4). – P. 747-758.

Zhuravlev A.V., Smoleva I.V. Carbon isotope values in conodont elements from the latest Devonian - Early Carboniferous carbonate platform facies (Timan-Pechora Basin) // *Estonian Journal of Earth Sciences*. - 2018. - 67(4). – P. 238-246. DOI: <https://doi.org/10.3176/earth.2018.17>

Erofeevskiy A.V., Zhuravlev A.V.

N.P. Yushkin Institute of Geology Komi SC UrB RAS, Syktyvkar, Russia, rofeevsky1@gmail.com

PERSPECTIVES OF APPLICATION OF ISOTOPE-STRATIGRAPHY ($\delta^{13}\text{C}_{\text{CARB}}$) FOR CORRELATION OF THE UPPER DEVONIAN – CARBONIFEROUS INTERVAL OF THE EAST OF TIMAN-PECHORA PROVINCE

Perspectives of application of the $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ - based isotope stratigraphy for regional stratigraphy of the Timan-Pechora Province are considered. Global shifts in $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ value, which promise reliable stratigraphical levels, are selected: positive shifts at the Middle/Upper Devonian boundary, in the middle and upper Frasnian, terminal Famennian, upper Tournaisian, near the Visean/Serpukhovian boundary, and in the lower part of the Bashkirian. Some of these shifts had been detected in the Timan-Pechora sequences earlier and are dated with biostratigraphy. The main task of the future researches is obtaining reliable information on primary variations of $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ in the sequences of the regional strata.

Keywords: isotope stratigraphy, Upper Devonian, Carboniferous, Timan-Pechora Province.

References

Algeo T.J., Wilkinson B.H., Lohmann K.C. Meteoric-burial diagenesis of Middle Pennsylvanian limestones in the Orogrande Basin, New Mexico: Water/rock interactions and basin geothermics. *J. Sediment. Petrol.*, 1992, 62, p. 652–670.

Buggisch W. & Joachimski M. Carbon isotope stratigraphy of the Devonian of Central and Southern Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2006, 206, p. 68–88.

Chernmykh V.A. *Stratigrafiya karbona severa Urala* [Stratigraphy of the Carboniferous of the north of the Urals]. Leningrad, Nauka, 1976, 303 p.

Deulin Yu.V. *Konodonty i korrelyatsiya produktivnykh na neft' verkhnedevonskikh otlozheniy Severa Timano-Pechorskoy provintsii* [Conodonts and the correlation of oil-producing Upper Devonian deposits of the North of the Timan-Pechora Province]. Arkhangel'sk, GIN RAN, 2006, 253 p.

Durkina A.V. *Foraminifery nizhnkamennougol'nykh otlozheniy Timano-Pechorskoy provintsii* [Lower Carboniferous Foraminifera deposits of the Timan-Pechora Province]. *Mikrofauna SSSR. Trudy VNIGRI*, 1959, issue 136, p. 132–389.

Durkina A.V. *Foraminifery serpukhovskogo yarusa Timano-Pechorskoy provintsii* [Foraminifera of the Serpukhovian age of the Timan-Pechora Province]. St. Petersburg, 2002, 198 p.

Joachimski M.M., Buggisch W., Anders T. Mikrofazies, Conodontenstratigraphie und Isotopengeochimie des Frasn/Famenne Grenzprofils Wolayer Gletscher (Karnische Alpen). *Abh. Geol. Bundesanst. Wien*, 1994, 50, p. 183–195.

Joachimski M.M., Ostertag-Henning C., Pancost R.D., Strauss H., Freeman K.H., Littke Ralf, Sinninghe Damsté J., Racki G. Water column anoxia, enhanced productivity and concomitant changes in $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{34}\text{S}$ across the Frasnian–Famennian boundary (Kowala–Holy Cross Mountains/Poland). *Chemical Geology*, 2001, 175, p. 109–131.

Kaiser S.I., Steuber T., Becker R.T., Joachimski M.M. Geochemical evidence for major environmental change at the Devonian–Carboniferous boundary in the Carnic Alps and the Rhenish Massif. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2006, 240, p. 146–160.

Kaufman A.J., Knoll A.H. Neoproterozoic variations in the C-isotopic composition of seawater: Stratigraphic and biogeochemical implications. *Precambrian Res.*, 1995, 73, p. 27–49.

Kostygova P.K. *Pechorskiy paleobasseyn v vizeyskom i serpukhovskom vekakh i foraminifery nizhnego vize* [The Pechora paleobasin in the Visean and Serpukhov time and Lower Visean Foraminifera]. St. Petersburg: VSEGEI, 2004, 203 p.

Menner V.Vl., Shuvalova G.A. *O sovershenstvovanii regional'noy stratigraficheskoy skhemy produktivnogo kompleksa verkhnego devona Timano-Pechorskoy provintsii: metodika, rezul'taty*,

problemy [Improving the regional stratigraphic scheme of the productive complex of the Timan-Pechora Upper Devonian: methods, results, problems]. Stratigrafiya i ee rol' v razvitiï neftegazonosnogo kompleksa Rossii. St. Petersburg: VNIGRI, 2007, p. 79-100.

Nikolaev A.I. *Foraminifery i zonal'naya stratigrafiya bashkirskogo yarusa vostoka Timano-Pechorskoy provintsii* [Foraminifera and zonal stratigraphy of the Bashkir stage east of the Timan-Pechora Province]. Byulleten' paleontologicheskogo i litologicheskogo kolleksiionnogo fonda VNIGRI N 2, St. Petersburg, Nedra, 2005, 157 p.

Nikolaev A.I. *Foraminifery i zonal'naya stratigrafiya bashkirskogo yarusa vostoka Timano-Pechorskoy provintsii* [Foraminifera and zonal stratigraphy of the Bashkirian stage east of the Timan-Pechora Province]. Byulleten' paleontologicheskogo i litologicheskogo kolleksiionnogo fonda VNIGRI N 2, St. Petersburg, Nedra, 2005, 157 p.

Nikolaev A.I., Zhuravlev A.V. *Granitsa nizhnego i srednego otdelov kamennougol'noy sistemy Timano-Pechorskoy neftegazonosnoy provintsii* [Timan-Pechora province: boundary of the Lower and Middle section of Carboniferous system]. Neftgazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika, 2016, vol. 11, no. 2, available at: http://www.ngtp.ru/rub/2/15_2016.pdf. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/15_2016

Nikonov N.I., Bogatskiy V.I., Martynov A.V., Larionova Z.V., Laskin V.M., Galkina L.V., Dovzhikova E.G., Ermakova O.L., Kostygova P.K., Kuranova T.I., Moskalenko K.A., Pankratov Yu.A., Petrenko E.L., Popova E.V., Surina A.I., Shabanova G.A. *Timano-Pechorskiy sedimentatsionnyy basseyn. Atlas geologicheskikh kart* [Timan-Pechora sedimentary basin. Atlas of geological maps]. Ukhta, 2000, 67 p.

Plotitsyn A.N., Sobolev D.B., Gruzdev D.A. *Novye dannye o pogranichnykh otlozheniyakh devona i karbona na Pripolyarnom Urale (r. Syv'yu)* [New data on Devonian-Carboniferous boundary in Subpolar Urals section (Syv'yu River)]. Vestnik IG Komi NTs UrO RAN, 2014, no. 6, p.13-20.

Plotitsyn A.N., Zhuravlev A.V., Sobolev D.B., Vevel' Ya.A., Gruzdev D.A. *Granitsa devona i karbona na zapadnom sklone severa Urala i Priural'ya* [The boundary of the Devonian and Carboniferous - on the western slope of the North Urals and Pre-Urals.]. Trudy Paleontologicheskogo obshchestva, vol. 1. Moscow: PIN RAN, 2018, p. 90-107.

Qie W.K., Zhang X.H., Du Y.S., Zhang Y. Lower Carboniferous carbon isotope stratigraphy in South China: Implications for the Late Paleozoic glaciation. *Sci. China Earth Sci.*, 2011, 54, p. 84–92. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11430-010-4062-4>

Racki G., Joachimski M.M. & Morrow J.R. A major perturbation of the global carbon budget in the Early–Middle Frasnian transition (Late Devonian). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2008, 269, p. 127–129.

Saltzman M.R. Carbon and oxygen isotope stratigraphy of the Lower Mississippian (Kinderhookian–early Osagean), western United States: implications for seawater chemistry and glaciation. *Geological Society of America Bulletin*, 2002, no. 114, p. 96–108.

Saltzman M.R., Groessens E., Zhuravlev A.V. Carbon cycle models based on extreme changes in $\delta^{13}\text{C}$: an example from the lower Mississippian. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 2004, vol. 213, p. 359–377.

Saltzman M.R., Thomas E. Carbon Isotope Stratigraphy. - *The Geologic Time Scale*, 2012, p. 212-246. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59425-9.00011-1>

Sobolev D.B. *Evolutsiya i bioraznoobrazie rannekamennougol'nykh ostrakod na sobytiynykh urovnyakh* [Evolution and biodiversity of early Carboniferous Ostracods at particular event levels]. Biogeologiya, evolyutsiya organizmov i bioraznoobraziya v geologicheskoy istorii Timano-Severoural'skogo regiona. Syktyvkar: Geoprint, 2011, p. 102-108.

Sobolev D.B., Zhuravlev A.V., Popov V.V., Vevel' Ya.A. *Depressionnyy tip razreza verkhnego vize-serpukhova na Pripolyarnom Urale* [The depression type of the Upper Viséan–Serpukhovian succession in the Subpolar Urals]. *Litosfera*, 2015, no. 4, p.62-72.

Sobolev D.B., Zhuravlev A.V., Tsyganko V.S. Stop 3. Upper Devonian - Lower Carboniferous succession on the Kozhym River. - *Geology of the Devonian System. Subpolar Urals*

Field Trip Guidebook, Syktyvkar, 2002, p. 21-42.

Soboleva M.A., Sobolev D.B., Matveeva N.A. *Razrez franskogo yarusa na r. Kozhym (zapadnyy sklon Pripolyarnogo Urala) – rezul'taty biostratigraficheskikh, bio-, litofatsial'nykh i izotopno-geokhimicheskikh issledovaniy* [Frasnien section on the Kozhym River (the western slope of Polar Urals) - results of biostratigraphic, bio- and lithofacies, isotopic and geochemical studies]. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika*, 2018, vol. 13, no. 1, available at: http://www.ngtp.ru/rub/2/2_2018.pdf. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/2_2018

Vevel' Ya.A., Gruzdev D.A., Zhuravlev A.V. *Foraminifery i konodonty melkovodnykh otlozheniy ranneserpukhovskogo vozrasta v razreze na r. Kamenka (yug Pechoro-Kozhvin'skogo megavala)* [Foraminifers and conodonts from the early Serpukhovian Kamenka River shallow-water section (south of the Pechora-Kozhva swell)]. *Syktyvkar'skiy paleontologicheskiy sbornik*, 2017, no. 8, issue 130, p. 14-23. (Trudy Instituta geologii Komi nauchnogo tsentra UrO RAN).

Vevel' Ya.A., Zhuravlev A.V., Popov V.V. *Pogranichnye otlozheniya devonskoy i kamennougol'noy sistem v razreze na r. Kamenka (Pechoro-Kozhvin'skiy megaval, Timano-Pechorskaya provintsiya)* [Deposits of the Devonian and Carboniferous boundary in the Kamenka River section (Pechora-Kozhvin'skiy megaswell, Timan-Pechora province)]. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika*, 2012, vol. 7, no. 1, available at: http://www.ngtp.ru/rub/2/6_2012.pdf

Vinogradov V.I. *Otazhenie global'nykh izmeneniy prirodnoy sredy v izotopnykh kharakteristikakh osadochnykh porod* [Reflection of global environment changes in isotope characteristics of sedimentary rocks]. *Biosfera-ekosistema-biota v proshlom Zemli: paleobiogeograficheskie aspekty (k 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika V.V. Mennera)*. Trudy Geologicheskogo instituta RAN, 2005, issue 516, p. 433-466.

Wang Q., Qi Y., Korn D., Chen J., Sheng Q., Nemyrovska T. Progress on the Viséan-Serpukhovian boundary in South China and Germany. *Newsletter on Carboniferous Stratigraphy*, 2017, 33, p. 35-42.

Yao L., Qie W., Luo G., Liu J., Algeo T.J., Bai X., Yang, B. & Wang, X. The TICE event: Perturbation of carbon-nitrogen cycles during the mid-Tournaisian (Early Carboniferous) greenhouse-icehouse transition. *Chemical Geology*, 2015, vol. 401, p. 1-14.

Yudina A.B., Racki G., Savage N.M., Racka M., and Małkowski K. The Frasnian–Famennian events in a deep–shelf succession, Subpolar Urals: biotic, depositional and geochemical records. *Acta Palaeontologica Polonica*, 2002, 47(2), p. 355–372.

Zhuravlev A.V. *Konodonty verkhnego devona – nizhnego karbona severo-vostoka Evropeyskoy Rossii* [Conodonts of the Upper Devonian - Lower Carboniferous of the North-East of European Russia]. St. Petersburg: Izd-vo VSEGEI, 2003, 85 p.

Zhuravlev A.V., Smoleva I.V. Carbon isotope values in conodont elements from the latest Devonian - Early Carboniferous carbonate platform facies (Timan-Pechora Basin)// *Estonian Journal of Earth Sciences*, 2018, 67(4), p. 238-246. DOI: <https://doi.org/10.3176/earth.2018.17>

Zhuravlev A.V., Sokiran E.V., Evdokimova I.O., Dorofeeva L.A., Rusetskaya G.A., Małkowski R. Fauna and facies changes at the Early-Middle Frasnian boundary in the North-West of the East European Platform. *Acta Palaeontologica Polonica*, 2006, 51(4), p. 747-758.

Zhuravlev A.V., Vevel' Ya.A. *Pozdneturneyskoe sobytie v razrezakh Kos'yu-Rogovskoy vpadiny i ee obramleniya (Timano-Pechorskaya provintsiya)* [The late Tournaisian Event in the successions of the Kosyu-Rogovaya Depression and adjacent areas (Timan-Pechora Province)]. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika*, 2018, vol. 13, no. 1, available at: http://www.ngtp.ru/rub/2/3_2018.pdf. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/3_2018

Zhuravlev A.V., Vevel' Ya.A. *Srednekamennougol'naya granitsa na severe Pay-Khoya – korrelyatsiya melkovodnykh i glubokovodnykh razrezov* [The Middle Carboniferous boundary in the north of Pay-Khoy]. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya Estestvennyye nauki*, 2017, vol. 159, book 1, p. 152–163.