

DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/5\\_2019](https://doi.org/10.17353/2070-5379/5_2019)

УДК 56.071.63:551.735.1(470.111)

**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, [micropalaeontology@gmail.com](mailto:micropalaeontology@gmail.com)

## **ТАФНОМИЯ КОНОДОНТОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ МЕЛКОВОДНОГО КАРБОНАТНОГО ШЕЛЬФА НА ПРИМЕРЕ НИЖНЕГО КАРБОНА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОГО БАССЕЙНА**

*Рассмотрены тафономические особенности конодонтовых элементов в мелководных глинисто-карбонатных отложениях. Во всех литотипах отмечены следы гидродинамической сортировки конодонтовых элементов при отсутствии признаков диахронного переотложения. Значительные концентрации конодонтовых элементов, обеспечивающие получение представительных комплексов, характерны для мадстоунов, вакстоунов и вак-пакстоунов; грейнстоуны содержат, как правило, лишь единичные конодонтовые элементы.*

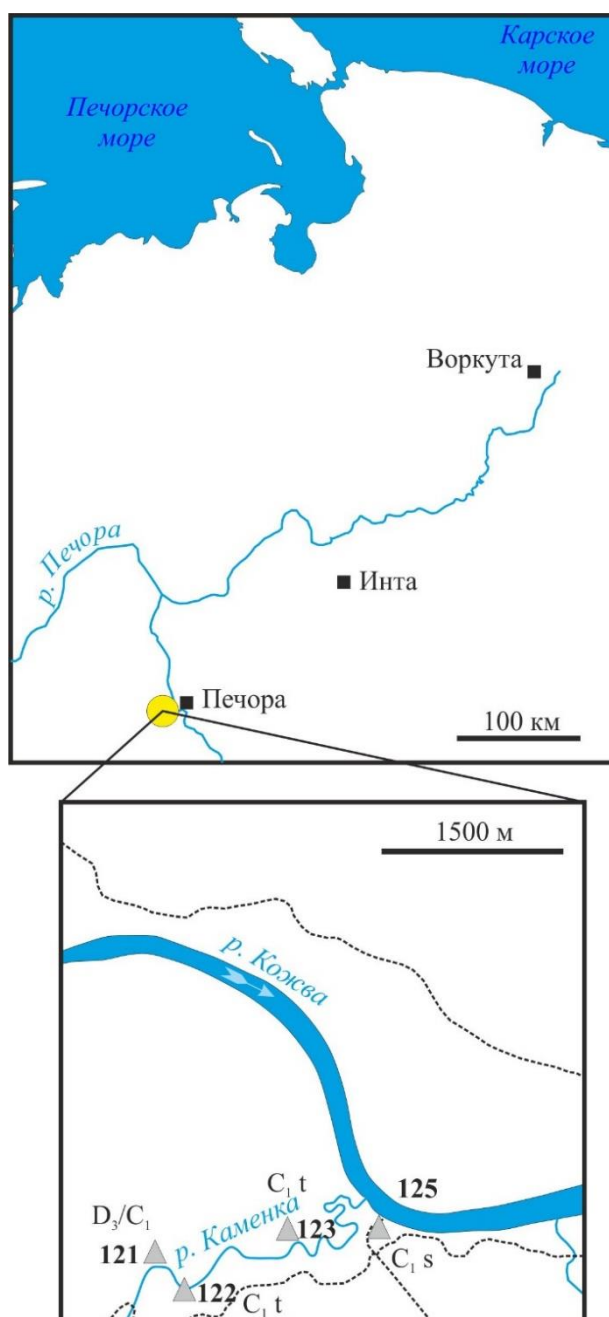
**Ключевые слова:** *нижний карбон, конодонты, тафономия, Тимано-Печорский бассейн.*

Традиционно, биостратиграфия верхнего девона и нижнего карбона Тимано-Печорского осадочного бассейна основывается на данных по фораминиферам [Костыгова, 2004]. Однако в некоторых случаях эта группа органических остатков дает неопределенные результаты, например, в нижней части турнейского яруса, в серпуховском ярусе, а также на границе нижнего и среднего карбона [Вевель, Журавлев, Попов, 2012; Вевель, Груздев, Журавлев, 2017; Николаев, Журавлев, 2016]. В этих интервалах более детальное и надежное расчленение и корреляцию разрезов обеспечивают конодонты [Журавлев, 2003]. Несмотря на это, данные по конодонтам верхнефаменско-серпуховского интервала Тимано-Печорского бассейна остаются фрагментарными, особенно это справедливо для кернового материала. Одной из ключевых причин такого положения дел являются тафономические особенности конодонтовых элементов в мелководных отложениях, которые обуславливают необходимость тщательного планирования пробоотбора. Далеко не все литологические типы морских отложений содержат концентрации конодонтовых элементов, достаточные для получения из кернового материала представительных комплексов. Данная статья нацелена на анализ тафономических особенностей конодонтов в мелководно-морских отложениях и выработку рекомендаций по рациональному опробованию керна скважин.

Актуальность исследования подтверждается статистическими данными: из обработанных автором на конодонты образцов керна из нижнекаменноугольного

стратиграфического интервала, конодонтовые элементы содержатся лишь в примерно 20% образцов (45 образцов из 204). Такой результат обусловлен, преимущественно, случайным пробоотбором, поскольку при целенаправленном отборе из сходных фаций процент непустых образцов возрастает, в среднем, до 60% (116 образец из 192).

В качестве модельных разрезов использована серия хорошо изученных обнажений верхнефаменско-нижнекаменноугольного интервала в южной части Печора-Кожвинского мегавала, в бассейне р. Кожва [Чернов, 1960; Вевель, Журавлев, Попов, 2012; Вевель, Груздев, Журавлев, 2017] (рис. 1).



**Рис. 1.** Схема расположения изученных разрезов

121 – местоположение отбора образцов. Возраст отложений:  $D_3/C_1$  – позднедевонско-раннекаменноугольный,  $C_{1t}$  – турнейский,  $C_{1s}$  – серпуховской.

Отложения позднедевонско-раннекаменноугольного (позднефаменско-серпуховского) возраста в этом районе представлены неравномерным волнисто-линзовидным чередованием детритовых известняков и известковистых глин, при преобладании известняков. Исключение составляет верхнетурнейско-нижневизейский интервал, представленный терригенно-глинистыми отложениями. Предполагается, что глинисто-карбонатные отложения верхнего фамена – среднего турне и верхнего визе – серпухова сформировались в мелководной части бассейна при участии сортирующего воздействия волн на донный осадок [Вевель, Журавлев, Попов, 2012; Вевель, Груздев, Журавлев, 2017]. Это воздействие варьировало от крайне слабого (глины, мад- и вакстоуны) до существенного (пак- и грейнстоуны). При этом участки с различной придонной гидродинамикой могли сменять друг друга по латерали на незначительных расстояниях. Например, в зоне волновой ряби гребни валов формировались в активноводных условиях (отложения представлены пак- и грейнстоунами), а в межваловых промежутках происходила седиментация в относительно спокойноводных условиях (накапливались глины, мад- и вакстоуны). Размеры валов по латерали варьировали от первых десятков сантиметров до первых метров при высоте от первых сантиметров до первых десятков сантиметров, что непосредственно наблюдается в изученных разрезах.

При анализе тафономии конодонтовых элементов использовались литологические типы, основанные на структурно-текстурной классификации Р. Данхэма (мад-, вак-, пак- и грейнстоуны), поскольку данная классификация исходно создавалась именно для разделения карбонатов по динамике среды их накопления.

Предполагается, что основными тафономическими факторами, определяющими сохранность и полноту конодонтовых комплексов в мелководно-морских условиях, являются сортирующая и транспортирующая деятельность волн, а также процессы фрагментация конодонтовых элементов при транспортировке, уплотнении и диагенетических преобразованиях осадка.

На изученном материале была проведена оценка степени влияния указанных факторов на полноту и пригодность конодонтовых комплексов для биостратиграфических построений.

На посмертное переотложение, сортировку и последующее захоронение конодонтовых элементов определяющее влияние оказывала динамика среды осадконакопления. Конодонтовые элементы в среднем обладают гидравлической крупностью алеврит-мелкопесчаных частиц и по этой причине легко переносятся водными потоками [McGoff, 1991; Журавлев, 2012]. Кроме того, различные по морфологии конодонтовые элементы одного размера имеют различную гидравлическую крупность и, благодаря этому, подвергаются сортировке при переотложении в водной среде [McGoff, 1991; Журавлев, 2012]. Для оценки интенсивности этого процесса было предложено использовать тройные

диаграммы, отражающие соотношение P (преимущественно платформенные и листовидные), S (рамыформные удлиненные) и M (рамыформные короткие) элементов в образце [Журавлев, 2012]. Степень фракционирования конодонтовых элементов отражается на этих диаграммах в отличии наблюдаемых соотношений от теоретического, отвечающего соотношению элементов в озаркодинидном конодонтовом аппарате (4P, 9S, 2M). Подсчет элементов различных типов проводился по целым элементам и по фрагментам, на которых присутствует главный зубец и базальная полость [Журавлев, 2012].

Построенные по описанной выше методике тройные диаграммы для различных литологических типов пород показывают, что в большинстве образцов соотношения элементов значительно смещены относительно теоретического в сторону преобладания платформенных (рис. 2). Таким образом, большинство комплексов несут следы гидродинамической сортировки. Примечательно, что сортированными по морфологии оказываются комплексы конодонтов, полученные как из отложений, сформировавшихся при низкой динамике (мад и вакстоуны), так и из «высокодинамичных» отложений (пак- и грейнстоуны). Это объясняется пространственной близостью накопления этих отложений (от первых десятков сантиметров до первых метров) и сортировкой конодонтовых элементов в придонной взвеси. При осаждении конодонтовые элементы распределялись по донным осадкам в значительной степени случайным образом.

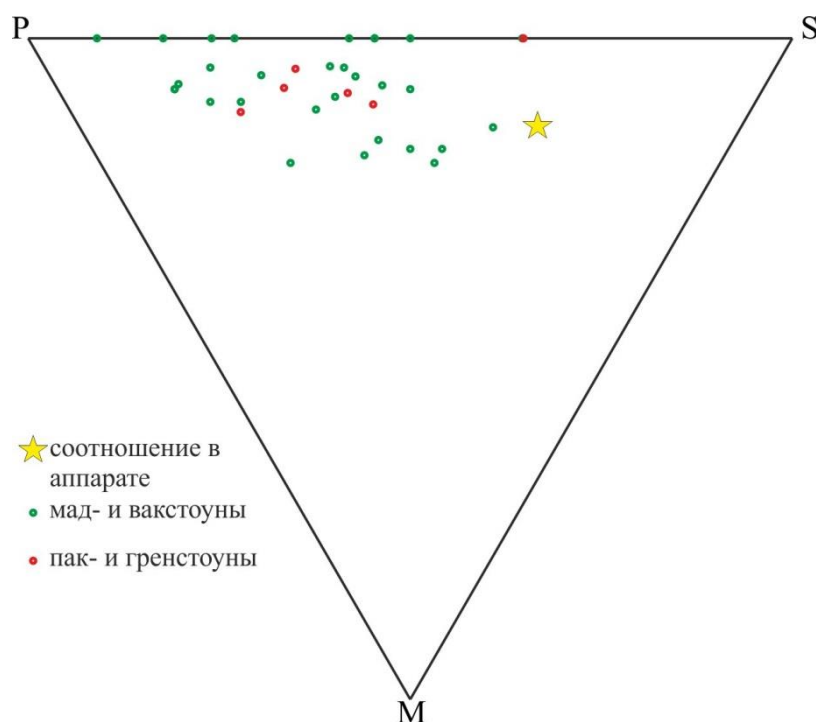
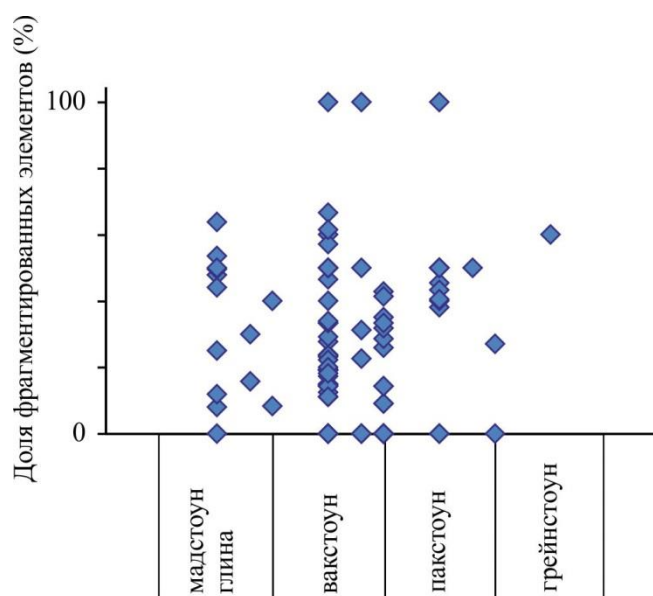


Рис. 2. Соотношение P, S и M конодонтовых элементов в образцах из различных литологических типов

Таким образом, принципиального влияния вариаций состава (текстурно-структурных особенностей) мелководных глинисто-карбонатных отложений на степень сортировки конодонтовых элементов не установлено. В этом заключается существенное отличие тафономии конодонтовых элементов в мелководных условиях от глубоководно-шельфовых, где существенная сортировка отмечается в нижней и средней части карбонатных градационных циклитов и отсутствует в верхней части [Babek, Kalvoda, 2001; Журавлев, 2012; Плотницын, Груздев, Журавлев, 2018]. Кроме того, в мелководных отложениях, в отличие от глубоководных, практически не отмечается диахронное переотложение конодонтовых элементов [Журавлев, 2003, 2012], поскольку осадочный материал, как правило, имеет здесь субавтохтонную природу, а не является продуктом размыва более древних отложений.

Степень сохранности комплексов можно оценить по процентному содержанию обломков конодонтовых элементов. Распределение этого показателя по различным литологическим типам пород показано на рис. 3. В среднем, обломки составляют около 28% комплексов. Отчетливой зависимости от состава вмещающей породы не наблюдается. Это позволяет предположить, что фрагментация конодонтовых элементов происходила уже после их попадания в осадок, скорее всего, на этапе диаганеза за счет неравномерного уплотнения окружающего материала и роста кристаллов карбоната.



**Рис. 3. Распределение доли фрагментированных конодонтовых элементов в образцах различных литотипов**

Еще одним показателем сохранности конодонтового комплекса и его пригодности для биостратиграфических построений может служить количество Ра элементов (по которым,

как правило, проводится таксономическая диагностика) в образце. Сравнимость этого параметра обеспечивается более-менее унифицированным размером рассматриваемых образцов, вес которых составлял около 1 кг. Распределение количества Ра элементов по литологическим типам показывает наличие максимума в вак-пакстоунах (до 90 Ра элементов на образец) и существенное снижение в пак- и грейнстоунах (рис. 4). Такое распределение может быть обусловлено выносом большей части конодонтовых элементов из областей с высокой гидродинамикой, где накапливались пак- и грейнстоуны, на участки дна с пониженной динамикой придонных вод, где накапливались вакстоуны и вак-пакстоуны.

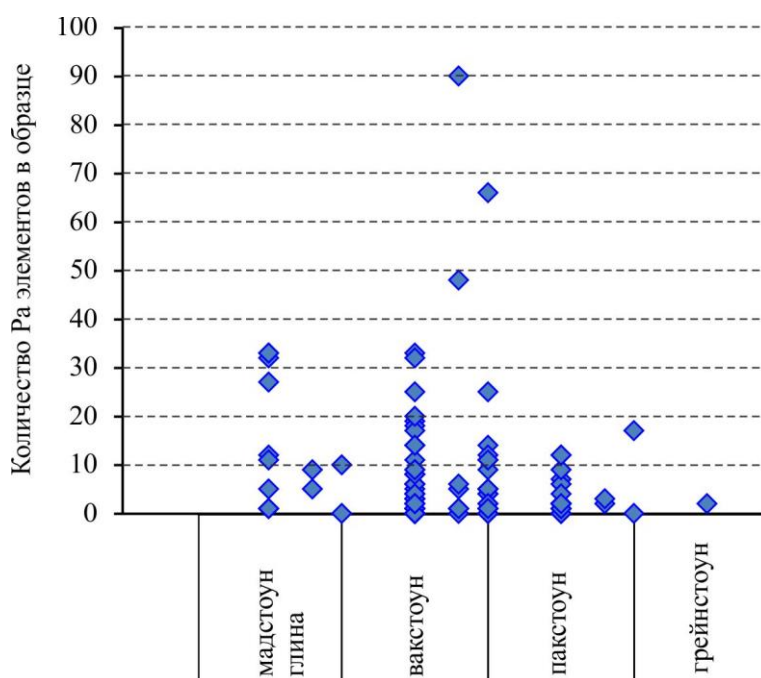
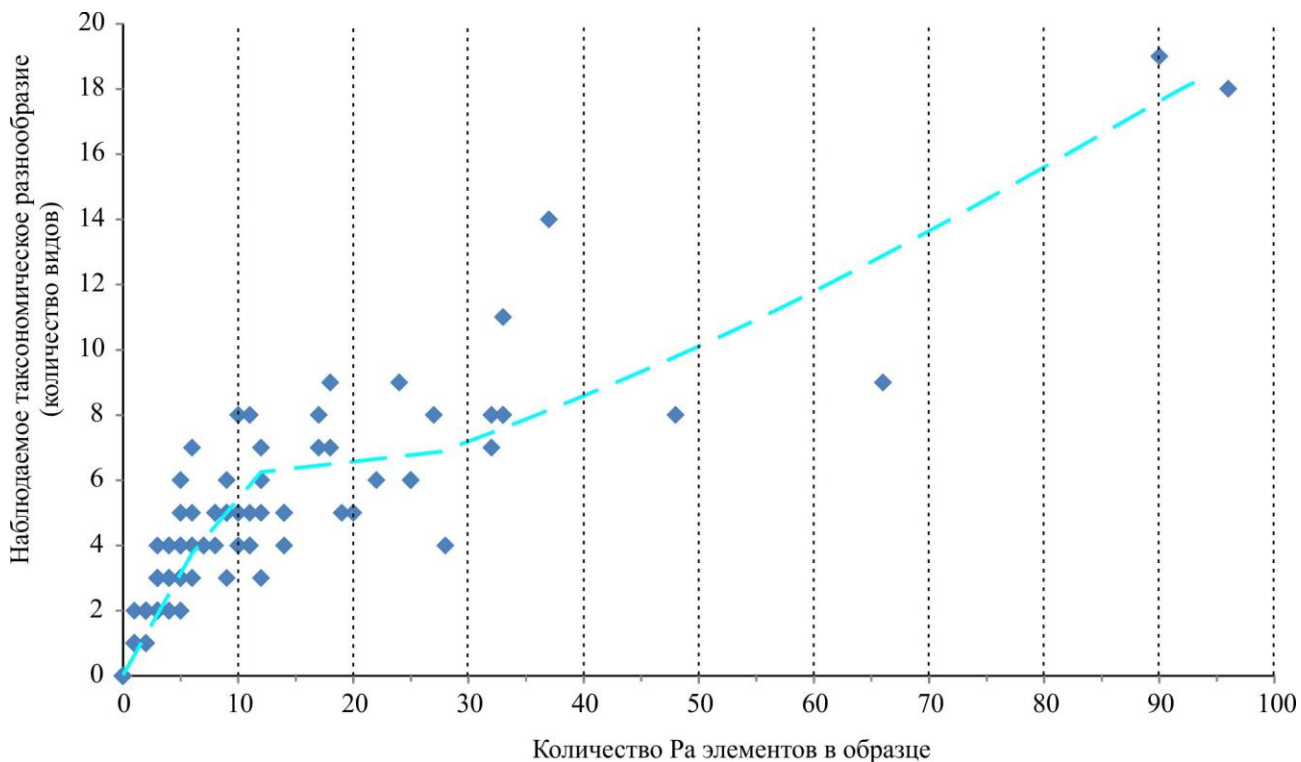


Рис. 4. Количество Ра конодонтовых элементов в образцах различных литотипов

Полноту получаемых данных о таксономическом составе конодонтовых комплексов можно оценить по зависимости наблюдаемого таксономического разнообразия от количества Ра элементов, найденных в образце (рис. 5). На приведенном графике видно, что быстрый рост наблюдаемого таксономического разнообразия происходит при увеличении количества найденных Ра элементов от 0 до 15-20. Дальнейшее увеличение числа найденных Ра элементов обеспечивает лишь незначительный прирост наблюдаемого разнообразия; только начиная с 30-50 Ра элементов повышается вероятность нахождения редких и экзотических таксонов (см. рис. 5). Из этих данных можно заключить, что для достаточно полной таксономической характеристики комплекса необходимым является наличие в образце не менее 15-20 Ра элементов. Такое количество Ра элементов при стандартном размере образца на конодонты (около 1 кг), согласно графику на рис. 4, можно ожидать в мад-, вак- и вак-

пакстоунах, но маловероятно в пак- и грейнстоунах.



**Рис. 5. Зависимость наблюдаемого в образце таксономического разнообразия от количества Ра элементов**

На основе проведенных исследований можно сделать ряд выводов и рекомендаций по рациональному опробованию на конодонты керна скважин, вскрывших каменноугольные мелководные отложения. Не установлено принципиального влияния вариаций состава мелководных отложений на степень сортировки и сохранности конодонтовых элементов, однако мадстоуны, вакстоуны и вак-пакстоуны содержат, как правило, более представительные конодонтовые комплексы. Пакстоуны и грейнстоуны обычно содержат меньше конодонтовых элементов (или не содержат их вовсе), что не обеспечивает полноты таксономической характеристики комплексов, и, таким образом, делает малодостоверной биостратиграфическую интерпретацию. Поэтому при опробовании на конодонты керна скважин целесообразно отбирать образцы из глин и карбонатных пород со значительным содержанием микрофитов (мадстоунов, вакстоунов и вак-пакстоунов) и избегать отбора пак- и грейнстоунов. Указанные литологические разности могут быть распознаны без изготовления шлифов, путем просмотра сколов породы под лупой с увеличением  $10^{\times}$ . Это создает возможность оперативного принятия решения о перспективности тех или иных пород для опробования на конодонты еще на этапе описания керна.

### Литература

*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. - 2017. - № 8. - С. 14-23. (Труды Института геологии Коми научного центра УрО РАН, Вып. 130).

*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](http://www.ngtp.ru/rub/2/6_2012.pdf)

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

*Журавлев А.В.* Тафономия конодонтовых элементов в позднедевонско-раннекаменноугольных турбидитах севера Урала и Пай-Хоя // Литосфера. – 2012. - № 3. – С.14-21.

*Костыгова П.К.* Печорский палеобассейн в визейском и серпуховском веках и фораминиферы нижнего визе. - СПб: Изд. Санкт-Петербургской картографической фабрики ВСЕГЕИ, 2004. - 204 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](http://www.ngtp.ru/rub/2/15_2016.pdf). DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/15\\_2016](https://doi.org/10.17353/2070-5379/15_2016)

*Плотицын А.Н., Груздев Д.А., Журавлев А.В.* Влияние тафономии на биостратиграфию глубоководно-шельфовых отложений по конодонтам // Современная микропалеонтология – проблемы и перспективы: труды XVII Всероссийского микропалеонтологического совещания (г. Казань, 24–29 сентября 2018 г.) / Отв. ред. М.С. Афанасьева и А.С. Алексеев. - М.: ПИН РАН, 2018. - С.339-343.

*Чернов Г.А.* Нижний карбон Печорской гряды // Сборник трудов по геологии и палеонтологии. - Сыктывкар, 1960. - С. 56-93.

*Babek O., Kalvoda J.* Compositional Variations and Patterns of Conodont Reworking in Late Devonian and Early Carboniferous Calciturbidites (Moravia, Czech Republic) // Facies. - 2001. - V.44. - P. 211–226. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02668175>

*McGoff H.J.* The hydrodynamics of conodont elements// Lethaia. - 1991. - V. 24. - P. 235–247. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1502-3931.1991.tb01472.x>



**Zhuravlev A.V.**

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

## **TAPHONOMY OF CONODONT ELEMENTS IN THE ENVIRONMENTS OF SHALLOW-WATER CARBONATE SHELF – THE LOWER CARBONIFEROUS OF THE EASTERN PART OF TIMAN-PECHORA BASIN AS EXAMPLE**

*Taphonomical peculiarities of conodont elements in the shallow-water clayey-carbonate deposits are considered. All the lithological types demonstrate traces of hydrodynamic sorting of conodont elements, but diachronous reworking is absent. Significant abundance of the conodont elements providing reliable biostratigraphical interpretation is characteristic of mudstones, wackestones, and pack-wackestones; grainstone samples are barren as a rule.*

**Keywords:** Lower Carboniferous, conodonts, taphonomy, Timan-Pechora basin.

### **References**

Babek O., Kalvoda J. Compositional Variations and Patterns of Conodont Reworking in Late Devonian and Early Carboniferous Calciturbidites (Moravia, Czech Republic). *Facies*, 2001, vol. 44, p. 211–226. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02668175>

Chernov G.A. *Nizhniy karbon Pechorskoy gryady* [Lower Carboniferous of the Pechora Swell]. *Sbornik trudov po geologii i paleontologii*. Syktyvkar, 1960, p. 56-93.

Kostygova P.K. *Pechorskiy paleobasseyn v vizeyskom i serpukhovskom vekakh i foraminifery nizhnego vize* [Pechora palaeobasin in the Viséan and Serpukhovian, and foraminifers of the Lower Viséan]. St. Petersburg: VSEGEI Publ., 2004, 204 p.

McGoff H.J. The hydrodynamics of conodont elements. *Lethaia*, 1991, vol. 24, p. 235–247. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1502-3931.1991.tb01472.x>

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]. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika*, 2016, vol. 11, no. 2, available at: [http://www.ngtp.ru/rub/2/15\\_2016.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/2/15_2016.pdf). DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/15\\_2016](https://doi.org/10.17353/2070-5379/15_2016)

Plotitsyn A.N., Gruzdev D.A., Zhuravlev A.V. Vliyanie tafonomii na biostratigrafiyu glubokovodno-shel'fovykh otlozheniy po konodontam [Taphonomical influence on the conodont biostratigraphy of the deep-water shelf deposits]. *Modern Micropaleontology – Problems and Prospects: proceedings of XVII All-Russian Micropaleontological Meeting (Kazan, September 24–29, 2018)*. Moscow: PIN RAS, 2018, p. 339-343.

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

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 provintsiiya)* [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](http://www.ngtp.ru/rub/2/6_2012.pdf)

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

Zhuravlev A.V. *Tafonomiya konodontovykh elementov v pozdnedevonsko-*

*rannekamennougol'nykh turbiditakh severa Urala i Pay-Khoya* [Conodont element taphonomy in the Late Devonian–Early Carboniferous turbidites of the north of Urals and Pay-Khoy]. *Litosfera*, 2012, no. 3, p. 14-21.

© Журавлев А.В., 2019