

DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/3\\_2018](https://doi.org/10.17353/2070-5379/3_2018)

УДК 551.735.1(470.13)

**Журавлев А.В., Вевель Я.А.**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии им. акад. Н.П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (ФГБУН ИГ Коми НЦ УрО РАН), Сыктывкар, Россия, [micropalaeontology@gmail.com](mailto:micropalaeontology@gmail.com)

## **ПОЗДНЕТУРНЕЙСКОЕ СОБЫТИЕ В РАЗРЕЗАХ КОСЬЮ-РОГОВСКОЙ ВПАДИНЫ И ЕЕ ОБРАМЛЕНИЯ (ТИМАНО-ПЕЧОРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ)**

*Позднетурнейское событие (Mid-Aikuanian Event) представляет собой существенное изменение в морской и наземной биоте, которое связывают с началом раннекаменноугольной фазы гондванского оледенения и сменой типа климата с парникового на ледниковый. В событие наблюдается один из самых высокоамплитудных в палеозое сдвигов изотопного соотношения углерода. Данная аномалия прослежена в скважине I-Кочмес и в разрезах на рр. Изъяю и Кожим. Установлено ее соответствие конодонтовым зонам *Siphonodella isosticha* и *Gnathodus typicus*, слоям с фораминиферами *Eoforschia gigantea* и *Dainella*, а также слоям с водорослями *Exvotarisella*. Следы позднетурнейского события являются перспективным стратиграфическим репером для корреляции разрезов скважин востока Тимано-Печорской провинции.*

*Ключевые слова:* нижний карбон, турнейский ярус, изотопная аномалия, позднетурнейское событие, Тимано-Печорская провинция, Косью-Роговская впадина.

### **Введение**

Позднетурнейское событие, известное также как Mid-Aikuanian Event, представляет собой существенное изменение в морской и наземной биоте, которое связывают с началом раннекаменноугольной фазы гондванского оледенения и сменой типа климата с парникового на ледниковый [Saltzman, 2002; Saltzman, Groessens, Zhuravlev, 2004; Yao et al., 2015]. Обусловленное оледенением изменение глобальной циркуляции водных масс и кратковременное повышение биопродуктивности фитопланктона проявилось в одном из самых высокоамплитудных в палеозое изменении изотопного соотношения углерода в морской воде, датируемого фазами *isosticha-typicus* [Saltzman, Groessens, Zhuravlev, 2004; Yao et al., 2015]. Наиболее полный обзор изотопно-геохимического проявления этого события дан в работе L. Yao с соавторами [Yao et al., 2015]. Относительная бедность фаунистических ассоциаций в верхней части турнейского яруса, обусловленная, в частности, влиянием позднетурнейского события, создает трудности в биостратиграфическом обосновании этого интервала. Особенно это актуально для мелководных фаций карбонатной платформы, которые занимали в позднем турне значительные площади в пределах восточной части современной Тимано-Печорской провинции [Никонов и др., 2000; Костыгова, 2004]. Конодонты, относительно многочисленные в глубоководных фациях этого возраста,

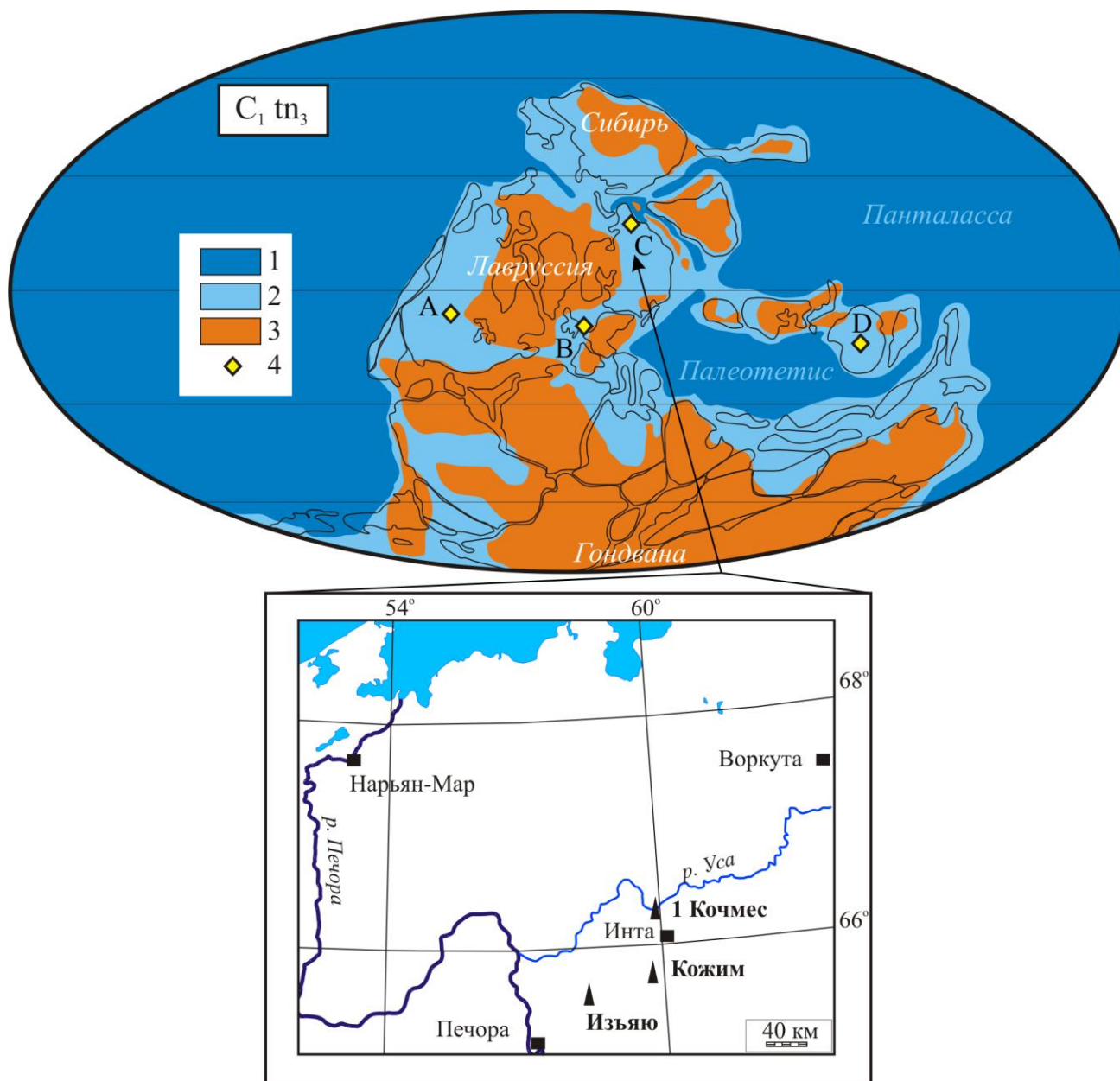
практически отсутствуют в мелководных отложениях [Журавлев, 2003]. Фораминиферы отличаются неравномерным распространением как по площади, так и по разрезу [Костыгова, 2004]. В связи с этим представляется актуальным поиск дополнительных, не биостратиграфических, критериев корреляции верхнетурнейских отложений.

Одним из перспективных критериев корреляции верхнего турне является высокоамплитудная изотопная аномалия по углероду, прослеженная в различных регионах мира (от Северной Америки до Южного Китая) и в различных фациях [Saltzman, 2002; Saltzman, Groessens, Zhuravlev, 2004; Yao et al., 2015] (рис. 1). Благодаря значительной амплитуде эта аномалия легко распознается в карбонатных разрезах и может служить надежным стратиграфическим репером. Цель данной работы состоит в прослеживании следов позднеурнейского события и маркирующей его изотопной аномалии на территории Косью-Роговской впадины и ее обрамления.

### Материал и методы

Материалом для работы послужили данные по трем разрезам, характеризующим различные фациальные пояса (см. рис. 1). В разрезе на юге гряды Чернышева (р. Изьяю, N65°32'59.28" E 58°40'28.38") верхнее турне представлено в мелководных карбонатных фациях. Разрез скв. 1-Кочмес (2920-3045 м) вскрывает верхнетурнейский интервал в мелководных карбонатных и глинисто-карбонатных фациях. Опорный разрез на р. Кожим (западный склон Приполярного Урала, N65°41'11.09" 59°46'1.38"E) характеризует верхнее турне в кремнисто-глинисто-карбонатных фациях внутришельфовой впадины. Из всех указанных разрезов изучена микрофауна (фораминиферы и конодонты) и известковые водоросли. Дополнительная палеонтологическая характеристика разреза на р. Кожим дана по предшествующим публикациям [Журавлев, 2003].

Биостратиграфические данные позволили с различной детальностью установить верхнетурнейский интервал во всех изученных разрезах. В разрезе на р. Изьяю он охарактеризован единичными находками фораминифер, в керне скв. 1-Кочмес найдены типичные известковые водоросли, а в разрезе на р. Кожим присутствуют находки конодонтов зон *isosticha*, *typicus* и *anchoralis*. Каждый разрез опробован на изотопно-углеводородные исследования. Для анализа использовалась микритовая составляющая карбонатов, которая извлекалась из образцов стальным микробуром при визуальном контроле под бинокулярным микроскопом. Изотопные соотношения углерода в карбонатах из разрезов на рр. Кожим и Изьяю изучены в Государственном университете Огайо (Каламбус, США) [Saltzman, Groessens, Zhuravlev, 2004], а из скв. 1-Кочмес - в ЦКП «Геонаука» (Сыктывкар, Россия). Погрешность определения составляла менее 0,05%.



**Рис. 1. Палеогеографическое и современное положение разрезов, где проявлены следы позднетурнейского события**

1 – океаны; 2 – шельфовые моря; 3 – суша; 4 – положение разрезов (А – Юта и Невада; В – Бельгия; С – Тимано-Печорский бассейн и Урал; D – Южный Китай); палеогеографическая карта дана по [Scotese, 2016];  $C_1tn_3$  – позднее турне.

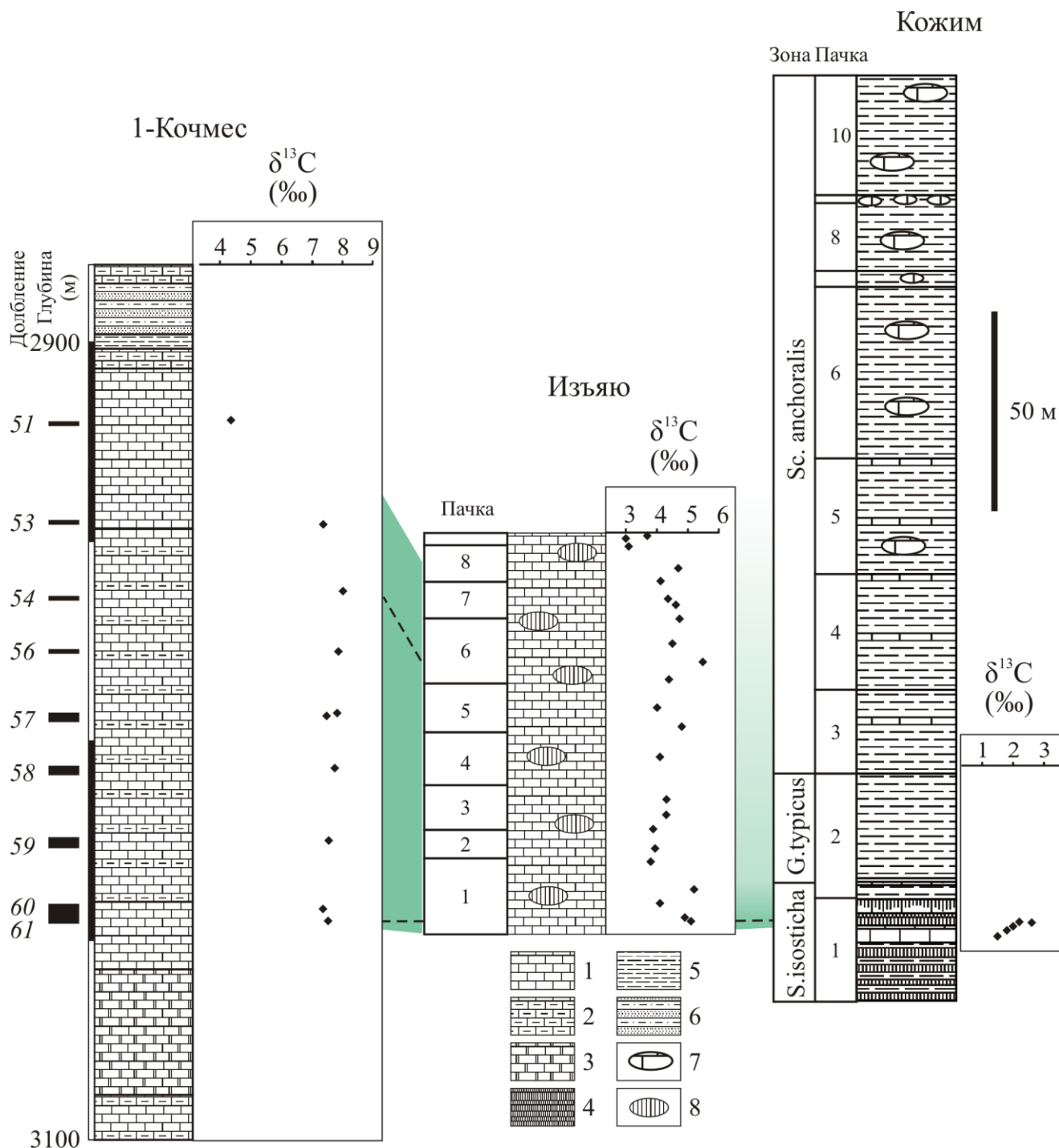
### Результаты

В скв. 1-Кочмес верхнее турне представлено в долблениях с 51 по 61 (рис. 2). Ниже приводится описание керна по долблениям, сверху вниз по разрезу.

Долбление 51 (интервал 2919,0-2920,2 м). Известняк серый до светло-серого пелиттонкодетритовый (пак-грейнстоун) неотчетливо пологоволнистослойчатый. Редкие зеленые водоросли *Kamaena delicata* Antropov.

Долбление 53 (интервал 2945,0-2945,8 м). Известняк светло-серый мелко-

среднедетритовый литобиокластический (грейнстоун) волнистослойчатый, со створками брахиопод и зелеными водорослями *Exvotarisella* sp.



**Рис. 2. Схема сопоставления разрезов верхнего турне с использованием биостратиграфических и изотопно-геохимических данных**

1 – известняки; 2 – глинистые известняки; 3 – доломиты; 4 – силициты; 5 – аргиллиты; 6 – тонкое чередование аргиллитов и силицитов; 7 – карбонатно-глинистые конкреции; 8 – кремнистые конкреции.

Долбление 54. (интервал 2961,5-2962,8 м). Известняки светло-серые тонко-мелкодетритовые (грейнстоуны) пологоволнистослойчатые. Редкие зеленые водоросли

*Kamaena delicata* Antropov.

Долбление 56. (интервал 2976,0-2977,6 м). Известняки светло-серые средне-мелкодетритовые (грейнстоуны) волнисто-линзовиднослойчатые, переходящие вниз по разрезу в известняки серые мелкодетритовые неотчетливо волнистослойчатые. Зеленые водоросли *Kamaena delicata* Antropov, *Exvotarisella* sp., *Aphanocapites granulosus* Maslov.

Долбление 57. (интервал 2992,2-2994,3 м). Известняки серые тонко-мелкодетритовые (пак-грейнстоуны) неотчетливо волнистослойчатые, в нижней части с битумными оторочками вокруг форменных элементов. Зеленые водоросли *Kamaena delicata* Antropov, *K. minuta* R.Ivanova, *Exvotarisella index* (Ehrenberg, emend. Moeller), *Crassikamaena foraminosa* Brenckle.

Долбление 58. (интервал 3005,8-3007,3 м). Известняки серые до светло-серых мелко-тонкодетритовые, в нижней части до мелкодетритовых (грейн-пакстоуны) с сутурными швами с битумной пропиткой. Текстура неотчетливо волнистослойчатая. Зеленые водоросли *Kamaena delicata* Antropov.

Долбление 59. (интервал 3023,1-3024,9 м). Известняки светло-серые мелко-тонкодетритовые (грейн-пакстоуны) неотчетливо пологоволнистослойчатые. Текстура подчеркнута распределением детрита и члеников криноидей.

Долбление 60. (интервал 3039,9-3042,8 м). Известняк серый до темно-серого мелкодетритовый (перекристаллизованный пакстоун) пологоволнистослойчатый. Битумные оторочки форменных элементов.

Долбление 61. (интервал 3042,8-3045,3 м). Известняк темно-серый пелит-тонкодетритовый (перекристаллизованный пакстоун). Волнистая слойчатость подчеркнута глинистыми примазками темно-серого цвета и мелкодетритовыми прослоями. Плохо сохранившиеся фораминиферы *Chernyshinella glomiformis* (Lipina) и *Palaeospiroplectammia* sp.

Изотопная аномалия по углероду охватывает практически весь описанный интервал разреза, за исключением долбления 51. Амплитуда аномалии составляет более 8‰ (см. рис. 2).

В разрезе на р. Изьяю верхнетурнейский интервал сложен следующей последовательностью пачек (описание снизу вверх по разрезу) (см. рис. 2):

1. Известняки биокластические (пак- и пак-вакстоуны), преимущественно спикуловые, темно-серые, массивные. Характерны волнистые поверхности напластования. Биокласты представлены спикулами, раковинами остракод, фораминифер *Brunsia irregularis* (Moeller), *Brunsia pulchra* Mikhailov, *Pseudoammodiscus planus* (Moeller) *minima* Lipina, *Pseudoplanoendothyra* sp., *Spinoendothyra costifera* Lipina, *Spinoendothyra tenuiseptata* Lipina,

*Tournayella discoidea angusta* Lipina, *Tournayella discoidea* Dain f. *maxima*, *Tournayella discoidea* Dain f. *minima*, *Eoforschia gigantea minoris* (Lipina), члениками криноидей, редкими остатками брахиопод, гастропод, мшанок, известковых водорослей *Parakamaena* sp., *Radiosphaera ponderosa* Reitlinger и сколекодонтами. Темно-серые кремни формируют тонкие конкреционные плиты и конкреции различной формы. Мощность 19 м.

2. Известняки биокластические (пак-вакстоуны) светло-серые, сильно окремненные, массивные. Окремнение распределено неравномерно. Характерны ровные поверхности напластования. В верхней части пачки рассеянная вкрапленность сульфидов. Присутствуют остатки известковых водорослей, остракод, криноидей, фораминифер *Endothyra* (*Latiendothyra*) *notabilis* Ganelina, *Endothyra* spp., *Tournayella discoidea* Dain, *Tournayellina* ex gr. *beata* (Malakhova) и спикул. Мощность 7 м.

3. Известняки лито-биокластические и биокластические водорослевые известняки (грейнстоуны) светло-серые, волнистослойчатые. Многочисленные кремнистые конкреции и конкреционные плиты. Рассеянные включения сульфидов (до 1%). Биокласты представлены спикулами, остатками известковых водорослей, криноидей, фораминифер *Endothyra* (*Latiendothyra*) ex gr. *kosvensis* Lipina, *Endothyra* aff. *similis* (Rauser et Reitlinger), *Granuliferelloides posneri* (Ganelina), *Septatournayella segmentata* (Dain), *Tournayella discoidea* Dain, *Eoforschia gigantea minoris* (Lipina), брахиопод и остракод. Мощность 11 м.

4. Известняки лито-биокластические серые линзовиднослойчатые. Линзы криноидных пакстоунов. Темно-серые кремнистые конкреции и тонкие конкреционные плиты. Биокласты представлены остатками криноидей и остракод. Встречены колонии кораллов *Rugosa* в близком к прижизненному положению. Мощность 13 м.

5. Сильно окремненные биокластовые известняки (вак-пакстоуны и грейнстоуны) серого цвета, массивные. Характерны ровные поверхности напластования. Рассеянные включения сульфидов (до 1%). Биокласты представлены остатками известковых водорослей *Radiosphaera ponderosa* Reitlinger, криноидей, фораминифер *Pseudoammodiscus planus* (Moeller) *minima* Lipina, *Septaglomospiranella* spp., *Tuberendothyra* aff. *tuberculata* Lipina и мшанок. Серые кремни формируют конкреции и линзовидные конкреционные плиты. Мощность 12 м.

6. Известняки био- и литобиокластические (пак- и грейнстоуны) кремнистые серые до светло-серых, неотчетливо волнистослойчатые. Биокласты представлены остатками известковых водорослей, криноидей, фораминифер *Dainella* sp., *Endothyra* spp., *Septaglomospiranella compressa* Lipina, *Spinoendothyra costifera* Lipina, *Tournayella* ex gr. *regularis* Malakhova, *Eoforschia gigantea minoris* (Lipina), остракод. В верхней части присутствуют одиночные ругозы. Серые кремни формируют конкреционные плиты и

конкреции различной формы. Мощность 16 м.

7. Известняки биокластические водорослевые (грейнстоуны) свето-серые, неотчетливо волнистослойчатые, сильно окремненные. Биокласты, кроме обломков известковых водорослей, представлены остатками криноидей, фораминифер *Granuliferelloides* sp., *Pseudoammodiscus planus* (Moeller) *minima* Lipina, *Septabrunsiina krainica* Lipina, *Spinoendothyra (Inflatoendothyra) inflata minima* Lipina, *Spinoendothyra* sp., *Tournayella discoidea angusta* Lipina, *Tournayella discoidea* Dain, *Eoforschia gigantea minoris* (Lipina), *Tuberendothyra paraukrainica* Lipina, остракод и брахиопод. Характерны темно-серые кремнистые конкреции линзовидной формы. Мощность 9 м.

8. Известняки биокластические (пак-вакстоуны) серые до светло-серых, неотчетливо волнистослойчатые, местами сильно окремненные, с темно-серыми кремнистыми конкрециями. Биокласты представлены спикулами, остатками известковых водорослей *Radiosphaera ponderosa* Reitlinger, *Girvanella* sp., *Issinella devonica* Reitlinger, *Kamaena delicata* Антропов, криноидей и фораминифер *Endothyra* spp., *Loeblichia (Urbanella) vacillarea* Vdovenko, *Septaglomospiranella compressa* Lipina, *Uviella* sp., *Spinoendothyra* sp., *Spinoendothyra tenuiseptata* Lipina, *Tournayella discoidea* Dain, *Tournayellina primitiva* Lipina, *Tuberendothyra* aff. *tuberculata* Lipina, *Tuberendothyra paraukrainica* Lipina. Мощность 9 м.

9. Известняки биокластические (пак-вакстоуны) темно-серые массивные. В верхней части пачки с кремнистыми конкрециями и конкреционными плитами. Биокласты представлены остатками остракод, известковых водорослей и брахиопод. В верхней части пачки отмечаются многочисленные одиночные ругозы. Видимая мощность 3 м.

Изотопная аномалия по углероду охватывает весь охарактеризованный выше интервал разреза. Амплитуда аномалии достигает 5,48‰ (пачка 6) (см. рис. 2). Присутствие в пачках с 1 по 7 фораминифер *Eoforschia gigantea minoris* (Lipina) и крупных *Tournayella* позволяет сопоставить эти отложения с верхней частью турнейского яруса (кизеловский (?) - косьвинский горизонты).

В разрезе на р. Кожим верхняя часть турнейского яруса (конодонтовые зоны *Siphonodella isosticha*, *Gnathodus typicus* и *Scaliognathus anchoralis*) представлена следующими пачками (см. рис. 2) [Журавлев, 2003]:

1. Пачка, сложенная градационными циклитами от известняка темно-серого тонкодетритового с рассеянным мелким детритом волнистослойчатого до известняка темно-серого пелитоморфного субпараллельнослойчатого, в нижней части пачки – до аргиллита кремнистого. Известняки сильно кремнистые, до вторичных силицитов. Мощность циклитов варьирует от 0,2 до 0,4 м. Из пачки определены конодонты, характеризующие зону *Siphonodella isosticha*: *Polygnathus communis communis* Branson et Mehl, *P.communis carinus*

Hass, *Eotaphrus evae* Lane, Sandberg, Ziegler, *E. bultyncki* (Groessens), *Ligonodina* sp, *Bispathodus aculeatus anteposicornis* (Scott), *Siphonodella isosticha* (Cooper), *Pseudopolygnathus pinnatus* Voges. Мощность пачки 26 м.

2. Пачка аргиллитов известковисто-углеродистых, листоватых, прослоями известковых, с тонкими градационными прослоями кремнистых и глинистых известняков. Из пачки определены конодонты: *Polygnathus communis communis* Branson et Mehl, *P. communis dentatus* Druce, *Pseudopolygnathus marginatus* (Branson et Mehl), *Ps. cf. oxypageus* Lane, Sandberg, Ziegler, *Dollymae* sp, *Gnathodus typicus* Cooper M2, характеризующие зону *Gnathodus typicus*. Мощность пачки 31 м.

3. Пачка аргиллитов известковисто-углеродистых с редкими прослоями сильно окремненных известняков. На поверхностях напластования найдены S-элементы аппарата конодонтов *Scaliognathus anchoralis* Lane et Ziegler, а в прослоях известняков обнаружены фораминиферы *Tetrataxis sussaica* Malakh., *Eotextularia diversa* (N. Tchern.). Мощность 21 м.

4. Пачка аргиллитов углеродистых с прослоями кремнисто-глинистых известняков. Мощность 29 м.

5. Пачка аргиллитов кремнисто-углеродистых, с прослоями кремнистых известняков и карбонатно-глинистыми конкрециями. Мощность 29 м.

6. Пачка аргиллитов углеродистых с многочисленными карбонатно-глинистыми конкрециями в которых встречены позднегурнейские аммоноидеи (*Dzhaprakoceras*, *Winchelloceras*, *Muensteroceras*), конодонты (*Polygnathus inornatus* Branson) и фораминиферы (*Endothyra posneri* Ganelina, *Pseudolituotubella tenuissima* Vdovenko, *Rectoparaendothyra prima* Chermnykh). Мощность 43 м.

7. Пачка аргиллитов известковистых с серыми карбонатно-глинистыми конкрециями. Мощность 4 м.

8. Пачка аргиллитов известковисто-углеродистых с серыми карбонатно-глинистыми конкрециями. Мощность 17 м.

9. Пачка аргиллитов известковисто-углеродистых с многочисленными карбонатно-глинистыми стяжениями неправильной формы. Мощность 1,5 м.

10. Пачка аргиллитов известковисто-углеродистых с карбонатно-глинистыми конкрециями и конкреционными плитами. Мощность 30 м.

Изотопные соотношения углерода в карбонатах удалось определить только в кремнистых известняках первой пачки. Амплитуда аномалии здесь достигает 2,6‰ (см. рис. 2).

Наблюдаемый на материале из рассматриваемых разрезов отчетливый тренд в снижении амплитуды аномалии от мелководных фаций (скв. 1-Кочмес) к глубоководно-



шельфовым (р. Кожим) известен и в других сериях разрезов [Yao et al., 2015]. Наибольшие амплитуды отмечаются в фациях карбонатной платформы, что создает возможность надежной изотопно-геохимической корреляции даже по небольшому количеству образцов.

На базе рассмотренной серии разрезов позднегурнейская изотопная аномалия датирована различными органическими остатками. Установлено ее соответствие конодонтовым зонам *Siphonodella isosticha* и *Gnathodus typicus*, слоям с фораминиферами *Eoforschia gigantea* и *Dainella*, а также слоям с водорослями *Exvotarisella*. Это позволяет сопоставить стратиграфический интервал аномалии с верхней частью кизеловского и нижней частью косьвинского горизонтов региональной стратиграфической схемы.

Несмотря на различия в амплитудах, позднегурнейская изотопная аномалия хорошо проявлена в разнофациальных разрезах и может быть легко диагностирована. Это позволяет рассматривать ее в качестве надежного стратиграфического репера для независимой от биостратиграфии корреляции разрезов скважин востока Тимано-Печорской провинции.

### Литература

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

Костыгова П.К. Печорский палеобассейн в визейском и серпуховском веках и фораминиферы нижнего визе. - СПб: Изд. Санкт-Петербургской картографической фабрики ВСЕГЕИ, 2004. - 204 с.

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.

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. DOI: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(2002\)114%3C0096:CAOISO%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(2002)114%3C0096:CAOISO%3E2.0.CO;2)

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. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(04\)00389-X](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(04)00389-X)

Scotese C.R. PALEOMAP PaleoAtlas for GPlates and the PaleoData Plotter Program // Geological Society of America Abstracts with Programs. - 2016. - Vol. 48. - N. 5. DOI: <https://doi.org/10.1130/abs/2016NC-275387>

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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2015.02.021>

**Zhuravlev A.V., Vevel Ya.A.**

N.P.Yushkin Institute of Geology, Komi Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Ural Branch, Syktyvkar, Russia, micropalaeontology@gmail.com

**THE LATE TOURNAISIAN EVENT IN THE SUCCESSIONS  
OF THE KOSYU-ROGOVAYA DEPRESSION AND ADJACENT AREAS  
(TIMAN-PECHORA PROVINCE)**

*The late Tournaisian Event (Mid-Aikuanian Event) appearing as significant changes in marine and terrestrial biota is considered as consequence of the beginning of the Early Carboniferous phase of the Gondwana glaciation and transition from the greenhouse climate to icehouse climate. The event caused one of the highest Palaeozoic shift in the carbon isotope ratio. This shift was traced in the sections of the Kosyu-Rogovaya Depression and adjacent areas: 1-Kochmes borehole, the Izyayu River section, and the Kozhym River section. The isotope shift is dated by conodonts of the Siphonodella isosticha and Gnathodus typicus zones, foraminifers Eoforschia gigantea and Dainella, and algae Exvotarissella. The traces of the late Tournaisian Event are considered as reliable stratigraphic tool for the eastern part of the Timan-Pechora Province.*

**Keywords:** Lower Carboniferous, Tournaisian, isotopic anomaly, late Tournaisian Event, Timan-Pechora Province, Kosyu-Rogovaya Depression.

**References**

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

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.

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. DOI: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(2002\)114%3C0096:CAOISO%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(2002)114%3C0096:CAOISO%3E2.0.CO;2)

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. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(04\)00389-X](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(04)00389-X)

Scotese C.R. PALEOMAP PaleoAtlas for GPlates and the PaleoDataPlotter program *Geological Society of America Abstracts with Programs*. 2016, vol. 48, no. 5. DOI: <https://doi.org/10.1130/abs/2016NC-275387>

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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2015.02.021>

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