

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/32_2018

УДК 56:551.735 (470.111)

Плотицын А.Н., Пономаренко Е.С., Вевель Я.А.Институт геологии им. академика Н.П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (ИГ Коми НЦ УрО РАН), Сыктывкар, Россия, anplotitzyn@rambler.ru

ТУРНЕЙСКИЕ ГЛУБОКОВОДНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ БАССЕЙНА Р. УСА (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

*Впервые приводится подробная литолого-палеонтологическая характеристика и результаты стратиграфических исследований турнейских относительно глубоководных отложений, вскрывающихся в среднем течении р. Малая Уса (Полярный Урал). Датировка этих отложений биостратиграфически обоснована определениями конодонтов, фораминифер, рыб и кораллов. В разрезе установлена степень и характер проявления Среднетурнейского глобального события. Следы события уверенно распознаются благодаря литологическому маркеру (трансгрессивная глинистая пачка), биостратиграфическим данным (первое появление конодонтов *Siphonodella crenulata*) и изотопно-геохимической аномалии (облегчение изотопного состава углерода в пределах 1-2‰). Новые данные, полученные в результате настоящего исследования не только восполняют пробел в стратиграфической характеристике отложений основания каменноугольной системы, но и имеют важное значение для детализации расчленения и корреляции сложно построенных разрезов в пределах Воркутинского нефтегазоносного района востока Тимано-Печорской провинции. Кроме того, в комплексе конодонтов присутствуют достаточно редкие таксоны, что обосновывает дополнительный палеонтологический интерес к настоящей работе.*

Ключевые слова: биостратиграфия, событийная стратиграфия, конодонты, фораминиферы, турнейский ярус, Полярный Урал.

Введение

На западном склоне севера Урала широко развиты верхнедевонско-нижнекаменноугольные отложения. В отличие от Приуралья (гряда Чернышева, Печорская гряда), Северного и Приполярного Урала, фаменско-турнейская часть разрезов Полярного Урала изучена значительно хуже по причинам труднодоступности разрезов, их фаунистической обедненности и сложной тектонической обстановки региона. В частности, с различной степенью детальности разрезы Полярного Урала изучены в бассейнах и по притокам рр. Лек-Елец и Уса, а также в верховьях р. Кара ([Чернов, 1962, 1972; Колесник, 1993; Плотицын, 2014, 2016; Plotitsyn, Beznosov, 2015; Соболев, 2011; Журавлев, Плотицын, 2017] и др.). Турнейские отложения, вскрывающиеся в естественных обнажениях в пределах данного района, представлены двумя типами разрезов: 1) преимущественно карбонатные отложения с кремнистыми конкрециями мелководной карбонатной платформы, которые картируются в составе важхановейской свиты [Государственная геологическая..., 2004, 2005,

2007; Журавлев, Плотицын, 2017]; 2) кремнисто-карбонатные относительно глубоководные отложения, рассматривающиеся в составе буреданской свиты, которая на Полярном Урале выделяется лишь в среднем течении р. Малая Уса и верховьях р. Кара по аналогии с юго-восточным Пай-Хоем [Колесник, 1993; Государственная геологическая..., 2007]. При этом фациальный переход литологически выражается в появлении кремнистых сланцев, кремнистых известняков и брекчиевидных известняков в составе буреданской свиты [Государственная геологическая..., 2007].

Изучение геологического строения бассейна р. Малая Уса началось с 1930 г. и связано с именем Н.Н. Иорданского (1933 г.). Им во время поиска каменных углей на рр. Малая Уса, Большая Уса и Нияю впервые установлено широкое распространение девонских и каменноугольных отложений. В 1941 г. в районе верховьев рр. Большая Кара и Малая Уса по заданию ВСЕГЕИ проводил маршрутные исследования О.Л. Эйно́р. Результатом исследования стала схематическая геологическая карта, где наряду с метаморфическими породами выделялись отложения среднего палеозоя (силур, девон, карбон) [Государственная геологическая..., 1981]. В 1958-1959 гг. Г.А. Черновым детально, для того времени, изучены и стратифицированы девонские отложения восточной части Большеземельской тундры, в том числе в нижнем течении р. Малая Уса, описаны отложения верхнего девона. [Чернов, 1962]. Несколько позднее, Г.А. Черновым обобщены результаты двадцатилетних исследований в Большеземельской тундре. Он дал подробную характеристику палеозойских отложений, включающую историю и закономерности их развития, а также перспективы нефтегазоносности района [Чернов, 1972]. Параллельно тематическим исследованиям в этой части Полярного Урала проходил ряд геологических съемок различного масштаба под руководством К.Г. Войновского-Кригера, В.Я. Устинова, А.П. Белоусова, А.И. Подсосова и А.В. Цымбалюка, В.С. Енокяна, В.Н. Охотникова, В.Н. Гессе и А.А. Савельева и других, вплоть до начала 80-х гг. прошлого столетия [Государственная геологическая..., 1981]. Затем, после длительного застойного периода в изучении данного района, продлившегося около 30 лет, в 2001-2004 гг. под руководством М.А. Шишкина проведены работы по ГДП-200 листов Q-41-V, VI, XI. В результате значительно уточнено геологическое строение территории и изданы Госгеолкарты-200 и Госгеолкарта-1000 последних поколений [Государственная геологическая..., 2004, 2005, 2007].

Невзирая на столь богатую историю исследования степень детальности палеонтологической и, как следствие, стратиграфической характеристик пограничных девонско-каменноугольных отложений не высока. Настоящая статья направлена на заполнение это пробела. Подробность палеонтологической характеристики частных разрезов имеет важное значение для детальности расчленения и корреляции сложно построенных

разрезов в пределах Воркутского нефтегазоносного района (Юньягинская антиклинальная зона) востока Тимано-Печорской провинции [Прищепа и др., 2008; 2011]. Она напрямую влияет на повышение точности не только стратиграфических построений, но также и структурных, учитывая сложную тектоническую обстановку в регионе исследований. Кроме того, детальное рассмотрение частных разрезов, охватывающих пограничный интервал, диктуется происходящим в настоящее время выбором нового лимитотипа и/или поиском новых биостратиграфических критериев определения границы девонской и каменноугольной систем в рамках концепции GSSP [Kaiser, Becker, 2007; Kaiser, Corradini, 2008].

Методика исследований и материал

В основу настоящего исследования положены материалы, полученные авторами и сотрудниками лаборатории стратиграфии (каменный материал предоставлен Д.Б. Соболевым и М.А. Соболевой) во время работ в составе геологических отрядов Института геологии им. академика Н.П. Юшкина Коми НЦ УрО РАН на Полярном Урале в 2013 и 2015 гг.

Дезинтеграция карбонатных пород с целью выделения скелетных остатков микрофауны, прежде всего конодонтов, проводилась по стандартной методике в 7-10% растворе уксусной кислоты. От глинистой и тонкой фракций избавлялись методом мокрого ситования. Учитывая тот факт, что конодонты содержатся почти исключительно во фракции 0,2-1,2 мм [Иванов, 1990], промывка велась через сито 0,07-0,1 мм. После просушки нерастворимого остатка, ручной отбор и изучение дискретных конодонтовых элементов проводились под бинокулярным микроскопом (ЛабОстеми-4) при переменном увеличении. Фотографирование конодонтовых элементов производилось при помощи растрового (сканирующего) микроскопа VEGA3 TESCAN. В общей сложности растворено и просмотрено 73 пробы от 0,1-0,2 кг (остатки от больших шлифов) до 1,5-1,6 кг (средний вес пробы 0,8 кг). Общая масса растворенного каменного материала приближается к 60 кг. На конодонтовые остатки оказались продуктивными 49 проб, из которых 45 содержат достоверно диагностируемые конодонтовые элементы различной степени сохранности.

Для детализации литологической характеристики разреза, поисков и исследования микропалеонтологических остатков фораминифер изучено 90 шлифов. В 7 шлифах обнаружены фораминиферы. Фораминиферы изучались в стандартных литологических шлифах при помощи тринокулярного микроскопа OPTITECH XSP-128-301 и фотокамеры LuckyZoom 5MP USB CMOS. Литологические шлифы - под поляризационным микроскопом ПОЛАМ РП-1 (ЛОМО).

Разложение карбонатов и измерение изотопного состава углерода и кислорода в режиме непрерывного потока производились на аналитическом комплексе, включающем в

себя систему подготовки и ввода проб Gas Bench II, соединенную с масс-спектрометром DELTA V Advantage фирмы Thermo Fisher Scientific (Бремен, Германия). Значения $\delta^{13}\text{C}$ даны в промилле относительно стандарта PDB, $\delta^{18}\text{O}$ – стандарта SMOW. При калибровке использованы международные стандарты МАГАТЭ NBS18 (calcite) и NBS19 (TS-limestone). Ошибка определения составляет $\pm 0,1\%$. Анализы проводились в ЦКП «Геонаука» Института геологии им. академика Н.П. Юшкина Коми НЦ УрО РАН.

Литолого-палеонтологическая характеристика

В геологическом строении бассейна р. Малая Уса принимают участие преимущественно палеозойские осадочные образования. Начиная от устьевой части руч. Нимтэмшор и до слияния рр. Большая Уса и Малая Уса наибольшее распространение получили верхнедевонско-нижнекаменноугольные отложения. Непосредственно описываемая в настоящей работе часть разреза расположена в среднем течении р. Малая Уса по обоим ее берегам, примерно в 50 км восточнее-северо-восточнее г. Воркута. Фаменско-турнейские отложения образуют здесь выходы в виде разрозненных крупных скальных и протяженных низких обнажений, расположенных вблизи береговой линии (обнажения *mu1-mu4*) (нумерация обнажений по [Матвеева, Соболев, Плотицын, 2013]). Координаты описываемых и упоминаемых ниже обнажений: *mu1* ($67^{\circ}39'52''$ с.ш.; $65^{\circ}11'55''$ в.д.), *mu2* ($67^{\circ}39'42''$ с.ш.; $65^{\circ}11'14''$ в.д.), *mu3* ($67^{\circ}39'47''$ с.ш.; $65^{\circ}10'59''$ в.д.); *mu4* ($67^{\circ}39'42''$ с.ш.; $65^{\circ}11'14''$ в.д.). В месте описания турнейские отложения смяты в серию складок (элементы залегания см. на рис. 1).

Первые крупные коренные выходы верхнедевонских отложений в среднем течении р. Малая Уса отмечаются в правом борту реки, приблизительно в 4,5 км вниз по течению от устья руч. Хасырейтивис. В полевом сезоне 2013 г. эти отложения описаны в качестве обнажения *mu1* (см. рис. 1). Литологически оно характеризуется чередованием мелко-среднекристаллических, массивных или пятнистых (вследствие неравномерной перекристаллизации) вторичных доломитов с биокластовыми известняками. Верхняя часть обнажения, располагающаяся выше по течению реки, представлена градационно-слоистыми известняковыми гравелитами и песчаниками. Конодонтами эти отложения практически не охарактеризованы, за исключением единичной находки *Hindeodus* sp. фаменского облика в средней части обнажения. В нижней и средней частях обнажения определены фораминиферы *Quasiendothyra* (*Q.*) ex gr. *kobeitusana* Raus., *Q.* (*Q.*) ex gr. *konensis* (Leb.) и *Septaglomospiranella crassa* Reitl. и харовые водоросли типа *Quasiumbella* sp., *Q. rotunda* (E.Vykova).

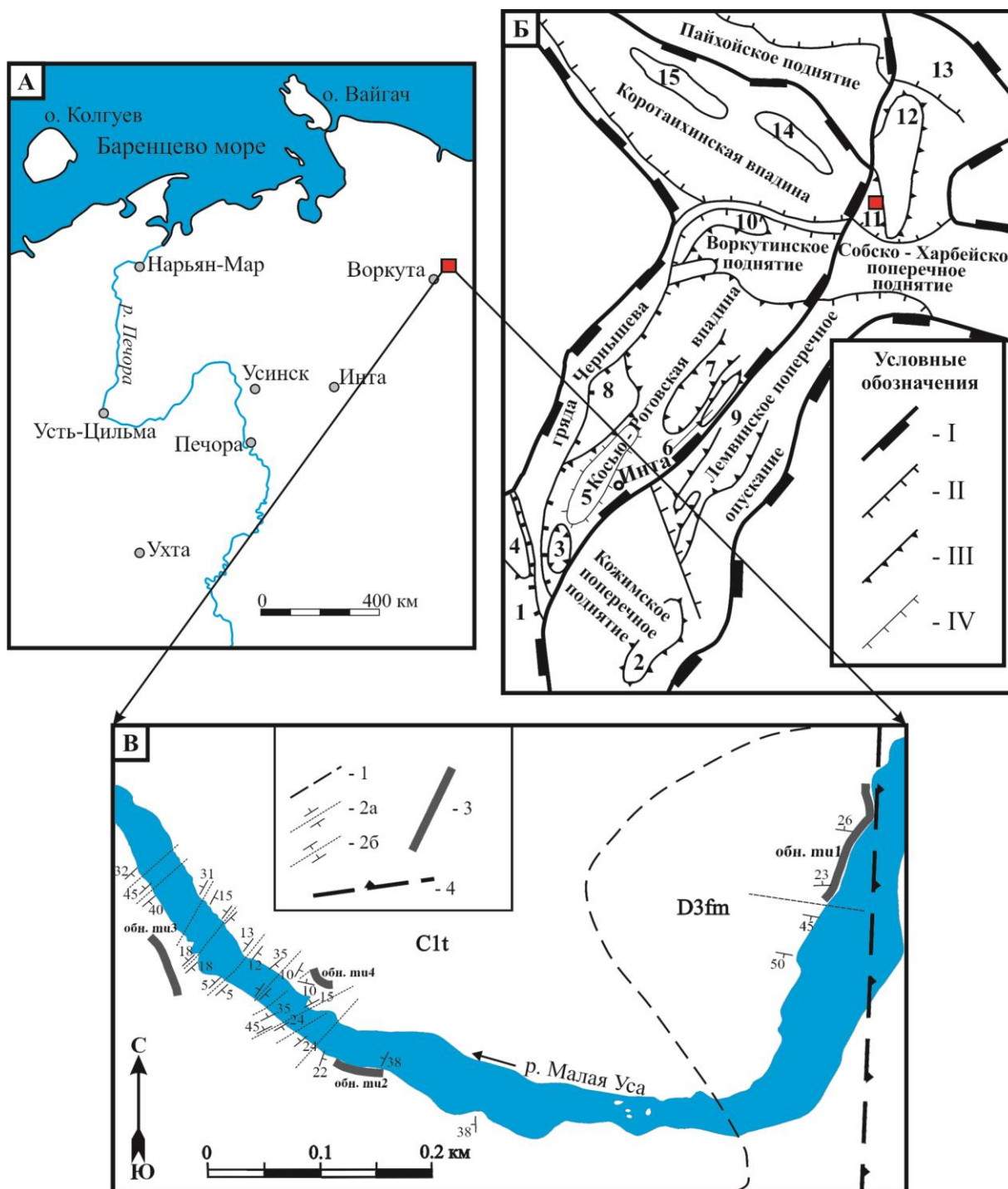


Рис. 1. Схема расположения разреза

А - обзорная схема (красным квадратом помечен район расположения разреза); *Б* - Тектоническое районирование северной части западной зоны Уральской складчато-надвиговой области и Предуральского краевого прогиба [Тимонин, 1998]. Границы структур: I - надпорядковых, II - первого порядка, III - второго порядка, IV - структурных зон третьего порядка; структуры: 1 - Большесынинская впадина; 2 - Николайшорское поднятие; 3 - Косьюская депрессия; 4 - Нитчемью-Сынинский мыс; 5 - Интинская структурная зона; 6 - Лемвинский вал; 7 - Абезьская депрессия; 8 - Кочмесская ступень; 9 - Лемвинская шарьяжная пластина; 10 - Падимейская ступень; 11 - Верхнеусинское опускание; 12 - Оченырское поднятие; 13 - Байдарацкое опускание; 14 - Понутинская депрессия; 15 - Нижнеянгарейская депрессия. *В* - Геологическая схема среднего течения р. Малая Уса (схема составлена по полевому дневнику П.А Макарова. 2013 г. (Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина)). 1 - предполагаемые геологические границы; 2 - оси складок (2а - антиклинальных; 2б - синклинальных); 3 - обнажения; 4 - предполагаемый надвиг.

Такой комплекс фораминифер характерен для верхов фамена, зоны *Quasiendothyra kobeitusana* [Кулагина, Гибшман, 2005]. В 500-600 м ниже по реке после задернованного интервала с небольшими разрозненными коренными выходами, на левом берегу расположено обн. mu2.

Обнажение mu2. Описание разреза снизу вверх по разрезу, вниз по течению р. Малая Уса от ядра антиклинальной складки. Более подробно характер распространения конодонтов обнажения mu2 отражен в табл. 1. По литологическому составу здесь выделено 8 пачек (рис. 2):

1. Пачка вторичных доломитов мелкокристаллических массивных от серого, светло-серого, до темно-серого цвета (слои с образцами mu2-1 – mu2-2). Встречаются участки избирательной перекристаллизации до грубокристаллической, с образованием кальцитовых гнезд. По трещинам отмечаются незначительные концентрации органического вещества. Органические остатки представлены преимущественно члениками криноидей, редкими ядрами остракод и конодонтами, среди которых удалось диагностировать *Bispathodus stabilis* (Branson et Mehl) M1, *Neopolygnathus dentatus* (Druce), *Hindeodus crassidentatus* (Branson et Mehl) и *Polygnathus* sp. Мощность пачки – 1,3 м.

2. Вторичные доломиты тонко-мелкокристаллические неяснослоистые серые, темно-серые тонкоплитчатые (до 10 см) (слои с образцом mu2-3). В зонах наибольшей перекристаллизации формируются небольшие (первые сантиметры) кальцитовые гнезда. Органические остатки представлены, в основном, члениками криноидей и конодонтовыми элементами, среди которых диагностируемыми оказались *Bispathodus stabilis* (Branson et Mehl) M1, *Bisp. aculeatus aculeatus* (Branson et Mehl) и *Neopolygnathus carinus* (Hass). Мощность – 1,3 м.

3. Пачка вторичных доломитов мелкокристаллических серых, темно-серых более толстоплитчатых (более 0,1 м) (слои с образцами mu2-4 – mu2-7). На участках наиболее развитой перекристаллизации формируются кальцитовые гнезда. В прикровельной части пачки отмечены мелкие прерывистые стиллолитовые швы. В средней части присутствует мелкоамплитудное разрывное нарушение. Органические остатки представлены редкими криноидеями, ядрами остракод и конодонтами, среди которых определены: *Neopolygnathus dentatus* (Druce), *Bispathodus stabilis* (Branson et Mehl) M1, *Bisp. aculeatus aculeatus* (Branson et Mehl), *Hindeodus crassidentatus* (Branson et Mehl), *Hind. cristulus* (Youngquist et Miller), *Siphonodella sulcata* (Huddle), *Pseudopolygnathus primus* Branson et Mehl, *Polygnathus proprius* Kononova et Pistshikova и *Pol. postvogesi* Plotitsyn et Zhuravlev. Мощность пачки – 3,7 м.

Таблица 1

Распределение конодонтов в обнажении тu2

| Проба | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | Сумма |
|--|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|--------------|
| Вес пробы (кг) | 0,99 | 0,49 | 0,93 | 0,96 | 0,86 | 0,9 | 0,83 | 0,59 | 0,71 | 0,85 | 1,11 | 0,94 | 0,41 | 0,54 | 0,6 | 0,91 | 0,83 | 13,45 |
| Диагностируемые элементы: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Bisp. stabilis</i> | 2 | 1 | 1 | | 1 | | | | | 2 | | | | | | 2 | | 9 |
| <i>Neop. dentatus</i> | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | 3 |
| <i>Pol. sp.</i> | 1 | | | | 1 | | | 1 | | 3 | 2 | 1 | | | 2 | | 1 | 12 |
| <i>Hind. crassidentatus</i> | | 1 | | 1 | | | | 1 | | 1 | | | | | | | | 4 |
| <i>Neop. carinus</i> | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Bisp. aculeatus aculeatus</i> | | | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | | | 2 | | 1 | 7 |
| <i>Siph. sulcata</i> | | | | 1 | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | 3 |
| <i>Ps. primus</i> | | | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | 2 |
| <i>Pol. proprius</i> | | | | | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | 2 |
| <i>Hind. cristulus</i> | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | 2 |
| <i>Siph. quadruplicata</i> | | | | | | | | 1 | | | 2 | | | | | | | 3 |
| <i>Pol. postvogesi</i> | | | | | | | 1 | | | | | 3 | 1 | 9 | 3 | 32 | 2 | 51 |
| <i>Pol. longiposticus</i> | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | 1 |
| <i>Hind. scitulus</i> | | | | | | | | | | 1 | | 1 | | | | | | 2 |
| <i>Siph. aff. semichatovae</i> | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | 3 |
| <i>Siph. sp.</i> | | | | | | | | | 1 | | 2 | 5 | 1 | | | | 1 | 10 |
| <i>Siph. cooperi</i> | | | | | | | | | | | 2 | 4 | | | | 1 | 1 | 8 |
| <i>Siph. obsoleta</i> | | | | | | | | | | 1 | 4 | 1 | | | 1 | 1 | 3 | 11 |
| <i>Siph. nandongensis</i> | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| <i>Siph. duplicata</i> | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| <i>Ps. oxypageus</i> | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| <i>Pol. distortus</i> | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| <i>Siph. gladia</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Hind.sp.</i> | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | | | | 2 |
| <i>Pol. purus</i> | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 | 2 |
| <i>Pol. aff. lacinatus</i> | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| <i>Siph. sandbergi</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| Общее количество выделенных диагностируемых элементов | | | | | | | | | | | | | | | | | | 145 |
| Прочие элементы: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>S</i> | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 1 | 1 | 3 | 4 | 1 | 3 | 3 | 1 | | 5 | 9 | 5 | 52 |
| <i>M</i> | | 1 | | | | | | | 1 | | | 1 | | | | 3 | 1 | 7 |
| <i>Pb</i> | | | 2 | | 1 | 1 | | | | | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 5 | 2 | 20 |
| <i>A</i> | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 |
| <i>Обломки</i> | 6 | 3 | 3 | 3 | 6 | 3 | | 3 | 3 | 5 | 2 | 4 | 2 | 6 | 12 | 15 | 8 | 84 |
| Общее количество выделенных дискретных элементов (без учета обломков) | | | | | | | | | | | | | | | | | | 225 |

Ячейка синего цвета – aff.; ячейка зеленого цвета – cf.

Bisp. – *Bispathodus*; *Neop.* – *Neopolygnathus*; *Pol.* – *Polygnathus*; *Hind.* – *Hindeodus*; *Siph.* – *Siphonodella*; *Ps.* – *Pseudopolygnathus*.

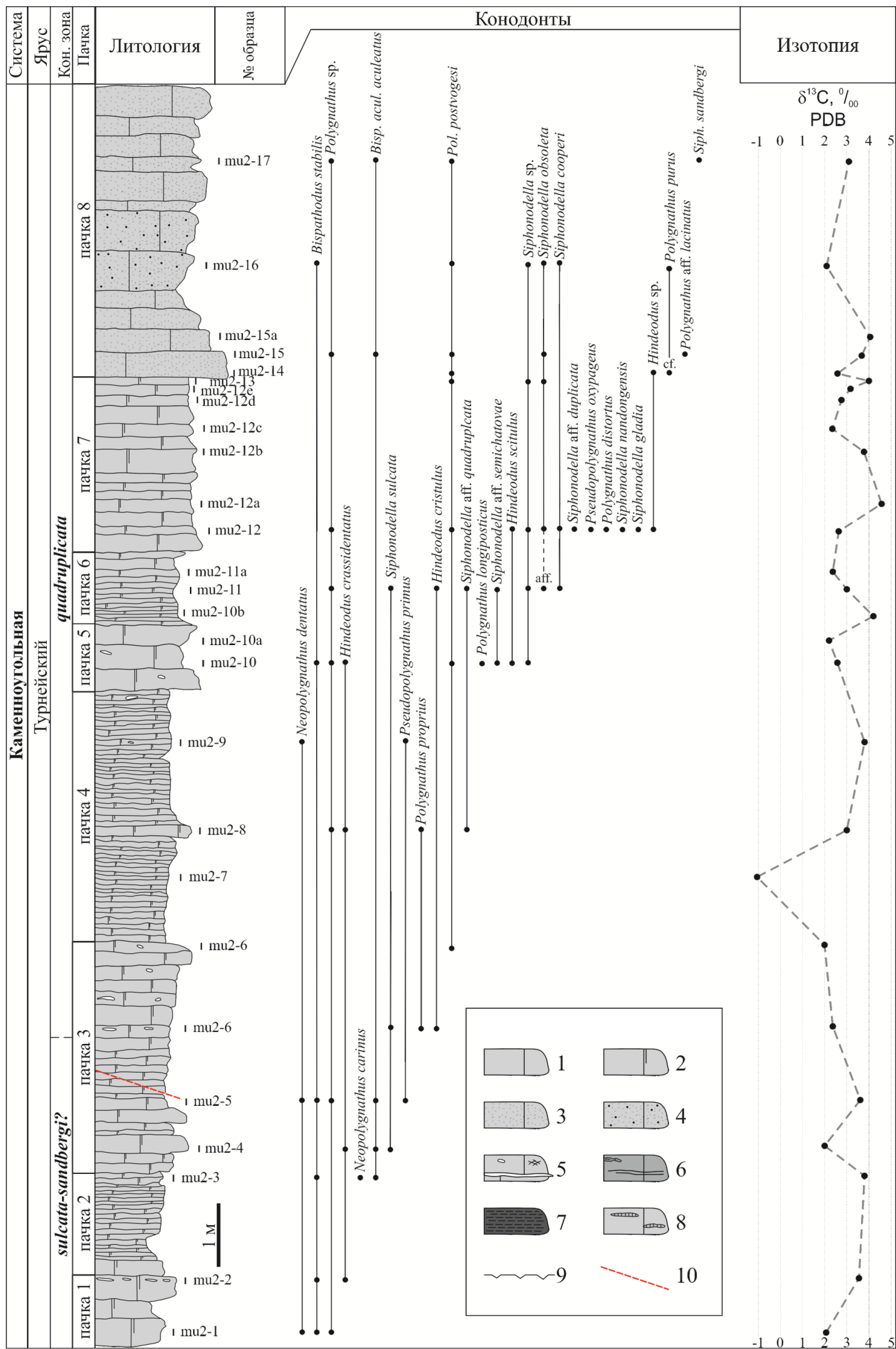


Рис. 2. Лито-стратиграфическая колонка обнажения mu2 с распространением конодонтов и кривой вариаций изотопного состава углерода (составлено с привлечением полевых материалов Д.Б. Соболева, 2013 г.)

1 - известняк; 2 - перекристаллизованный известняк, вторичный доломит; 3 - биокластовый известняк; 4 - известняковый песчаник; 5 - кальцитовые гнезда, жилы и мелкие прожилки; 6 - глинистый известняк; 7 - аргиллит; 8 - кремнистые конкреции; 9 - размыв; 10 - мелкоамплитудное разрывное нарушение.

4. Тонко-мелкокристаллические вторичные доломиты массивные, реже пятнистые серые, темно-серые тонкоплитчатые (до 5 см) (слои с образцами mu2-7a - mu2-9). Пятнистая текстура обусловлена неравномерной перекристаллизацией, нередко по биокластам(?), вплоть до образования мелких кальцитовых гнезд. Отмечается наличие мелких стиллолитовых швов и рассеянных по породе кристаллов пирита. Фоссилии характеризуются крайне редкими остатками остракод и конодонтами. Из последних диагностированы *Neopolygnathus dentatus* (Druce), *Hindeodus crassidentatus* (Branson et Mehl), *Pseudopolygnathus primus* Branson et Mehl, *Polygnathus proprius* Kononova et Pistshikova и *Siphonodella* aff. *quadruplicata* (Branson et Mehl). Мощность пачки – 3,7 м.

5. Пачка вторичных доломитов мелкокристаллических пятнистых, реже массивных серых, темно-серых толстоплитчатых (слои с образцами mu2-10 - mu2-10a). Неравномерная перекристаллизация с образованием изометричных кальцитовых гнезд (до 5 см), обуславливает пятнистую текстуру пород. Органические остатки сохранились в виде редких неопределимых теней биокластов, по которым часто развита наиболее интенсивная перекристаллизации. Редко отмечаются обломки члеников криноидей и конодонтовых элементов. Диагностированы следующие таксоны: *Bispathodus stabilis* (Branson et Mehl) M1, *Hindeodus crassidentatus* (Branson et Mehl), *Hind. scitulus* (Hinde), *Polygnathus postvogesi* Plotitsyn et Zhuravlev, *Pol. longiposticus* Branson et Mehl и *Siphonodella* aff. *semichatovae* Kononova et Lipnjagov. Мощность – 1 м.

6. Пачка вторичных доломитов мелкокристаллических массивных, реже пятнистых темно-серых тонкоплитчатых (до 10 см), (слои с образцами mu2-10b - mu2-11a). Пятнистость обусловлена присутствием по участкам наибольшей перекристаллизации мелких кальцитовых гнезд и вкраплений. Отмечаются небольшие пустоты выщелачивания и рассеянные сульфиды. Органические остатки представлены редкими члениками морских лилий и конодонтовыми элементами, среди которых удалось определить *Siphonodella sulcata* (Huddle), *Hindeodus cristulus* (Youngquist et Miller), *Siphonodella* aff. *quadruplicata* (Branson et Mehl), *Siph.* aff. *semichatovae* Kononova et Lipnjagov, *Siph.* aff. *obsoleta* Hass и *Siph. cooperi* Hass. Мощность пачки – 1,1 м.

7. Вторичные доломиты мелко-среднекристаллические массивные серые, темно-серые плитчатые (в среднем 10-15 см) (слои с образцами mu2-12–mu2-13). Структура породы от основания пачки к ее кровле незначительно уменьшается от среднекристаллической до мелкокристаллической, участками тонкокристаллической. Органические остатки представлены редкими члениками криноидей, а также конодонтами: *Polygnathus postvogesi* Plotitsyn et Zhuravlev, *Pol. distortus* Branson et Mehl, *Hindeodus scitulus* (Hinde), *Siphonodella obsoleta* Hass, *Siph. cooperi* Hass, *Siph.* aff. *duplicata* (Branson et Mehl), *Siph. nandongensis* Li и

Pseudopolygnathus oxypageus Lane, Sandberg et Ziegler. Мощность –2,5 м.

8. Известняки тонко-мелкобиокластовые массивные серые, темно-серые (слои с образцами mu2-14–mu2-17). В основании пачки отмечаются стиллолитовые швы. Среди многочисленных биокластов идентифицированы криноидеи, ядра остракод, спикулы губок, иглы морских ежей, водоросли, фораминиферы, конодонты и единичные остатки щитков трилобитов. Кроме того, в верхней части пачки отмечается незначительная примесь мелкой литокластики (слой с образцом mu2-16). Определены конодонты *Bispathodus stabilis* (Branson et Mehl) M1, *Bisp. aculeatus aculeatus* (Branson et Mehl), *Polygnathus postvogesi* Plotitsyn et Zhuravlev, *Pol. purus* Voges, *Pol. aff. lacinatus* Huddle, *Siphonodella obsoleta* Hass, *Siph. cooperi* Hass, *Siph. sandbergi* Klapper и фораминиферы *Brunsiina uralica* Lipina, *Chernyshinella* ex gr. *glomiformis* (Lipina), *Palaeospiroplectamina* sp. и зеленые водоросли *Issinella* sp., обнаруженные в единичных образцах (обр. mu2-14, mu2-15). Мощность пачки – 4,4 м.

Окончание описания обнажения mu2 в замке антиклинальной складки. Общая мощность 19 м.

Стратиграфически разрез наращивается отложениями, вскрытыми в обн. mu3 (рис. 3А).

Обнажение mu3. Описание ведется снизу вверх по разрезу, вниз по течению р. Малая Уса от ядра пологой антиклинальной складки, расположенной у уреза воды. Более подробно характер распространения конодонтов обнажения mu2 отражен в табл. 2. По литологическому составу выделено 6 пачек (рис. 4):

1. Пачка известняков биокластовых с пелитоморфным цементом массивных, реже неотчетливо слабоволнистослоистых серых, участками темно-серых в разной степени доломитизированных (слои с образцами mu3-1 – mu3-6). Степень доломитизации увеличивается к кровле пачки. Пологоволнистая текстура подчеркнута распределением глинистого вещества. Фоссилии представлены многочисленными остатками криноидей, конодонтами, редкими обломками одиночных кораллов ругоз, сдавленными раковинами брахиопод, ядрами остракод, остатками ихтиофауны и фрагментами зеленых дазикадиевых водорослей. Среди конодонтов удалось определить следующие таксоны: *Pseudopolygnathus dentilineatus* Branson, *Ps. fusiformis* Branson et Mehl, *Siphonodella* aff. *quasinuda* Gagiev, Kononova et Pazukhin, *Siph. sandbergi* Klapper, *Siph. obsoleta* Hass, *Siph. cf. crenulata* (Cooper), *Siph. cooperi* Hass, *Siph. quadruplicata* (Branson et Mehl), *Bispathodus aculeatus aculeatus* (Branson et Mehl), *Polygnathus postvogesi* Plotitsyn et Zhuravlev, *Hindeodus* cf. *crisculus* (Youngquist et Miller), *Neopolygnathus crucesignatis* Plotitsyn et Zhuravlev и переходные формы от *Bispathodus* к *Pseudopolygnathus*. П.А. Безносковым диагностированы зубы хрящевых рыб *Thrinacodus ferox* (Turner), *Elasmobranchii* gen. indet., плавниковые шипы и чешуи *Acanthodes* sp., чешуи и зубы лучеперых рыб [Plotitsyn, Beznosov, 2015]. Мощность пачки – 2,9 м.

2. Пачка чередования известняков серых, темно-серых, и известковистых и углеродистых аргиллитов темно-серых до черного цвета (слои с образцами mu3-7 – mu3-21ф). От подошвы к кровле пачки наблюдается явное уменьшение глинистости и увеличение размеров форменных элементов. В основании пачки преобладают черные аргиллиты с редкими линзами и тонкими прослоями известняков биокластовых с пелитоморфным цементом и узловатой текстурой (слои с образцами mu3-7 - mu3-9). Среди органических остатков в известняках часты обломки члеников криноидей, игл морских ежей, раковин брахиопод, фораминифер, гастропод и радиолярий. Средняя часть пачки сложена темно-серыми пелитоморфными известняками, чередующимися с аргиллитами и известковистыми аргиллитами (слои с образцами mu3-10 - mu3-18). Редкие биокласты представлены обломками члеников криноидей и щитков трилобитов, иногда отмечаются обломки створок брахиопод. Для этой части пачки характерны следы интенсивной биотурбации первичного осадка. Кровельная часть сложена преимущественно тонким переслаиванием известняков пелитоморфных с ходами илоедов, темно-серых, с редкими линзами и тонкими линзовидными прослоями известковистых аргиллитов (слои с образцами mu3-19 – mu3-21ф). Мощности отдельных прослоев не превышают 3-5 см. Характер контакта с подстилающими отложениями резкий, с перекрывающими - резкий, волнистый, вероятно, эрозионный. Определены конодонты: *Pseudopolygnathus fusiformis* Branson et Mehl, *Siphonodella sandbergi* Klapper, *Siph. obsoleta* Hass, *Siph. cf. cooperi* Hass, *Siph. quadruplicata* (Branson et Mehl), *Siph. nandongensis* Li, *Siph. gladia* Zhuravlev et Plotitsyn, *Bispathodus aculeatus aculeatus* (Branson et Mehl), *Bisp. stabilis* (Branson et Mehl) M1, *Hindeodus cristulus* (Youngquist et Miller), *Neopolygnathus crucesignatis* Plotitsyn et Zhuravlev и переходные от *Bispathodus* к *Pseudopolygnathus* формы. Кроме них определены фораминиферы *Vicinesphaera squalida* Antr., *Parathuramina* spp. и остатки рыб *Thrinacodus ferox* (Turner), *T. sp.*, *Protacrodus* sp., *Acanthodes* sp., а также Elasmobranchii gen. indet. и Actinopterygii gen. indet (определения П.А. Безносова) [Plotitsyn, Beznosov, 2015]. Из этой части разреза, вскрывающейся на правом берегу р. Малая Уса в обнажении mu4, В.С. Цыганко диагностированы одиночные кораллы *Syathoclisia* sp. Общая мощность пачки – 3 м.

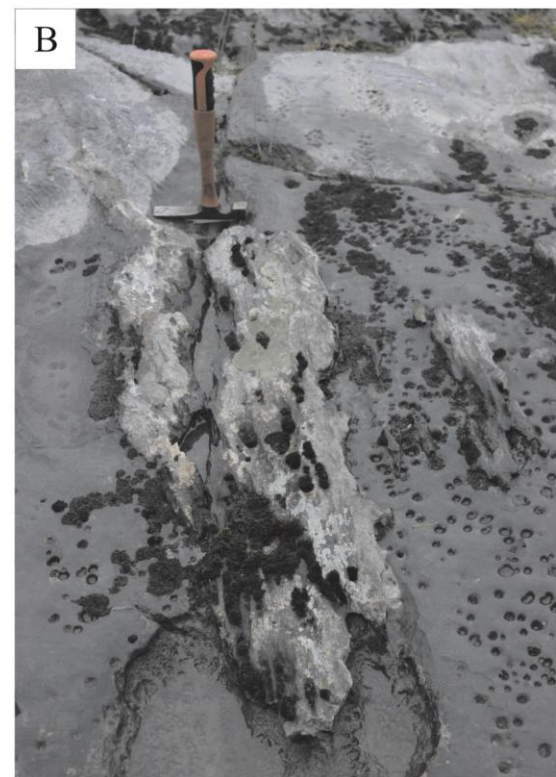
3. Пачка известняковых песчаников неотчетливо пологоволнистослоистых серых, темно-серых (слои с образцами mu3-21a – mu3-22). Обломочный материал представлен фрагментами известняков пелитоморфных, реже – аналогичных известняковых песчаников; сортировка материала - средняя, присутствуют обломки различного размера (от тонкопесчаной до крупнопесчаной).



А



Б



В

Рис. 3. Фото обнажения тиЗ (сделано П.А. Безносовым)

А - панорама обнажения тиЗ; Б - колония кораллов (слой тиЗ-23ф); В - кремнистые стяжения (слой тиЗ-23а).

Таблица 2

Распределение конодонтов в обнажении тш3

| Проба | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 19 | 20 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | Сумма | |
|---|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|------------|-------|----|
| Вес пробы (кг) | 1,1 | 1,2 | 1 | 1,1 | 0,8 | 0,2 | 0,6 | 0,4 | 1,6 | 0,5 | 1 | 1,1 | 0,8 | 1 | 0,5 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 0,1 | 0,8 | 1 | 0,7 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 0,8 | 1 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 25,6 | |
| Диагностируемые элементы: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Siph. sp.</i> | 19 | 1 | 7 | | 2 | 1 | | | 3 | 2 | | | | 3 | | 1 | | | 4 | 3 | 6 | | | | | | 3 | 2 | 4 | 6 | 5 | 72 |
| <i>Siph. obsoleta</i> | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | | | | | | 1 | | | 1 | 18 | |
| <i>Pol. sp.</i> | 4 | 4 | 5 | 1 | | | 1 | | 1 | | | | 1 | 3 | | | | | | | 2 | 4 | | | | | 1 | 1 | | 1 | 29 | |
| <i>Pol. postvogesi</i> | 3 | 1 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 10 | |
| <i>Siph. sandbergi</i> | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | 3 | | 1 | | | | | | | | | | 7 | |
| <i>Ps. dentilineatus</i> | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | |
| <i>Siph. cooperi</i> | | 1 | 2 | | 1 | | | | 1 | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | |
| <i>Bisp. acul. aculeatus</i> | | 4 | 7 | | | | | | 1 | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15 | |
| <i>Hind. cristulus</i> | | 1 | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 2 | |
| <i>Siph. gladia</i> | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| <i>Siph. aff. quasinuda</i> | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | |
| <i>Siph. quadruplicata</i> | | | 2 | | | | | | 1 | | | 1 | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | | | 1 | | 10 | |
| <i>Neop. crucesignatis</i> | | | 2 | | | 1 | | | | | | | 1 | 1 | | 1 | | | 2 | | 1 | 2 | | | | | | | | | 11 | |
| <i>Ps. fusiformis</i> | 1 | | 1 | | 1 | | | | | 1 | 1 | | | 1 | 2 | 1 | 3 | | | 1 | | | | | | | | | | | 13 | |
| <i>Bisp. → Ps.</i> | | | 1 | | | | | | 1 | 1 | | 1 | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | |
| <i>Ps. sp.</i> | | | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 4 | |
| <i>Bisp. stabilis M1</i> | | | | | | | | | 1 | | 2 | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | |
| <i>Siph. nandongensis</i> | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| <i>Pol. fornicatus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | |
| <i>Siph. crenulata</i> | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | | 1 | 1 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 15 |
| <i>Hind. scitulus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 | |
| <i>Ps. pinnatus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | |
| Общее количество выделенных диагностируемых элементов | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 238 | | |
| Прочие элементы: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S | 3 | 3 | 1 | | | 2 | | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 6 | | 2 | | | 1 | 3 | 1 | 2 | | | | | | | 1 | | 32 | |
| M | | | | | 1 | | | | | | | | | 2 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | 4 | |
| Pb | 3 | 1 | 2 | | | | 2 | | 1 | | | | | | | 2 | | | | | 1 | | | | 1 | | 1 | 1 | | 1 | 16 | |
| Обломки | 12 | 3 | 9 | | 3 | 2 | | 3 | 2 | 3 | 6 | | 2 | 3 | 6 | | 20 | 2 | 4 | 8 | 4 | 3 | 1 | 4 | 3 | 7 | 1 | 9 | 3 | 123 | | |
| Общее количество дискретных элементов (без учета обломков) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 290 | | |

Ячейка синего цвета – aff.; ячейка зеленого цвета – cf.

Bisp. – *Bispathodus*; *Neop.* – *Neopolygnathus*; *Pol.* – *Polygnathus*; *Hind.* – *Hindeodus*; *Siph.* – *Siphonodella*; *Ps.* – *Pseudopolygnathus*.

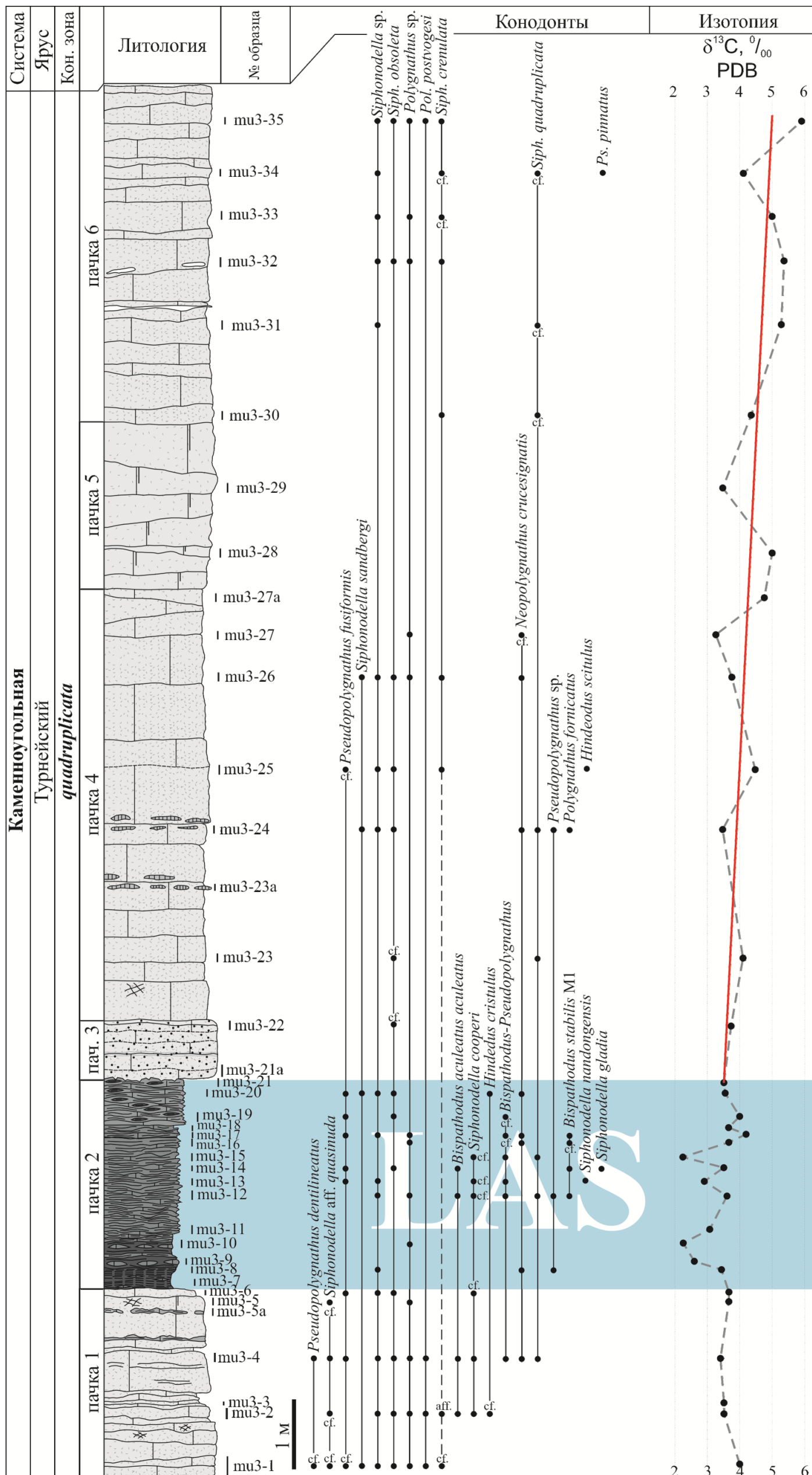


Рис. 4. Лито-стратиграфическая колонка обнажения му3 с распространением конодонтов и кривой вариаций изотопного состава углерода LAS – Среднетурнейское событие (Lower Alum Shale). Усл. обозначения см. на рис. 2.

Пологая волнистая слоистость подчеркнута тончайшими прослоями глинистого материала (?). Биокластика представлена преимущественно члениками криноидей, в подчиненном количестве присутствуют фрагменты водорослей, раковин брахиопод, одиночных кораллов, фораминиферы, рыбы и крайне редкие конодонтовые элементы, среди которых диагностируемыми оказались лишь *Siphonodella* cf. *obsoleta* Hass и *Polygnathus* sp. Фораминиферы представлены *Vicinesphaera* sp., *Parathurammia* sp. (образец му3-8), *Parathuramminites suleimanovi* (Lipina), *Neoseptaglomopiranella* sp. и *Chernyshinella* ex gr. *glomiformis* (Lipina) (образец му3-22). Мощность пачки – 0,9 м.

4. Известняки биокластовые с пелитоморфным цементом доломитистые массивные серые с кремнистыми стяжениями темно-серого цвета лизовидной или неправильной формы (рис. 3В) (слои с образцами му3-23 – му3-27а). В известняках встречаются редкие тончайшие прослои глинистого материала. Органогенный материал представлен преимущественно члениками криноидей, фрагментами раковин брахиопод, панцирей трилобитов и колоний кораллов (рис. 3Б), конодонтами, единичными находками ихтиофауны, ядер остракод. Отсюда определены *Pseudopolygnathus* cf. *fusiformis* Branson et Mehl, *Siphonodella obsoleta* Hass, *Siph. crenulata* (Cooper), *Siph. quadruplicata* (Branson et Mehl), *Neopolygnathus crucesignatis* Plotitsyn et Zhuravlev, *Polygnathus fornicatus* Ji, Xiong et Wu и *Hindeodus scitulus* (Hinde). Мощность пачки – 6,6 м.

5. Пачка вторичных доломитов мелкокристаллических массивных серых сильно трещиноватых (слои с образцами му3-28–му3-29). В верхней части пачки отмечены участки менее измененных разностей, представленные, вероятно, пелитоморфными известняками. Повсеместные трещины залечены кальцитом. Органические остатки в основном не диагностируемы, редко распознаются лишь фрагменты криноидей. Мощность пачки – 2,6 м.

6. Пачка известняков пелитоморфных доломитистых массивных серых, реже темно-серых участками сильно рассланцованных и трещиноватых (слои с образцами му3-30-му3-35). Трещины повсеместно заполнены кальцитом, вплоть до образования крупных кальцитовых жил (до 3 см шириной). Участки интенсивной перекристаллизации сложены кальцитовыми гнездами. Редкие органические остатки представлены фрагментами иглокожих, редкими сдавленными раковинами брахиопод, конодонтами очень плохой сохранности и крайне редкими ядрами остракод. Диагностированы конодонты: *Siphonodella obsoleta* Hass, *Siph. crenulata* (Cooper), *Siph. quadruplicata* (Branson et Mehl), *Polygnathus postvogesi* Plotitsyn et Zhuravlev и *Pseudopolygnathus pinnatus* Voges. Мощность пачки – 5,2 м.

Общая мощность отложений в изученном разрезе – 21,2 м.

Условия формирования отложений

Комплекс пород обнажений μ_2 и μ_3 представлен известняками пелитоморфными и биокластовыми с пелитоморфным цементом и их, в различной степени, доломитизированными разностями. Первичная текстура известняков - преимущественно массивная, реже пологоволнистослоистая. Отмечаются единичные прослои и пачки массивных известняковых песчаников и известковистых и углеродистых аргиллитов.

Пелитоморфная основная масса подавляющего большинства наименее перекристаллизованных известняков, в совокупности с текстурными особенностями и находками типичных для глубоководного шельфа конодонтов (*Siphonodella quadruplicata* (Branson et Mehl), *Siph. crenulata* (Cooper) и *Polygnathus distortus* Branson et Mehl), вероятно, свидетельствует об относительно глубоководных условиях формирования отложений. На это так же косвенно указывает отсутствие текстур и сортировки форменных элементов (аллохтонный обломочный материал), образующихся при волновом воздействии. Рост количества органического и литокластического материала в некоторых наименее вторично преобразованных слоях (пачка 8 обнажения μ_2 и 1-4 пачки обнажения μ_3) можно связать с поступлением его из более мелководных участков морского дна, которые выступали в качестве питающей провинции. Это обосновывается так же присутствием среди органических остатков светозависимых зеленых дазикладиевых водорослей и слабоскульптурированных и диагональноорнаментированных «мелководных» сифониделид (*Siph. aff. quasinuda* Gagiev, Kononova et Pazukhin, *Siph. nandongensis* Li, *Siph. aff. semichatovae* Kononova et Lipnjagov, *Siph. aff. quadruplicata* (Branson et Mehl)). Скудность бентосной фауны нижней (1-7 пачки обнажения μ_2) и верхней частей разреза (5-6 пачки обнажения μ_3) может быть связана как со стагнацией придонных вод в условиях относительного глубоководья, так и с дефицитом остатков этих организмов в питающей провинции. При этом более определенная интерпретация условий формирования нижней и верхней частей разреза невозможна из-за значительной степени вторичного преобразования.

Таким образом, формирование комплекса пород разреза среднего течения р. Малая Уса происходило ниже базиса волнового воздействия в условиях, вероятно, пологого склона. На склоновую природу формирования этих отложений указывает смешанность комплексов мелководных и глубоководных органических остатков. В палеогеографическом плане разрез среднего течения р. Малая Уса, вероятно, занимает промежуточное положение между разрезами мелководной карбонатной платформы (важхановейская свита на р. Большая Уса, нижнего течения р. Малая Уса, р. Лек-Елец) и относительно глубоководными разрезами изьяшорского фациального типа, предположительно, континентального склона (верховья р. Кары (скв. Нылкыдты-1), р. Силоваяха).

Биостратиграфия

Нижняя часть обнажения mu2 (слои с образцами mu2-1–mu2-5) характеризуется спорадическими находками конодонтов широкого стратиграфического распространения, которые позволили условно отнести этот интервал в промежуток зон *sulcata* - *sandbergi*. Рассматриваемые же в работе обнажения mu2 и mu3 большей своей частью содержат комплексы конодонтов, которые характеризуют вышележащую зону *quadruplicata*. Нижняя граница зоны условно проводится в основании слоя с образцом mu2-6 по появлению вида *Hindeodus cristulus* (Youngquist et Miller), который начинает свое распространение с верхнего турне [Stevens et al., 1996; Draganits et al., 2002; Habibi et al., 2008; Журавлев и др., 2011]. Незначительно выше по разрезу зона подтверждается присутствием *Siphonodella* aff. *quadruplicata* (Branson et Mehl) (слои с образцами mu2-8, mu2-11), *Hindeodus scitulus* (Hinde) (слои с образцами mu2-10, mu2-12), *Siphonodella nandongensis* Li и *Siphonodella gladia* Zhuravlev et Plotitsyn (слой с образцом mu2-12). Комплекс конодонтов так же составляют следующие таксоны: *Neopolygnathus dentatus* (Druce), *crucesignatis* Plotitsyn et Zhuravlev, *Bispathodus stabilis* (Branson et Mehl) M1, *Bisp. aculeatus aculeatus* (Branson et Mehl), *Hindeodus crassidentatus* (Branson et Mehl), *Siphonodella sulcata* (Huddle), *Siph.* aff. *semichatovae* Kononova et Lipnjagov, *Siph. obsoleta* Hass, *Siph. cooperi* Hass, *Siph.* aff. *duplicata* (Branson et Mehl), *Siph. sandbergi* Klapper, *Siph.* aff. *quasinuda* Gagiev, Kononova et Pazuhin, *Siph. crenulata* (Cooper), *Siph. quadruplicata* (Branson et Mehl), *Pseudopolygnathus primus* Branson et Mehl, *Ps. oxypageus* Lane, Sandberg et Ziegler, *Ps. dentilineatus* Branson, *Ps. fusiformis* Branson et Mehl, *Ps. pinnatus* Voges, *Polygnathus proprius* Kononova et Pistshikova, *Pol. postvogesi* Plotitsyn et Zhuravlev, *Pol. longiposticus* Branson et Mehl, *Pol. distortus* Branson et Mehl, *Pol. purus* Voges, *Pol. aff. lacinatus* Huddle, *Pol. fornicatus* Ji, Xiong et Wu, кроме того встречен ряд морфологически отличных друг от друга форм переходных от *Bispathodus* к *Pseudopolygnathus* (фототаблица 1, 2). В целом, список вышеперечисленных таксонов характерен для конодонтовой зоны *quadruplicata* турнейского яруса. Интервалов с явным (диахронным) переотложением конодонтовых элементов выявить не удалось.

В доломитовых слоях нижней части обнажения mu2 (образцы mu2-1–mu2-5), условно относимых к нижней части турнейского яруса по данным изучения конодонтов (зоны *sulcata* – *sandbergi*?), фораминиферы не обнаружены. Выше по разрезу отмечаются фораминиферы в единичных образцах. Они представлены *Chernyshinella* ex gr. *glomiformis* (Lipina) (образец mu2-14), *Brunsiina uralica* Lipina, *Palaeospiroplectamina* sp. и зелеными водорослями *Issinella* sp. (образец mu2-15) (фототаблица 3). Такой комплекс фораминифер характерен для черепетского горизонта, нижней подзоны *Chernyshinella glomiformis* зоны *Palaeospiroplectamina tchernyshinensis* [Кулагина, Гибшман, 2005]. Фораминиферы,

встреченные в обнажении mu3 - однокамерные *Vicinesphaera* sp., *Parathuramina* sp. (образец mu3-8), *Parathuramminites suleimanovi* (Lipina), а также единичные *Neoseptaglomopiranella* sp. и *Chernyshinella* ex gr. *glomiformis* (Lipina) (образец mu3-22), позволяют также отнести вмещающие отложения к этому возрастному интервалу.

Событийная стратиграфия

Внутри конодонтовой зоны *quaduplicata* на фоне массивных вторичных доломитов и известняков выделяется литологически достаточно контрастная пачка темноцветных аргиллитов, известковистых аргиллитов и глинистых известняков, которая интерпретируется авторами в качестве следов трансгрессивной фазы Среднетурнейского глобального геологического события.

Впервые среднетурнейское глобальное экологическое событие (Lower Alum Shale Event) выделил R.T. Becker [Becker, 1993a, 1993b]. Стратиграфически этот событийный интервал приурочен к зоне Lower *crenulata* (по [Sandberg et al., 1978]), который сопоставим с генозоной *Goniocylus* по аммоноидеям [Becker, 1996]. На этом уровне отмечается радиация некоторых бентосных фораминифер и происходят значительные изменения в составе остракодовых ассоциаций ([Чижова, 1988; Kalvoda, 1989; Дуркина, 1997; Чижова и др., 1997; Соболев, 1995, 2005] и др.). Кроме того, этот уровень является рубежом, который не переживают более 50% всех родов аммоноидей [Becker, 1993a, 1993b, 1996]. Таксономическое разнообразие фауны конодонтов на постсобытийном интервале обычно, наоборот, в значительной степени возрастает [Zhuravlev, 1998].

На севере Урала и в Приуралье следы события достоверно установлены в разрезах рр. Подчерем, Каменка, Большой Паток, Вангыр, Харута и руч. Константинов [Zhuravlev, 1998; Журавлев, 2000; Плотицын и др., 2018], также кратко рассмотрен характер проявления этого события в разрезах рр. Изъяель, Кожим и Малая Уса [Плотицын, 2016]. В настоящей работе приводится развернутая характеристика следов Среднетурнейского события в разрезе р. Малой Усы.

Здесь Среднетурнейское событие проявлено в значительно лучшей степени относительно разрезов мелководной карбонатной платформы [Соболев, 2011; Плотицын и др., 2018] и разрезов глубоководного шельфа Североуральского региона, за исключением склоновых [Журавлев, 2000; Zhuravlev, 1998; Плотицын, 2016; Плотицын и др., 2018]. Оно хорошо фиксируется благодаря трансгрессивной пачке аргиллитов и сильноглинистых известняков (от слоя с образцом mu3-7 до mu3-21), которые залегают среди массивных биокластовых известняков и известняковых песчаников (см. рис. 3).

Перекрывающая её трансгрессивная пачка в известняковой своей части содержит

своеобразный комплекс ископаемых остатков (в сравнении от нижележащей пачки 1). Здесь исчезают остатки светозависимых организмов (зеленые дазикладовые водоросли), но диверсифицируется раковинный бентос (брахиоподы, гастроподы), а также появляются планктонные радиолярии.

Вторая регрессивная фаза характеризуется накоплением пачки известняковых песчаников от слоя с образцом $mu3-21a$ до $mu3-22$, которые эрозионно залегают на глинистой трансгрессивной пачке.

Несмотря на то, что в разрезе р. Малая Уса нижняя граница конодонтовой зоны *quadruplicata* проводится значительно ниже интервала, рассматриваемого в качестве события, первое появление вида *Siphonodella crenulata* (Cooper) отмечается приблизительно на его уровне. Здесь комплекс пород, отнесенных к зоне *quadruplicata* имеет повышенную мощность относительно того же интервала в глубоководно-шельфовых разрезах Приполярного Урала. Вследствие этого резкая вспышка разнообразия конодонтов внутри зоны *quadruplicata*, обычно наблюдаемая в пределах событийного интервала, не так очевидна. Однако трансгрессивная фаза среднетурнейского события литологически фиксируется надежнее. Аналогичный рост таксономического разнообразия конодонтов и планктонно-нектонной биоты в целом наблюдается в пределах позднедевонского события Дасберг, где трансгрессия имеет, вероятно, гляциоэвстатическую природу [Sandberg et al., 2002].

Значения изотопных соотношений углерода в обнажении $mu2$ колеблется в пределах от -1,1 до 4,6‰. Несмотря на значительный разброс значений $\delta^{13}C$ с амплитудой в 5,7‰ пиковые значения (-1,1‰ на уровне слоя с пробой $mu2-7$ и 4,6‰ - слой с пробой $mu2-12a$) единичны. Наибольшее количество точек на графике (см. рис. 2) попадает в область от 2 до 4‰ (табл. 3). В обнажении $mu3$ изотопный состав углерода варьирует в интервале значений 2,2-5,9‰. Средние значения колеблются в пределах от 3 до 5‰ (табл. 4). При этом вверх по разрезу на постсобытийном уровне прослеживается четкий тренд утяжеления $\delta^{13}C$ от 3,5 до 5‰ (красная линия тренда выше уровня LAS на рис. 4). Наименьшие значения $\delta^{13}C$ концентрируются в пачке 2, которая, вероятно, формировалась в трансгрессивную фазу Среднетурнейского события. Незаконмерные вариации величин $\delta^{13}C$, характеризующиеся единичными отклонениями, могут объясняться как изменениями в литологическом составе отложений вверх по разрезу, так и вариациями степени их вторичного преобразования.

Непосредственно в пределах событийного интервала (от слоя $mu3-7$ до слоя $mu3-21$) $\delta^{13}C$ колеблется пределах от 2,2 до 4‰. На графике вариаций изотопных соотношений углерода на этом уровне выявлен ряд экстремумов с заниженными значениями (2,2‰) по сравнению с подстилающими отложениями (3-4‰).

Таблица 3

Изотопный состав углерода в турнейских карбонатных породах обнажения mu2

| Номер п/п | Номер образца | $\delta^{13}\text{C}$ | Номер п/п | Номер образца | $\delta^{13}\text{C}$ |
|-----------|---------------|-----------------------|-----------|---------------|-----------------------|
| 1 | mu2-1 | 2,1 | 15 | mu2-11a | 2,3 |
| 2 | mu2-2 | 3,6 | 16 | mu2-12 | 2,7 |
| 3 | mu2-3 | 3,8 | 17 | mu2-12a | 4,6 |
| 4 | mu2-4 | 2,0 | 18 | mu2-12b | 3,8 |
| 5 | mu2-5 | 3,6 | 19 | mu2-12c | 2,3 |
| 6 | mu2-6 | 2,3 | 20 | mu2-12d | 2,8 |
| 7 | mu2-7 | 2,0 | 21 | mu2-12e | 3,2 |
| 8 | mu2-7a | -1,1 | 22 | mu2-13 | 4,0 |
| 9 | mu2-8 | 3,0 | 23 | mu2-14 | 2,6 |
| 10 | mu2-9 | 3,8 | 24 | mu2-15 | 3,7 |
| 11 | mu2-10 | 2,6 | 25 | mu2-15a | 4,1 |
| 12 | mu2-10a | 2,2 | 26 | mu2-16 | 2,1 |
| 13 | mu2-10b | 4,2 | 27 | mu2-17 | 3,1 |
| 14 | mu2-11 | 3,0 | | | |

Таблица 4

Изотопный состав углерода в турнейских карбонатных породах обнажения mu3

| Номер п/п | Номер образца | $\delta^{13}\text{C}$ | Номер п/п | Номер образца | $\delta^{13}\text{C}$ |
|-----------|---------------|-----------------------|-----------|---------------|-----------------------|
| 1 | mu3-1 | 4,0 | 19 | mu3-20 | 3,6 |
| 2 | mu3-2 | 3,5 | 20 | mu3-21 | 3,5 |
| 3 | mu3-3 | 3,5 | 21 | mu3-22 | 3,8 |
| 4 | mu3-4 | 3,3 | 22 | mu3-23 | 4,1 |
| 5 | mu3-5 | 3,7 | 23 | mu3-24 | 3,4 |
| 6 | mu3-6 | 3,7 | 24 | mu3-25 | 4,4 |
| 7 | mu3-8 | 3,4 | 25 | mu3-26 | 3,8 |
| 8 | mu3-9 | 2,6 | 26 | mu3-27 | 3,2 |
| 9 | mu3-10 | 2,2 | 27 | mu3-27a | 4,8 |
| 10 | mu3-11 | 3,1 | 28 | mu3-28 | 5,0 |
| 11 | mu3-12 | 3,6 | 29 | mu3-29 | 3,4 |
| 12 | mu3-13 | 2,9 | 30 | mu3-30 | 4,3 |
| 13 | mu3-14 | 3,5 | 31 | mu3-31 | 5,2 |
| 14, | mu3-15 | 2,2 | 32 | mu3-32 | 5,3 |
| 1 | mu3-16 | 3,7 | 33 | mu3-33 | 5,0 |
| 16 | mu3-17 | 4,2 | 34 | mu3-34 | 4,1 |
| 17 | mu3-18 | 3,7 | 35 | mu3-35 | 5,9 |
| 18 | mu3-19 | 4,0 | | | |

Подобные изменения изотопного состава в разрезе на р. Малая Уса сопоставимы со смежными разнофациальными разрезами не только Приуралья (Гряда Чернышева, Печорская гряда), севера Урала [Соболев, 2011; Плотницын, 2016; Плотницын и др., 2018] и Южного Урала [Мизенс и др., 2015], но и некоторых других регионов мира [Saltzman, Groessens, Zhuravlev, 2004; Yao et al., 2015], где на трансгрессивной фазе Среднетурнейского события (внутри зоны *quadruplicata* или в основании зоны *srenulata*) наблюдается облегчение изотопного состава углерода (в пределах 1-2‰).

Заключение

Литологические и палеонтологические данные позволили предположить, что формирование комплекса пород разреза происходило ниже базиса волнового воздействия в условиях, вероятно, пологого склона. При этом палеофациально он, вероятно, занимал промежуточное положение между разрезами мелководной карбонатной платформы и глубоководными разрезами шельфа или континентального склона.

Биостратиграфические данные по конодонтам позволили установить турнейский возраст (интервал, условно отвечающий промежутку зон *sulcata-sandbergi*?, и зона *quadruplicata*) исследуемого комплекса пород. Фораминиферы, диагностированные в турнейской части разреза, характерны для черепетского горизонта, нижней подзоны *Chernyshinella glomiformis* зоны *Palaeospiroplectamina tchernyshinensis*. В обнажении му1 определены фораминиферы зоны *Quasiendothyra kobeitusana* (самые верхи фамена). Стратиграфические данные по рыбам и кораллам не противоречат полученным по конодонтам и фораминиферам датировкам.

Несмотря на обилие палеонтологических остатков в разрезе, в настоящей статье демонстрируется тот случай, когда после стратиграфического расчленения дальнейшие корреляционные построения с использованием палеонтологического метода не представляются возможными. Это обосновывается отсутствием или неубедительностью палеонтологического обоснования нижней и/или верхней границы ни одного зонального подразделения (в данном случае конодонтовая зона *quadruplicata*, фораминиферовые зоны *Quasiendothyra kobeitusana* и *Palaeospiroplectamina tchernyshinensis*). Но при этом высоким корреляционным потенциалом, не только на региональном, но и межрегиональном уровнях, обладают следы трансгрессивной фазы Среднетурнейского события, которое ранее предлагалось в качестве корреляционного уровня для Североуральского региона [Плотницын, 2016]. При этом в разрезах западного склона севера Урала и Приуралья, образовавшихся в условиях склона, трансгрессивная фаза Среднетурнейского события литологически выражена более контрастно по отношению к разрезам глубоководного шельфа и батиаля.

Уровень трансгрессивной фазы события в исследованном разрезе дополнительно обосновывается биостратиграфическими данными (уровень появления вида *Siphonodella crenulata* (Cooper)) и изотопно-геохимической аномалией (облегчение изотопного состава углерода в пределах 1-2‰), вследствие чего диагностируется событие надежнее.

Авторы благодарят Д.Б. Соболева, М.А. Соболеву, П.А. Макарова, С.А. Ситкевича за совместные полевые исследования и предоставленный каменный материал для настоящего исследования; П.А. Безносова и В.С. Цыганко за определение остатков рыб и кораллов; С.С. Шевчука и А.С. Шуйского за качественные фотографии конодонтов на СЭМ; лично И.В. Смолеву и группу изотопной геохимии (рук. В.Л. Андреев) за изотопные анализы углерода. Так же авторы выражают искреннюю благодарность А.В. Журавлеву за ценные советы и рекомендации, которые способствовали улучшению статьи.

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00330.

Литература

Государственная геологическая карта Российской Федерации. - Масштаб 1:200000 (Второе издание). - Полярно-Уральская серия – Лист Q-41-XI (Елецкий). - Объяснительная записка. - СПб.: Изд-во СПб МФ ВСЕГЕИ, 2004. - 216 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. - Масштаб 1:200000 (Второе издание). - Полярно-Уральская серия – Лист Q-41-V, VI (Воркута). - Объяснительная записка. – СПб.: Изд-во СПб МФ ВСЕГЕИ, 2005. - 262 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. - Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). - Уральская серия – Лист Q-41 (Воркута). - Объяснительная записка. СПб.: Изд-во СПб МФ ВСЕГЕИ, 2007. - 541 с.

Государственная геологическая карта СССР. - Масштаб 1:200000. - Северо-Уральская серия – Лист Q-41-VI. - Объяснительная записка. - М., 1981. - 120 с.

Дуркина А.В. О зональном расчленении пограничных отложений нижне-верхнетурнейского подъярусов по фораминиферам и о границе между ними в Тимано-Печорской провинции // Биостратиграфия нефтегазоносных бассейнов: труды Первого Междунар. симпозиума. - СПб.: ВНИГРИ, 1997. - С. 70-75.

Журавлев А.В. Среднетурнейское событие // Использование событийно-стратиграфических уровней для межрегиональной корреляции фанерозоя России: методическое пособие. - СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. - С. 46-48.

Журавлев А.В., Вевель Я.А., Иосифиди А.Г., Томша В.А. Разрез верхнего девона – нижнего карбона на мысе Костяном острова Вайгач // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2011. - Т. 6. - № 1. - http://www.ngtp.ru/rub/2/6_2011.pdf.

Журавлев А.В., Плотицын А.Н. Стратотип важхановейской свиты в каньоне реки Большая Уса как геологический памятник природы регионального значения // Природное

геологическое наследие Европейского Севера России: материалы Всероссийской научной конференции. - Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2017. - С. 41-43.

Иванов К.С. Современные методики выделения конодонтов (обзор) // Проблемы современной микропалеонтологии. - Л.: Наука, 1990. - С. 149-156.

Колесник Л.С. Верхний девон и нижний карбон верховьев р. Кары (западный склон Полярного Урала) // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол. - 1993.- Т. 68. - Вып.1. - С. 15-20.

Кулагина Е.И., Гибшман Н.Б. Общая зональная шкала нижнего карбона России по фораминиферам // Бюлл. МОИП. Отд. геол. - 2005. - Т. 80. - Вып. 2. - С. 33-59.

Мизенс Г.А., Кулешов В.Н., Степанова Т.И., Кучева Н.А. Отражение глобальных геологических событий фаменского и турнейского веков в разрезе изолированной карбонатной платформы на востоке Урала // Геология и геофизика. - 2015. - Т. 56. - № 11. - С.1945-1960.

Прищепа О.М., Богацкий В.И., Макаревич В.Н., Чумакова О.В., Никонов Н.И., Куранов А.В., Богданов М.М. Новые представления о тектоническом и нефтегазогеологическом районировании Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2011. - Т. 6. - №4. - http://www.ngtp.ru/rub/4/40_2011.pdf

Прищепа О.М., Орлова Л.А., Чумакова О.В. Направления геологоразведочных работ на нефть и газ в северо-восточной части Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2008. - Т. 3. - № 3. - http://www.ngtp.ru/rub/4/40_2008.pdf

Плотицын А.Н. Нижнетурнейские конодонты р. Малая Уса (Полярный Урал) // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: материалы 23-й науч. молодеж. конференции. - Сыктывкар: Геопринт, 2014. - С. 105-109.

Плотицын А.Н. Корреляционные уровни в верхнем фамене и турне севера Урала и гряды Чернышева // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. - 2016. - № 7. - С.46-53.

Плотицын А.Н., Журавлев А.В. Новые виды конодонтов родов Neopolygnathus и Polygnathus из турнейских отложений севера Урала и гряды Чернышева // Сыктывкарский палеонтологический сборник. - 2017. - Вып. 130. - № 8. - С. 24-30.

Плотицын А.Н., Журавлев А.В., Вевель Я.А., Груздев Д.А. Среднетурнейское событие на севере Урала и в Приуралье // Фундаментальная и прикладная палеонтология: материалы LXIV сессии Палеонтологического общества. - Санкт-Петербург, 2018. - С. 89-90.

Соболев Д.Б. Остракоды и биостратиграфия турнейского яруса севера Урала. - Екатеринбург: УрО РАН, 2005. - 113 с.

Соболев Д.Б. Эволюция и биоразнообразие раннекаменноугольных остракод на событийных уровнях // Биogeология, эволюция организмов и биоразнообразие в геологической истории Тимано-Североуральского региона, моделирование палеоэкосистем, палеонтологические и стратиграфические геокорреляции. - Сыктывкар: Геопринт, 2011. - С.102-108.

Тимонин Н.И. Печорская плита: история геологического развития в фанерозое. - Екатеринбург: УрО РАН, 1998. - 239 с.

Чернов Г.А. Девонские отложения восточной части Большеземельской тундры. - М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1962. - 118 с.

Чернов Г.А. Палеозой Большеземельской тундры и перспективы его нефтегазоносности. - М.: Изд-во «Наука», 1972. - 315 с.

Чиждова В.А. Развитие остракод в фамене и турне и граница девона-карбона // Граница девона и карбона на территории СССР. - Минск: Наука и техника, 1988. - С. 271-286.

Чиждова В.А., Сташкова Э.К., Зверева Е.В., Стукова Т.В., Акулова Н.Н. Соотношение верхнефранско-нижневизейских биостратиграфических подразделений по конодонтам, фораминиферам, остракодам и спорам в разрезах востока Русской платформы // Биостратиграфия и микроорганизмы фанерозоя Евразии: труды XII Всерос. микрорпалеонт. совещания - М.: ГЕОС, 1997. - С. 61-70.

Becker R.T. Anoxia, eustatic changes, and Upper Devonian to lowermost Carboniferous global ammonoid diversity // The Ammonoidea: Environment, Ecology and Evolutionary Change. - Oxford: Systematic Association, 1993a. - P. 115-163.

Becker R.T. Analysis of ammonoid palaeobiogeography in relation to the global Hangenberg (terminal Devonian) and Lower Alum Shale (Middle Tournaisian) events // Ann. Soc. Géol. Belg. - 1993b. - № 115. - P. 459-473.

Becker R.T. New faunal records and holostratigraphic correlation of the Hasselbachtal D/C-boundary auxiliary stratotype (Germany) // Ann. Soc. Géol. Belg. - 1996. - № 117. - P. 19-45.

Draganits E., Mawson R., Talent J.A., Krystyn L. Lithostratigraphy, conodont biostratigraphy and depositional environment of the Middle Devonian (Givetian) to Early Carboniferous (Tournaisian) Lipak Formation in the Pin Valley of Spiti (NW India) // Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia. - 2002. - № 108. - P. 7-35.

Habibi T., Corradini C., Yazdi M. Conodont biostratigraphy of the Upper Devonian-Lower Carboniferous Shahmirzad section, central Alborz, Iran // Geobios. - 2008. - № 41. - P. 763-777.

Kaiser S.I., Becker R.T. The required revision of the Devonian-Carboniferous boundary // Journal of Stratigraphy. - 2007. - V. 31, Supplement 1. - P. 95.

Kaiser S.I., Corradini C. Should the Devonian-Carboniferous boundary be redefined? // Subcommission on Devonian Stratigraphy. Newsletter. - 2008. - № 23. - P. 55-56.

Kalvoda J. Sedimentological and evolutionary cycles in the Upper Devonian and Lower Carboniferous / Acta Universitatis Carolinae // Geologica. - 1989. - V. 1. - № 1. - P. 29-45.

Plotitsyn A.N., Beznosov P.A. Conodont and vertebrate assemblages from the Early Carboniferous section of Malaya Usa River (Polar Urals, Russia) // Abstracts of the XVIII International Congress on the Carboniferous and Permian. - Kazan, 2015. - P. 146.

Plotitsyn A.N., Zhuravlev A.V. A new species of the conodont genus Polygnathus from the Tournaisian of the Northern Urals, Chernyshev Ridge and Pai-Khoi // Paleontological Journal. - 2017. - Vol. 51. - № 3. - P. 304-307.

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 // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. - 2004. - V. 213. - P. 359-377.

Sandberg C.A., Morrow J.R., Ziegler W. Late Devonian sea-level changes, catastrophic events, and mass extinctions // Geological Society of America. - 2002. - Special Paper 356. - P. 473-487.

Sandberg C.A., Ziegler W., Leuteritz K., Brill S.M. Phylogeny, speciation, and zonation of Siphonodella (Conodonta, Upper Devonian and Lower Carboniferous) // Newsletters on Stratigraphy. - 1978. - V. 7. - № 2. - P. 102-120.

Stevens C.H., Klingman D.S., Sandberg C.A., Stone P., Belasky P., Poole F.G., Snow K.

Mississippian stratigraphic framework of east-central California and southern Nevada with revision of Upper Devonian and Mississippian stratigraphic units in Inyo County, California: U.S // Geological Survey. - 1996. - Bull. 1988-J. - P. 1-39.

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. - V. 401. - P. 1-14.

Zhuravlev A.V. The Mid-Tournaisian Event in the Northern Urals and conodont dynamics // *Proceedings of Geologists Association*. - 1998. - № 109. - P. 161-168.

Zhuravlev A.V., Plotitsyn A.N. The symmetry of the rostrum as a key to taxonomy of advanced *Siphonodella* (Conodonta, Early Carboniferous) // *Stratigraphy*. -2017. - V. 14. - № (1-4). - P. 457-474.

Фототаблица 1

Позднефаменско-турнейские конодонты из карбонатных отложений разреза среднего течения р. Малая Уса. **1** – *Neopolygnathus dentatus* (Druce), колл. № 333/29-9, проба mu2-5; **2** – *Neopolygnathus carinus* (Hass), колл. № 512/2-1, проба mu2-3; **3** – *Neopolygnathus crucegnathus* Plotitsyn et Zhuravlev (реиллюстрация голотипа [Плотицын, Журавлев, 2017]), колл. № 512/1-43, проба mu3-16; **4** – *Polygnathus postvogesi* Plotitsyn et Zhuravlev (реиллюстрация голотипа [Plotitsyn, Zhuravlev, 2017]), колл. № 333/26-50, проба mu2-14; **5** – *Polygnathus proprius* Kononova et Pistshikova, колл. № 333/29-11, проба mu2-6; **6** – *Polygnathus purus* Voges, колл. № 333/26-78, проба mu2-16; **7** – *Pseudopolygnathus fusiformis* Branson et Mehl, колл. № 512/1-46, проба mu3-20; **8** – *Pseudopolygnathus fusiformis* Branson et Mehl, колл. № 512/2-27, проба mu3-13; **9** – *Hindeodus scitulus* (Hinde), колл. № 512/2-6, проба mu2-12; **10** – *Hindeodus scitulus* (Hinde), колл. № 512/2-3, проба mu2-10; **11** – *Hindeodus cristulus* (Youngquist et Miller), колл. № 512/2-5, проба mu2-11; **12** – *Bispathodus stabilis* (Branson et Mehl) M1, колл. № 333/29-19, проба mu2-10; **13** – *Bispathodus aculeatus aculeatus* (Branson et Mehl), колл. № 333/29-4, проба mu2-2; **14** – *Hindeodus* sp., колл. № 512/2-31, проба mu1-15; **15** – *Polygnathus longiposticus* Branson et Mehl, колл. № 333/29-16, проба mu2-10; **16** – *Polygnathus* aff. *lacinatus* Huddle, колл. № 333/29-32, проба mu2-15; **17** – *Polygnathus distortus* Branson et Mehl, колл. № 333/29-24, проба mu2-12. Длина масштабной линейки – 0,2 мм.

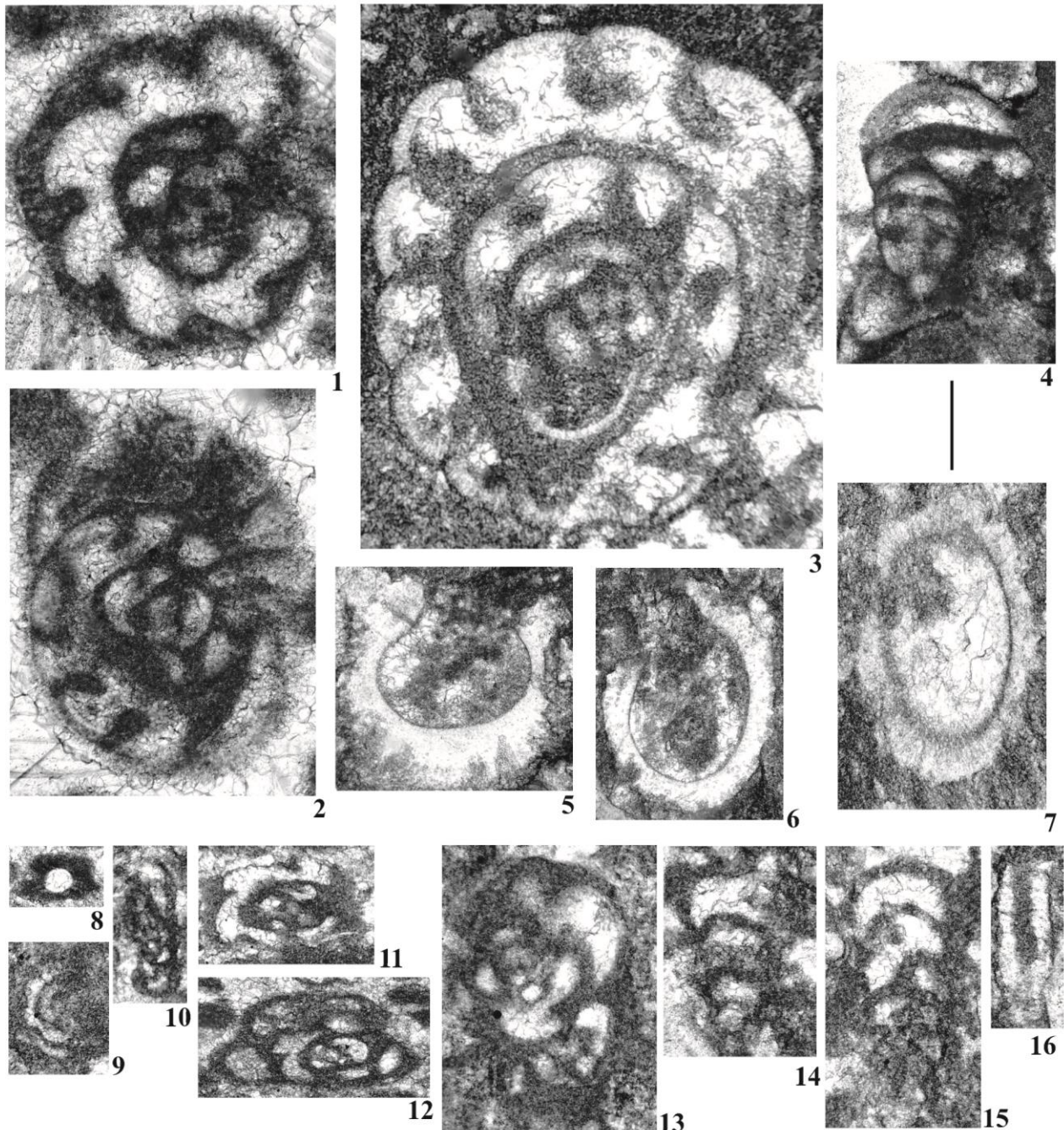


Турнейские конодонты из карбонатных отложений разреза среднего течения р. Малая Уса. **1** – *Bispathodus* - *Pseudopolygnathus* (переходная форма), колл. № 512/2-19, проба му3-4; **2** - *Pseudopolygnathus dentilineatus* Branson, колл. № 512/1-34, проба му3-4; **3** - *Pseudopolygnathus primus* Branson et Mehl, колл. № 333/29-10, проба му2-5; **4** - *Pseudopolygnathus oxypageus* Lane, Sandberg et Ziegler, колл. № 333/29-25, проба му2-12; **5** - *Siphonodella* aff. *semichatovae* Kononova et Lipnjagov, колл. № 512/3-19, проба му2-11; **6** - *Siphonodella sulcata* (Huddle), колл. № 333/29-7, проба му2-4; **7** - *Siphonodella* aff. *quasinuda* Gagiev, Kononova et Pazukhin, колл. № 512/2-17, проба му3-4; **8** - *Siphonodella cooperi* Hass, колл. № 333/29-22, проба му2-11; **9** - *Siphonodella obsoleta* Hass, колл. № 333/29-29, проба му2-13; **10** – *Siphonodella crenulata* (Cooper), колл. № 512/1-49, проба му3-32; **11** - *Siphonodella gladia* Zhuravlev et Plotitsyn (реиллюстрация голотипа [Zhuravlev, Plotitsyn, 2017]), колл. № 333/29-26, проба му2-13; **12** - *Siphonodella gladia* Zhuravlev et Plotitsyn, колл. № 512/1-40, проба му3-14; **13** – *Siphonodella quadruplicata* (Branson et Mehl), колл. № 512/1-38, проба му3-12; **14** – *Siphonodella* aff. *quadruplicata* (Branson et Mehl), колл. № 333/29-23, проба му2-11; **15** - *Siphonodella sandbergi* Klapper, колл. № 333/29-33, проба му2-17. Длина масштабной линейки – 0,2 мм.



Фототаблица 3

Позднефаменско-турнейские фораминиферы и водоросли из разреза среднего течения р. Малая Уса. **1** - *Septaglomospiranella crassa* Reitlinger, обр. му1-7; **2** - *Quasiendothyra* ex gr. *konensis* (Lebedeva), обр. му1-5; **3** - *Quasiendothyra* ex gr. *kobeitusana* Rauser, обр. му1-5; **4** - *Quasiendothyra* sp., обр. му1-15; **5** - *Quasiumbella rotunda* (E. Выкова), обр. му1-15; **6, 7** - *Quasiumbella* sp.: **6** - обр. му1-15, **7** - обр. му1-24; **8** - *Parathuramminites suleimanovi* (Lipina), обр. му3-22; **9, 10** - *Brunsiina uralica* Lipina, обр. му2-15; **11** - *Neoseptaglomopiranella* sp., обр. му3-22; **12, 13** - *Chernyshinella* ex gr. *glomiformis* (Lipina): **11** - обр. му3-22, **12** - обр. му2-14; **14, 15** - *Palaeospiroplectammina* sp., обр. му2-15; **16** - *Issinella* sp., обр. му2-15. Длина масштабной линейки – 0,2 мм.



Plotitsyn A.N., Ponomarenko E.S., Vevel Ya. A.

N.P. Yushkin Institute of Geology, Komi Science Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (IG Komi Science Centre), Syktyvkar, Russia, anplotitzyn@rambler.ru

TOURNAISIAN DEEP-WATER SEQUENCES OF THE USA RIVER BASIN (POLAR URALS)

*The article presents new data of detailed lithological and paleontological study, and results of stratigraphical investigations of the Small Usa River Tournaisian deep-water sections (Polar Urals). The area is biostratigraphically characterized by the presence of conodonts, foraminifers, fishes, and corals. The traces of the Middle Tournaisian global event has been determined. The regional lithological marker (transgressive clayey beds), biostratigraphical data (first appearance of conodonts *Siphonodella crenulata*), and isotope anomaly (negative shift of $\delta^{13}C$) allowed assuredly to recognize the event.*

The new data fill the gap in the stratigraphical features of the Carboniferous system basal strata of the Polar Urals and are important for detailing correlation of the tectonically complicated sections within the Vorkuta petroleum bearing area (eastern part of the Timan-Pechora Basin). In addition, there are quite rare taxa in the conodonts association belonging to the Usa River basin, which justify the additional paleontological interest to the present work.

Keywords: *biostratigraphy, stratigraphical event, conodonts, foraminifers, Tournaisian, Polar Urals.*

References

Becker R.T. Anoxia, eustatic changes, and Upper Devonian to lowermost Carboniferous global ammonoid diversity. The Ammonoidea: Environment, Ecology and Evolutionary Change. Oxford: Systematic Association, 1993a, p. 115-163.

Becker R.T. Analysis of ammonoid palaeobiogeography in relation to the global Hangenberg (terminal Devonian) and Lower Alum Shale (Middle Tournaisian) events. Ann. Soc. Géol. Belg, 1993b, no. 115, p. 459-473.

Becker R.T. New faunal records and holostratigraphic correlation of the Hasselbachtal D/C-boundary auxiliary stratotype (Germany). Ann. Soc. Géol. Belg, 1996, no. 117, p. 19-45.

Chernov G.A. *Devonskiye otlozheniya vostochnoy chasti Bolshezemelskoy tundry* [Devonian of the Bolshezemelskaya tundra eastern part]. Moscow-Leningrad: AN SSSR, 1962, 118 p.

Chernov G.A. *Paleozoy Bolshezemelskoy tundry i perspektivy ego neftegazonosnosti* [Paleozoic of the Bolshezemelskaya tundra and prospects of its oil and gas potential]. Moscow: Nauka, 1972, 315 p.

Chizhova V.A. *Razvitiye ostrakod v famene i turne i granitsa devona-karbona* [Ostracods evolution in the Famennian and Tournaisian, and the Devonian-Carboniferous boundary]. Granitsa devona i karbona na territorii SSSR. Minsk: Nauka i tekhnika, 1988, p. 271-286.

Chizhova V.A., Stashkova E.K., Zvereva E.V., Stukova T.V., Akulova N.N. *Sootnosheniye verkhnefransko-nizhnevizeyskikh biostratigraficheskikh podrazdeleniy po konodontam, foraminiferam, ostrakodam i sporam v razrezakh vostoka Russkoy platformy* [The ratio of the Upper Frasnian – Lower Viasean conodont, foraminiferal, ostracodes and spores biostratigraphic subdivisions in the sections of the Eastern part of the Russian platform]. Biostratigrafiya i mikroorganizmy fanerozoya Evrazii: proceedings of the XII All-Russian micropaleontological conference. Moscow: GEOS, 1997, p. 61-70.

Draganits E., Mawson R., Talent J.A., Krystyn L. Lithostratigraphy, conodont biostratigraphy and depositional environment of the Middle Devonian (Givetian) to Early Carboniferous (Tournaisian) Lipak Formation in the Pin Valley of Spiti (NW India). Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, 2002, no. 108, p. 7-35.

Durkina A.V. *O zonalnom raschlenenii pogranichnykh otlozheniy nizhne-verkhneturneyskogo podyarusov po foraminiferam i o granitse mezhdu nimi v Timano-Pechorskoy provintsii* [About zonal subdivision of the lower-upper Tournaisian boundary sections using foraminifers and the

boundary between Tournasian substages in the Timan-Pechora province]. *Biostratografiya neftegazonosnykh basseynov: proceedings of the First International Symposium*. St. Petersburg: VNIGRI, 1997, p. 70-75.

Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii [State Geological Map of the Russian Federation]. Scale 1:200000 (second edition). Series Polar Ural – Sheet Q-41-XI (Eletskiy). Explanatory letter. Saint-Petersburg MF VSEGEI, 2004, 216 p.

Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii [State Geological Map of the Russian Federation]. Scale 1:200000 (second edition). Series Polar Ural – Sheet Q-41-V, VI (Vorkuta). Explanatory letter. St. Petersburg: MF VSEGEI, 2005, 262 p.

Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii [State Geological Map of the Russian Federation]. Scale 1:1000000 (third edition). Series Ural – Sheet Q-41 (Vorkuta). Explanatory letter. St. Petersburg: KF VSEGEI, 2007, 541 p.

Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR [State Geological Map of the USSR]. Scale 1:200000. Series North Ural – Sheet Q-41-VI. Explanatory letter. Moscow, 1981, 120 p.

Habibi T., Corradini C., Yazdi M. Conodont biostratigraphy of the Upper Devonian–Lower Carboniferous Shahmirzad section, central Alborz, Iran. *Geobios*, 2008, no. 41, p. 763–777.

Ivanov K.S. *Sovremennyye metodiki vydeleniya konodontov (obzor)* [Modern methods of isolating conodonts (review)]. *Problemy sovremennoy mikropaleontologii*. Leningrad: Nauka, 1990, p. 149-156.

Kaiser S.I., Becker R.T. The required revision of the Devonian-Carboniferous boundary. *Journal of Stratigraphy*, 2007, v. 31, supplement 1, p. 95.

Kaiser S.I., Corradini C. Should the Devonian-Carboniferous boundary be redefined? *Subcommission on Devonian Stratigraphy. Newsletter*, 2008, no. 23, p. 55-56.

Kalvoda J. Sedimentological and evolutionary cycles in the Upper Devonian and Lower Carboniferous / *Acta Universitatis Carolinae. Geologica*, 1989, v. 1, no. 1, p. 29-45.

Kolesnik L.S. *Verkhniy devon i nizhniy karbon verkhov'ev r. Kary (zapadnyy sklon Polyarnogo Urala)* [Upper Devonian – Lower Carboniferous of the Kara river upstream (Western slope of the Polar Urals)]. *Byul. MOIP. Otd. geol.*, 1993, vol. 68, no. 1, p. 15-20.

Kulagina E.I., Gibshman N.B. *Obshchaya zonalnaya shkala nizhnego karbona Rossii po foraminiferam* [Foraminiferal zonal standard of the Lower Carboniferous of the Russia]. *Byull. MOIP. Otd. geol.*, 2005, vol. 80, no. 2, p. 33–59.

Mizens G.A., Kuleshov V.N., Stepanova T.I., Kucheva N.A. *Otrazheniye globalnykh geologicheskikh sobytiy famenskogo i turneyskogo vekov v razreze izolirovannoy karbonatnoy platformy na vostoche Urala* [Evidence for Global Famennian and Tournaisian geologic events in the section of an isolated carbonate platform in the Eastern Urals]. *Russian geology and geophysics*, 2015, vol. 56, no. 11, p. 1945-1960.

Prishchepa O.M., Bogatskiy V.I., Makarevich V.N., Chumakova O.V., Nikonov N.I., Kuranov A.V., Bogdanov M.M. *Novyye predstavleniya o tektonicheskom i neftegazogeologicheskom rayonirovaniy Timano-Pechorskoy neftegazonosnoy provintsii* [The Timan-Pechora oil-bearing province – new tectonical insight]. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*, 2011, vol. 6, no. 4, http://www.ngtp.ru/rub/4/40_2011.pdf

Prishchepa O.M., Orlova L.A., Chumakova O.V. *Napravleniya geologorazvedochnykh rabot na neft i gaz v severo-vostochnoy chasti Timano-Pechorskoy neftegazonosnoy provintsii* [Directions of exploration for oil and gas in the North-Eastern part of the Timan-Pechora petroleum province]. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*, 2008, v. 3, no. 3, http://www.ngtp.ru/rub/4/40_2008.pdf

Plotitsyn A.N. *Nizhneturneyskiye konodonty r. Malaya Usa (Polyarnyy Ural)* [Lower Tournaisian conodonts of the Small Usa River section (Polar Urals)]. *Struktura. veshchestvo. istoriya litosfery Timano-Severouralskogo segmenta: materials of the 23-rd youth scientific conference*. Syktyvkar: Geoprint, 2014, p. 105-109.

Plotitsyn A.N. *Korrelyatsionnyye urovni v verkhnem famene i turne severa Urala i gryady Chernysheva* [Correlation levels in Upper Famennian – Tournaisian deposits of the North of Urals

and Chernishev Swell]. Vestnik IG Komi SC UB RAS, 2016, no. 7, p. 46-53.

Plotitsyn A.N., Beznosov P.A. Conodont and vertebrate assemblages from the Early Carboniferous section of Malaya Usa River (Polar Urals, Russia). Abstracts of the XVIII International Congress on the Carboniferous and Permian. Kazan, 2015, p. 146.

Plotitsyn A.N., Zhuravlev A.V. *Novyye vidy konodontov rodov Neopolygnathus i Polygnathus iz turneyskikh otlozheniy severa Urala i gryady Chernysheva* [The new species of Neopolygnathus and Polygnathus from the Tournaisian of the North Urals and Chernyshev Ridge]. Syktyvkar palaeontological miscellany № 8, Syktyvkar, 2017, p. 24-30 (Proceedings of Institute of Geology of Komi Science Centre UB RAS, v. 130).

Plotitsyn A.N., Zhuravlev A.V. A new species of the conodont genus Polygnathus from the Tournaisian of the Northern Urals, Chernyshev Ridge and Pai-Khoi. Paleontological Journal, 2017, v. 51, no. 3, p. 304-307.

Plotitsyn A.N., Zhuravlev A.V., Vevel Ya.A., Gruzdev D.A. *Sredneturneyskoye sobytiye na severe Urala i v Priuralye* [Mid-Tournaisian event on the North of the Urals and Cis-Urals]. Fundamentalnaya i prikladnaya paleontologiya: materials of the LXIV session of the Paleontological society. St. Petersburg, 2018, p. 89-90.

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. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2004, v. 213, p. 359–377.

Sandberg C.A., Morrow J.R., Ziegler W. Late Devonian sea-level changes, catastrophic events, and mass extinctions. Geological Society of America, 2002, Special Paper 356, p. 473–487.

Sandberg C.A., Ziegler W., Leuteritz K., Brill S.M. Phylogeny, speciation, and zonation of Siphonodella (Conodonta, Upper Devonian and Lower Carboniferous). Newsletters on Stratigraphy, 1978, vol. 7, no. 2, p. 102–120.

Stevens C.H., Klingman D.S., Sandberg C.A., Stone P., Belasky P., Poole F.G., Snow K. Mississippian stratigraphic framework of east-central California and southern Nevada with revision of Upper Devonian and Mississippian stratigraphic units in Inyo County, California: U.S. Geological Survey, 1996, bull. 1988–J, p. 1–39.

Sobolev D.B. *Ostrakody i biostratigrafiya turneyskogo yarusa severa Urala* [Ostracodes and biostratigraphy of the Tournaisian of the North of the Urals]. Ekaterinburg: UrO RAN, 2005, 113 p.

Sobolev D.B. *Evolyutsiya i bioraznoobraziye rannekamennougolnykh ostrakod na sobytiynykh urovnyakh* [Evolution and biodiversity of Early Carboniferous ostracods at the several event levels]. Biogeologiya. evolyutsiya organizmov i bioraznoobraziya v geologicheskoy istorii Timano-Severouralskogo regiona, modelirovaniye paleoekosistem. paleontologicheskkiye i stratigraficheskkiye geokorrelyatsii. Syktyvkar: Geoprint, 2011, p. 102-108.

Timonin N.I. *Pechorskaya plita: istoriya geologicheskogo razvitiya v fanerozoie* [Pechora plate: the history of geological development in the Phanerozoic.]. Ekaterinburg: UrO RAN, 1998, 239 p.

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, v. 401, p. 1-14.

Zhuravlev A.V. The Mid-Tournaisian Event in the Northern Urals and conodont dynamics. Proceedings of Geologists Association, 1998, no. 109, p. 161-168.

Zhuravlev A.V. *Sredneturneyskoye sobytiye* [Mid-Tournaisian event]. Ispolzovaniye sobytiyno-stratigraficheskikh urovney dlya mezhregionalnoy korrelyatsii fanerozoia Rossii: toolkit. St. Petersburg: VSEGEI, 2000, p. 46-48.

Zhuravlev A.V., Vevel Ya.A., Iosifidi A.G., Tomsha V.A. *Razrez verkhnego devona – nizhnego karbona na myse Kostyanom ostrova Vaygach* [Upper Devonian – Lower Carboniferous of the Kostyanoy cape of the Vaygach island]. Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika, 2011, vol. 6, no 1, available at: http://www.ngtp.ru/rub/2/6_2011.pdf.

Zhuravlev A.V., Plotitsyn A.N. *Stratotip vazhkhanevskoy svity v kanone reki Bolshaya Usa kak geologicheskii pamyatnik prirody regionalnogo znacheniya* [Stratotype of the Vashkhan

Formation in the canyon of the Big Usa river as a geological natural monument of the regional significance]. Prirodnoye geologicheskoye naslediyev Evropeyskogo Severa Rossii: materials of the All-Russian Scientific Conference. Syktyvkar: IG Komi SC UB RAS, 2017, p. 41-43.

Zhuravlev A.V., Plotitsyn A.N. The symmetry of the rostrum as a key to taxonomy of advanced *Siphonodella* (Conodonta, Early Carboniferous). Stratigraphy, 2017, vol. 14, no. 1-4, p.457-474.

© Плотыцын А.Н., Пономаренко Е.С., Вевель Я.А., 2018