

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ ПРОЯВЛЕНИЙ РАННЕКАМЕННОУГОЛЬНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ НА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЕ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ (*Западное Верхоянье*)

Н.В. Сенников^{1,2}, Р.А. Хабибулина¹, О.Т. Обут^{1,2}, Т.В. Гонга¹

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия

²Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 1, Россия

Рассмотрены предполагаемые источники сноса грубообломочного карбонатного материала в визейский бассейн Северного Хараулаха. Установлен генезис псефитопсаммитовых образований крестякских конгломератов — средне- и дальнемагистральный перенос по подводным каньонам из инициального прибрежного участка накопления за счет деятельности суспензионных потоков в конечный относительно глубоководный участок седиментации. Наиболее вероятным материнским источником масштабного образования карбонатного обломочного материала следует считать ордовикские, силурийские и девонские преимущественно карбонатные осадочные образования, аналоги которых известны на о. Котельный. В Северном Хараулахе, в слагающих его осадочных образованиях, наблюдаются феномены проявления двух геологических событий. Первое из них можно сопоставлять со средневизейским расколом перикратонной окраины Сибирского палеоконтинента и отрывом террейнов от этого кратона, а второе — с поздневизейской коллизией Карского террейна с северной окраиной Сибирского палеоконтинента.

Геологические события, карбон, визе, литология, аллохтонные фаунистические комплексы, табуляты, конодонты, остракоды, палеогеография, Западное Верхоянье

LITHOLOGICAL SIGNATURES OF EARLY CARBONIFEROUS EVENTS IN THE NORTHEASTERN SIBERIAN CRATON (*Western Verkhoyansk region*)

N.V. Sennikov, R.A. Khabibulina, O.T. Obut, T.V. Gonta

The paper focuses on presumable sources of coarse carbonate material transported into the Visean Northern Kharaulakh basin. The sand to pebble components of the Krestyakh conglomerate unit originated by medium and distant transport by debris flows (turbidity currents) along submarine canyons from the place of their initial littoral deposition to relatively deep accommodation basins. The carbonate material was most likely derived from Ordovician, Silurian, and Devonian sediments, which are currently represented by their analogs in Kotelny Island. The sediments of the Northern Kharaulakh basin store a record of two geological events: (1) middle Visean collision of Siberia with the Laurussian supercontinent and rifting of some terranes off the Siberian craton and (2) late Visean collision of the Kara terrane with the northern margin of Siberia.

Geological events, Carboniferous, Visean, lithology, redeposited fauna assemblage, tabulate corals, conodonts, ostracods, paleogeography, Western Verkhoyansk region

ВВЕДЕНИЕ

При палеогеографических реконструкциях одними из первоочередных исходных данных для определения контуров и глубин палеобассейнов являются: а) расположение и удаленность области континентального сноса основного объема обломочного материала, т. е. местоположение и расстояние до материнского источника; б) рельеф поверхности дна палеобассейна и углы его наклона; в) общее направление погружения центральной части палеобассейна. Решение этих существенных вопросов во многом предопределяет достоверность не только палеогеографических, но и геодинамических построений. Особенно трудно это реконструировать для удаленных от берега и относительно глубоководных частей палеобассейнов («конечных» бассейнов осадконакопления), обломочный материал в которые теоретически мог поступать за счет средне- и дальнемагистральной транспортировки из «промежуточных» частей палеобассейнов, а также как с одного, так и с противоположного бортов палеобассейна.

Построение палеогеографических схем и карт карбона зоны сочленения Сибирской платформы и Верхоянской складчатой области и соседних геологических регионов проводили многочисленные исследователи [Матухин, Меннер, 1974; Зоненшайн и др., 1987; Матухин, 1991; Матухин и др., 1995; Верниковский, 1996; Sengör, Natal'in, 1996; Ганелин, 1997, 2013; Blodgett et al., 2010; Никишин и др., 2010; Верниковский и др., 2013а; Ершова и др., 2013; Прокопьев и др., 2013, 2018; Ershova et al., 2014, 2015; Pease et al., 2015; Каныгин и др., 2019, 2020а, б].

Более масштабные реконструкции взаимоотношений Сибирского континентального блока и окружающих его террейнов и континентов в позднем палеозое с современным использованием палеомагнитных данных приведены в [Dumoulin et al., 2002; Metelkin et al., 2005; Rasmussen, Harper, 2011; Beranek et al., 2012; Golonka, Gaweda, 2012; Метелкин и др., 2012; Torsvik, Cocks, 2017]. Материалами ряда исследователей [Тектоника..., 2001] в конце раннего карбона зарегистрирован отрыв от Сибири отдельного блока (террейна). По другим материалам [Torsvik, Cocks, 2017], время сближения и контакта Сибирского континента с суперконтинентом Лаврусия произошли соответственно в начале среднего карбона и в позднем карбоне. Приведенный выше обзор свидетельствует об отсутствии у исследователей единых точек зрения по таким важным вопросам, как: первое — точное время проявления крупных тектонических событий; второе — было ли только одно продолжительное во времени событие или можно считать ранний карбон интервалом сближенного «соседства» двух разновременных тектонических событий.

МАТЕРИАЛ

В районе устья р. Лена у начала ее дельты в Северном Хараулахе (Северное Верхоянье) вскрываются разрезы нижнекаменноугольных отложений турнейского, визейского и серпуховского стратиграфических уровней (рис. 1). В составе визейских отложений выделяется толща крестяжских конгломератов [Мелжвик, 1956, 1958; Богуш и др., 1965; Булгакова, 1967; Государственная..., 1979, 2014а], сложенная псефитопсаммитовым материалом, преимущественно карбонатного состава. Находки в матриксе псефитопсаммитовых пачек крестяжских конгломератов автохтонных комплексов различных групп фауны — фораминифер, кораллов, брахиопод, остракод, позволили датировать возраст формирования крестяжских конгломератов ранним карбоном [Мелжвик, 1958; Лапина, 1962; Богуш и др., 1965; Булгакова, 1967; Абрамов, Григорьева, 1986], точнее, средним (возможно, низами позднего) визе [Сенников и др., 2020].

В то же время в известняковых валунах и гальке крестяжских конгломератов уже давно были известны находки аллохтонных («переотложенных») комплексов табулят и других групп фауны [Мелжвик, 1958; Богуш и др., 1965; Лунгерсгаузен, Соломина, 1966; Государственная..., 2014а].

Авторы настоящей работы в 2017—2018 гг. провели целенаправленные исследования по сбору аллохтонных комплексов табулят и остракод в карбонатных валунах и гальках крестяжских конгломератов на м. Крестях, в начале Быковской протоки дельты р. Лена у полярной станции Сокол (Хабарова). Также были отобраны образцы известняков из валунов и галек на лабораторную химическую обработку с целью получения микрофоссилий. Современные литостратиграфические сведения по строению разрезов крестяжских конгломератов приведены в работе авторов [Сенников и др., 2020], где они рассматриваются как специфическая толща в составе атырдахской свиты. Для стратиграфической привязки в настоящей работе приведен обобщенный составной разрез толщи крестяжских конгломератов (рис. 2).

В последнее десятилетие были развернуты масштабные исследования детритовых цирконов в палеозойских осадочных образованиях северных районов Восточной Сибири для палеогеографических построений расположения питающих провинций (областей разрушения и сноса материала) и магистральных путей переноса обломочного материала [Beranek et al., 2012; Ершова и др., 2013; Прокопьев и др., 2013, 2018; Ershova et al., 2014, 2015; Pease et al., 2015]. Для сравнения в палеобиогеографических реконструкциях по палеозою пока не получило надлежащего развития использование сведений по специфике таксономического состава фаунистических комплексов из аллохтонных их захоронений. Однако можно привести результативные примеры таких исследований — в Японии по монографически изученным кораллам из галек мезозойских конгломератов [Niko et al., 2014, 2016] восстановлены сообщества девонских морских палеобиот. В них определены различные таксоны табулят, в том числе ранее описанные из Салаирского девонского бассейна [Дубатов, 1963], что, с одной стороны, открывает потенциальные возможности анализов миграций кораллов, а с другой — закладывает основы палеобиогеографических и геодинамических построений.

ВОЗРАСТ ПСЕФИТОВЫХ ОБЛОМКОВ ИЗВЕСТНЯКОВ В ВИЗЕЙСКОЙ ТОЛЩЕ КРЕСТЯЖСКИХ КОНГЛОМЕРАТОВ

Сведения о находках в гальках в толще крестяжских конгломератов аллохтонных раннепалеозойских кораллов были получены уже при ранних исследованиях этой толщи [Богуш и др., 1965]. Среди

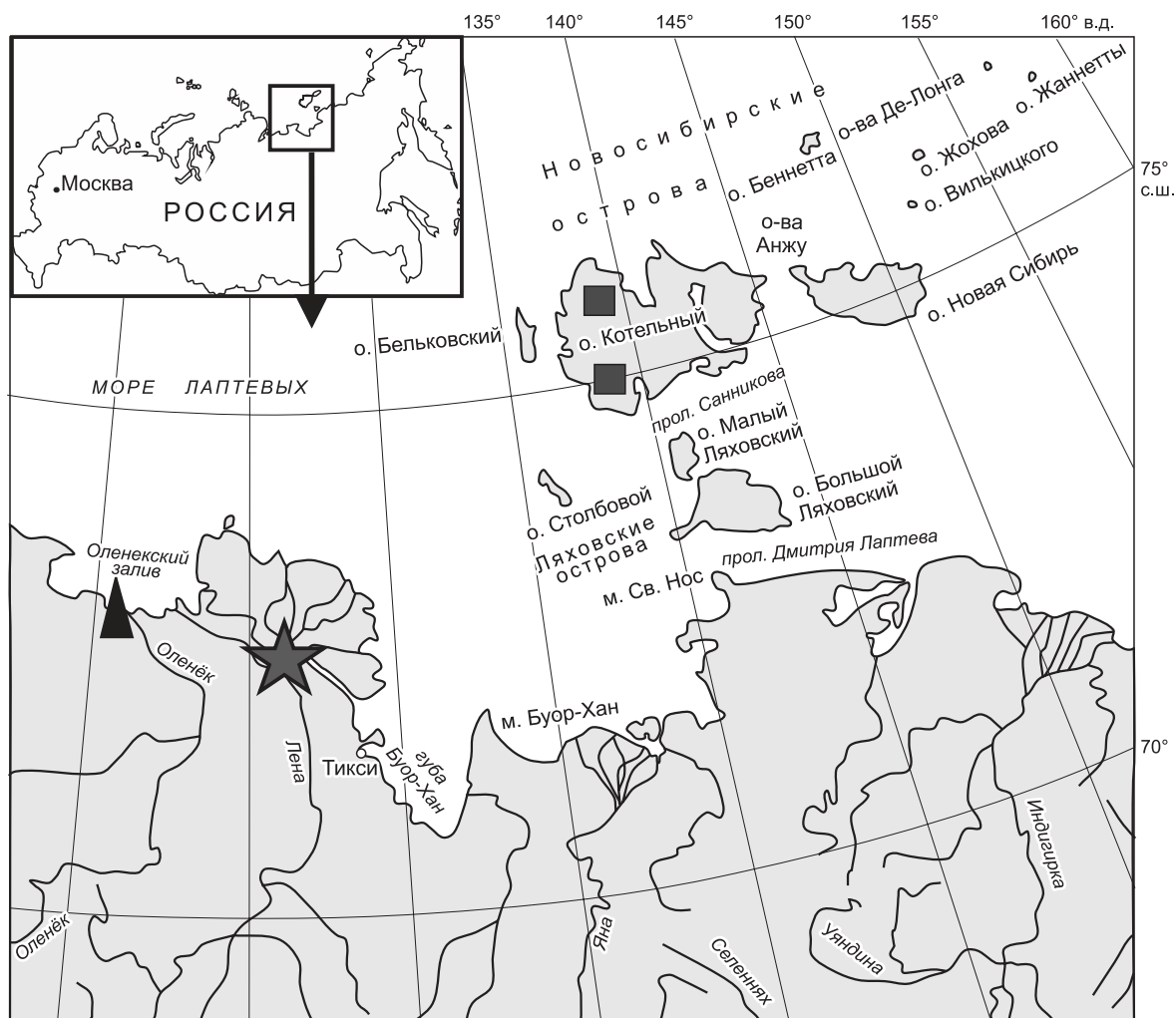


Рис. 1. Район исследований.

Местонахождения: звезда — группа обнажений толщи крестяхских конгломератов в низовьях р. Лена; треугольник — скв. Усть-Оленекская 2370; квадраты — группы обнажений карбонатов палеозойского возраста на о. Котельный.

переотложенных табулят Ю.И. Тесаковым были определены нижнесилурийские таксоны *Mesofavosites fleximurinus* var. *similis* Sokolov, *Favosites kuklini* Tchernychev, *Favosites* sp., *Halysites* sp., распространенные на Сибирской платформе [Богуш и др., 1965]. Авторам настоящей статьи при полевом изучении толщи крестяхских конгломератов удалось собрать в валунах и гальках аллохтонный комплекс кораллов, состоящий из многообразных таксонов, характерных для различных хроностратиграфических уровней ордовика, силура и девона (рис. 2—4).

В нижней части сводного разреза толщи крестяхских конгломератов, в 11-й пачке разреза С-1871, в окатанных обломках известняка найдены силурийские (лландоверийские) табуляты *Favosites praemaximus* Sokolov, известные на Колыме и в Эстонии [Соколов, Тесаков, 1963; Клааманн, 1964], а в 6-й пачке разреза С-1872 — лландоверийско-венлокские *Catenipora gotlandica* (Yabe), также встречающиеся в лландовери Колымы и в Эстонии [Соколов, Тесаков, 1963; Клааманн, 1966]. В средней части толщи крестяхских конгломератов, в разрезе С-1876, табуляты в карбонатных гальках и валунах обнаружены в нескольких пачках: в 8-й пачке — девонско-каменноугольные *Roemerolites* sp., в 10-й пачке — *Favosites* sp., в 11-й пачке — лландоверийские *Favosites praemaximus* Sokolov и *Parastriatopora celebrata* Клааманн [Клааманн, 1964]; в 15-й пачке — *Multisolenia* sp., девонские *Squameofavosites* sp., нижнедевонские *Favosites gussevi* Tchernychev, известные на Таймыре [Чернышев, 1941; Смирнова, 1968], верхнесилурийские *Favosites hirsutus* Tchernychev (Северная Земля [Чернышев, 1937]), лландоверийско-венлокские *Catenipora gotlandica* (Yabe), известные в Алтае-Саянской складчатой области [Дзюбо, Миронова, 1960], лландоверийские *Mesofavosites* cf. *ganinesis* Dziubo, верхнеордовикские *Agetolitella vera* Kim [Ким, 1965]; а в 17-й пачке — *Favosites* sp.


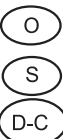


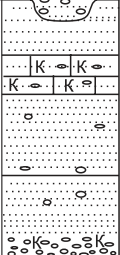
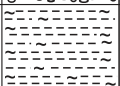
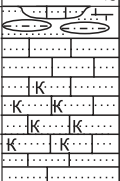
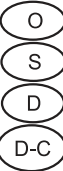

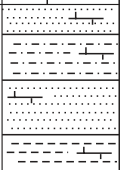

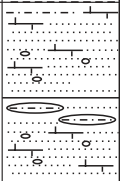
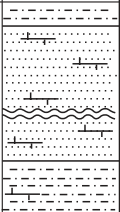
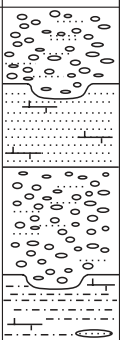
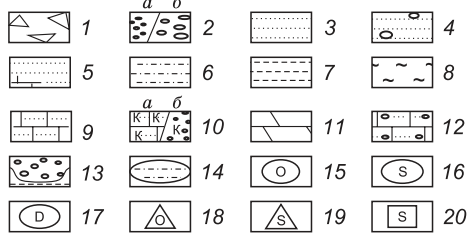



Система	Отдел	Ярус	Свита	Толща	Литотипы	Мощность, м	Литология	Аллохтонные комплексы фауны					
								Табуляты	Конодонты	Остракоды			
Каменноугольная	Нижний	Визейский	Атырдахская	Крестяских конгломератов				Восьмой	от 15 до 42	 <p>Валунные (реже галечные) конгломераты и глыбовые конгломератобрекчии с многочисленными «обломками-обрывками» слоев песчаников из «взломанных» суспензионными подводными потоками слаболитифицированных слоев</p>			
				Седьмой	от 20 до 30	 <p>Массивные среднезернистые песчаники с «плавающим» гравием, реже галькой</p>	—	—	—				
				Шестой	> 1.2	 <p>Кремнистые аргиллиты (до кремней) серого и черного цвета</p>	—	—	—				
				Пятый	от 14.0 до 28.5	 <p>Равномерное чередование: а) обломочных известняков (калькаренитов и кальцирудитов); б) известковистых песчаников; в) гравелитов; г) конгломератов и конгломератобрекчий</p>			—				
				Четвертый	более 13.3	 <p>Незаконмерное многокомпонентное чередование невыдержанных по мощности и по литологии вдоль простирания пачек: а) конгломератов; б) гравелитов; в) различных песчаников; г) алевролитов; д) аргиллитов</p>		—	—				
				Третий	более 6.5	 <p>Выдержанные по мощности вдоль простирания средне-крупнозернистые песчаники, сильноизвестковистые, волнисто-слоистые, серые, с линзами черных алевролитов</p>	—	—	—				
				Второй	от 5.5 до 7.0	 <p>Ритмичное двухкомпонентное переслаивание выдержанных по мощности вдоль простирания: а) черных (высокоуглеродистых?) глинистых алевролитов; б) светло-серых, среднезернистых, хорошо окатанных, известковистых песчаников</p>	—	—	—				
Первый	более 4.0	 <p>Закономерное трехкомпонентное переслаивание выдержанных по мощности вдоль простирания: а) серых, среднеокатанных гравелитов; б) серых, мелкосреднезернистых песчаников; в) известковистых алевролитов</p>											

Рис. 2. Сводный разрез толщи крестяхских конгломератов (атырдахская свита нижнего карбона) низовьев р. Лена.

1 — брекчии; 2 — гравелиты (а), конгломераты (б); 3 — песчаники, 4 — песчаники с «плавающими» гальками; 5 — песчаники известковистые; 6 — алевролиты; 7 — аргиллиты; 8 — кремни; 9 — известняки песчанистые; 10 — калькарениды (а) кальциуриты (б); 11 — мергели; 12 — известняки гравийно-песчанистые; 13 — эрозия кровли нижележащих пачек в виде «карманов»; 14 — линзы; 15—17 — находки в гальках кораллов (15 — ордовикских, 16 — силурийских, 17 — девонских), 18, 19 — находки в гальках конодонтов (18 — ордовикских, 19 — силурийских), 20 — находки в гальках силурийских остракод.

В верхней части толщи крестяхских конгломератов, во 2-й пачке разреза С-1878, в неокатанных обломках известняков установлены силурийско-девонские табуляты *Gephuropora* sp. (распространение см. работу [Миронова, 1971]), верхнесилурийские *Favosites hirsutus* Tchernychev, ордовикско-силурийские *Mesofavosites* sp. и верхнеордовикские *Tollina keyserligni* (Toll). Последний таксон встречается на о. Котельный (архипелаг Новосибирские острова) [Стратиграфия..., 2018], на Сибирской платформе (реки Подкаменная Тунгуска, Чуня, Ниж. Чунку и Бол. Нирунда) [Соколов, Тесаков, 1963; Тесаков и др., 2003] и верхнем ордовике Таймыра [Жижина, 1965а, б].

В терминальной части толщи крестяхских конгломератов, во 2-й пачке разреза С-1883, в гальках и валунах найдены следующие табуляты: верхнеландоверийские *Catenipora maxima* (Fischer-Benzon) [Клааманн, 1966] и ландоверийские *Favosites praemaximus* Sokolov; в 5-й пачке венлокские *Favosites jaaniensis* Sokolov [Клааманн, 1964] и *Cystihalysites liber* Sokolov et Tesakov (таксон известен на р. Омнутах на Сибирской платформе [Соколов, Тесаков, 1963]), ландоверийские *Favosites gothlandicus* Lamarck; в 6-й пачке разреза С-1883 ландоверийские *Mesofavosites similis* Sokolov [Соколов, 1951б; Клааманн, 1964] и верхнеордовикские *Tollina* aff. *polaris* Barskaja. Последний таксон известен в Верхоянье [Хайзникова, 1989].

Ниже кровли толщи крестяхских конгломератов, вблизи границы с перекрывающей тиксинской свитой, в точке С-1877, в окатанных обломках обнаружены нижедевонские табуляты *Favosites gussevi* Tchernychev, встречающиеся на Таймыре, верхнеландоверийские *Favosites favosiformis* Sokolov, известные в Эстонии [Соколов, 1951б; Клааманн, 1964], верхнеордовикские *Palaeofavosites ivanovi* Sokolov, распространенные на Сибирской платформе (реки Чуня, Вилюй), на Урале и в Прибалтике [Соколов, 1951а; Соколов, Тесаков, 1963].

Из перечисленного выше списка аллохтонных комплексов табулят (включая ранее определенные Ю.И. Тесаковым) многие таксоны известны в ордовикских и силурийских разрезах на о. Котельный и на Сибирской платформе и меньше из разрезов на Таймыре. Отмеченное позволяет предполагать материнскими источниками карбонатного псефитового материала толщи крестяхских конгломератов осадочные образования на о. Котельный и (или) в краевой части Сибирской платформы.

При растворении известняков из валунов и галек крестяхских конгломератов установлены комплексы конодонтов (см. рис. 2, 5). Они найдены в двух разрезах этой псефитопсаммитовой толщи. В разрезе С-1876 в 11-й пачке, в гальках найдены конодонты *Panderodus unicastatus* (Branson et Mehl), распространенные в верхнем ордовике (верхний катий, хирнант) и в ландоверийском отделе силура в США [Branson, Mehl, 1933; Zhang, Barnes, 2007], в Канаде [Zhang, Barnes, 2002], на Британских островах [Aldrige, 1972, 1985], на платформе Янцзы в Китае [Cheng-Yuan, Aldridge, 2010], в Балтийском регионе [Mannik, 2007], на руч. Мирный на Колыме [Zhang, Barnes, 2007] и Северной Земле [Mannik, 2002]. В гальках из 15-й пачки разреза С-1876 встречены конодонты *Panderodus unicastatus* (Branson et Mehl), *Panderodus* cf. *unicastatus* (Branson et Mehl), *Oulodus* cf. *jeanae* Schonlaub, *Oulodus* sp., *Ozarkodina waugoolaensis* Bischoff, *Ozarkodina* sp. Вид *Oulodus jeanae* Schonlaub известен из ландоверийского силура США [Pollock et al., 1970], Канады [Zhang, Barnes, 2002; Pyle, Barnes, 2003], Австралии [Cockle, 1999], Австрии [Sweet, Schonlaub, 1975] и Эстонии [Mannik, 2008]. Вид *Ozarkodina waugoolaensis* Bischoff характерен для ландоверийского отдела силура Австралии [Bischoff, 1986], Западного Китая [Cheng-Yuan, Aldridge, 2010] и Северной Земли [Mannik, 2002]. Родовой таксон *Oulodus* Branson et Mehl распространяется от среднего ордовика до девона в Азии, Европе и Северной Америке. В арктической части России он известен в карбонатных разрезах верхнего ордовика и силура о. Котельный [Стратиграфия..., 2018].

В разрезе С-1883 конодонты в карбонатных гальках встречены в 4-й пачке, где найдена *Ozarkodina* sp., а также в 6-й пачке, где определены *Panderodus recurvatus* (Rhodes), *Rexroadus* sp., *Ozarkodina* sp., *Aulacognathus* sp. Видовой таксон *Panderodus recurvatus* (Rhodes) характерен для силура (ландоверийско-лудлов) США и Канады [Rexroad, Craig, 1971; Zhang, Barnes, 2002; Pyle, Barnes, 2003], Австралии [Cockle, 1999], а также известен на руч. Мирный на Колыме [Zhang, Barnes, 2007]. Родовые таксоны *Rexroadus* Zhang et Barnes, *Aulacognathus* Mostler характерны для ландоверийского отдела силура Се-

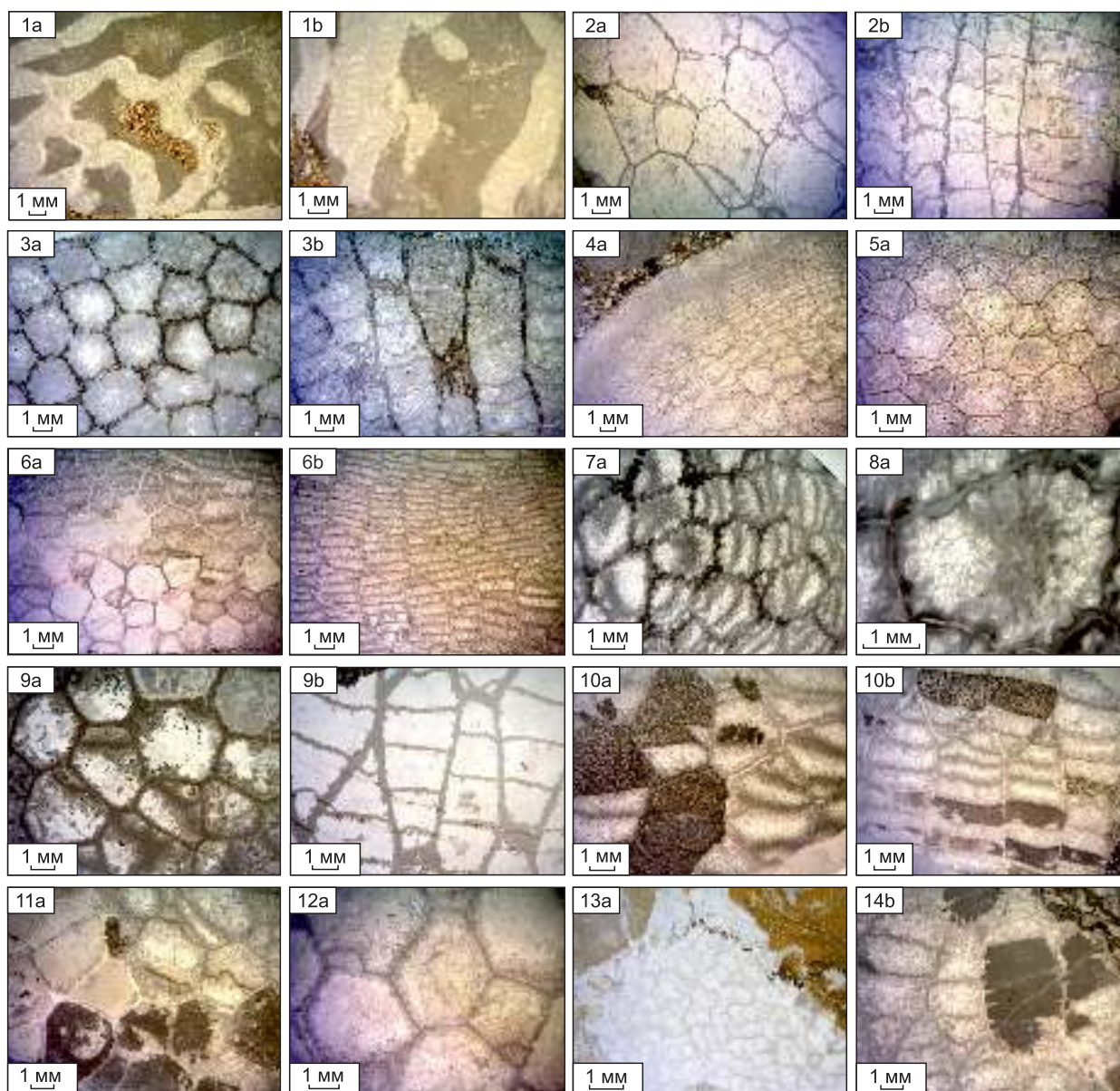


Рис. 3. Табуляты из карбонатных галек средней и верхней частей толщи крестяхских конгломератов.

Фиг. 1а, б — *Catenipora gotlandica* (Yabe), экз. 2108/1, разрез С-1876, пачка 15; фиг. 2а, б — *Favosites gussevi* Tchernychev, экз. 2108/2, разрез С-1876, пачка 15; фиг. 3а, б — *Mesofavosites cf. ganinesis* Dziubo, экз. 2108/3, разрез С-1876, пачка 15; фиг. 4а — *Parastriatopora celebrata* Klaamann, экз. 2108/4, разрез С-1876, пачка 11; фиг. 5а — *Parastriatopora celebrata* Klaamann, экз. 2108/5, разрез С-1876, пачка 11; фиг. 6а, б — *Favosites* sp., экз. 2108/6, разрез С-1876, пачка 10; фиг. 7а — *Agetolitella vera* Kim, экз. 2108/7, разрез С-1876, пачка 15; фиг. 8а — *Agetolitella vera* Kim, экз. 2108/8, разрез С-1876, пачка 15; фиг. 9а, б — *Palaeofavosites ivanovi* Sokolov, экз. 2108/9, точка С-1877; фиг. 10а, б — *Favosites praemaximus* Sokolov, экз. 2108/10, разрез С-1871, пачка 11; фиг. 11а, 12а — *Favosites favosiformis* Sokolov, экз. 2108/11, точка С-1877; фиг. 13а — *Multisolenia* sp., экз. 2108/12, разрез С-1876, пачка 15; фиг. 14б — *Squameofavosites* sp., экз. 2108/13, разрез С-1876, пачка 15.

Здесь и на рис. 4: а — поперечные и б — продольные срезы. Привязка к разрезам и пачкам, по [Сенников и др., 2020, рис. 3—5].

верной Америки [Zhang, Barnes, 2002, 2007], Китая [Cheng-Yuan, Aldridge, 2010], Британских островов [Aldrige, 1972, 1985], Эстонии [Mannik, 2008] и Австралии [Bischoff, 1986]. Оба из перечисленных родовых таксонов наблюдаются в разрезах на о. Котельный [Стратиграфия..., 2018].

Обращаем внимание, что многие из вышеперечисленных родовых таксонов конодонтов из карбонатных галек толщи крестяхских конгломератов известны в ордовикско-силурийских карбонатных разрезах о. Котельный и Северной Земли.

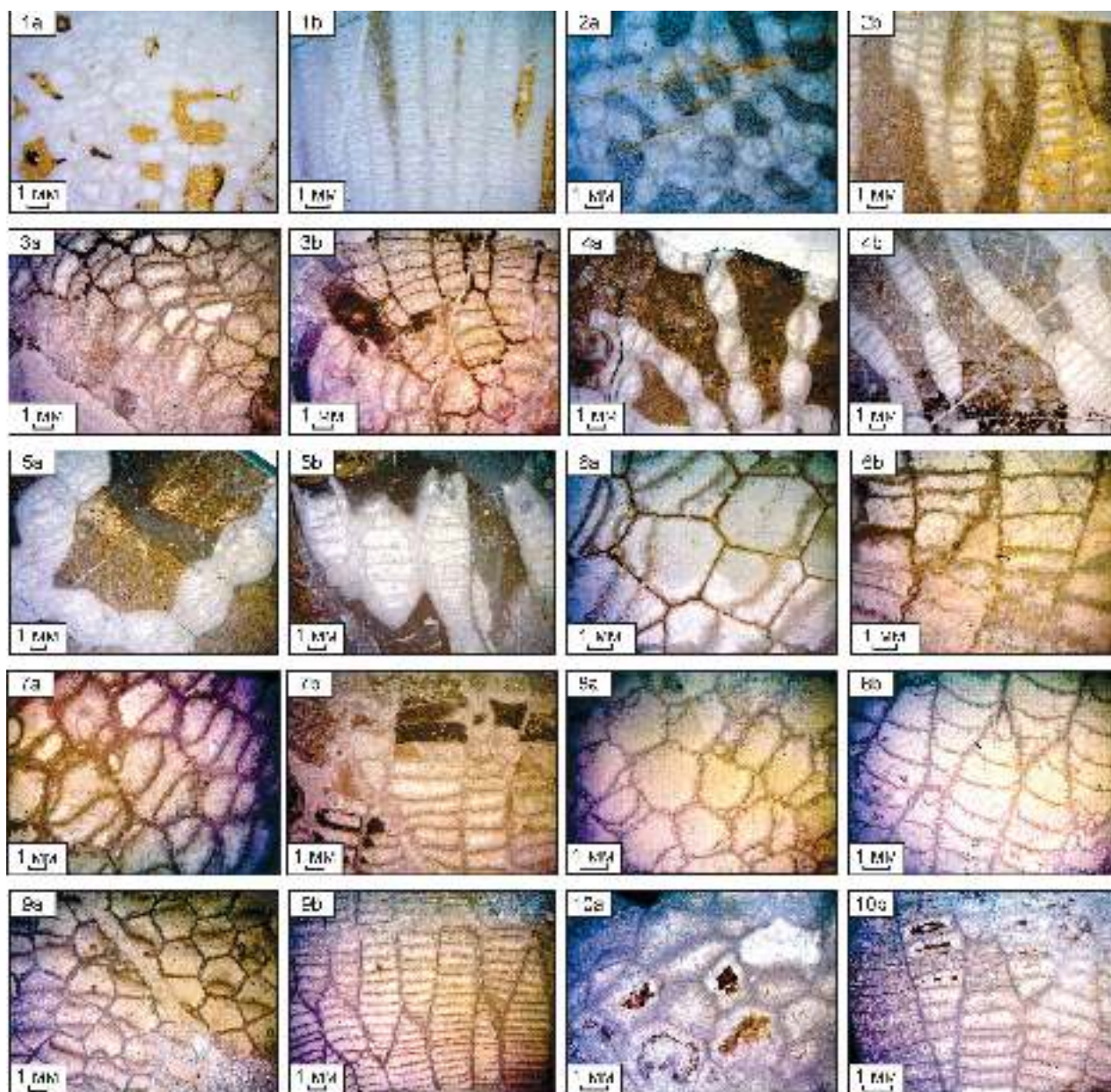


Рис. 4. Табуляты из карбонатных галек терминальной части толщи крестяхских конгломератов.

Фиг. 1а, б — *Tollina keyserlingi* (Toll), экз. 2108/14, разрез С-1878, пачка 2; фиг. 2а, б — *Tollina* aff. *polaris* Barskaja, экз. 2108/15, разрез С-1883, пачка 6; фиг. 3а, б — *Mesofavosites similis* Sokolov, экз. 2108/16, разрез С-1883, пачка 6; фиг. 4а, б — *Cystihalysites liber* Sokolov et Tesakov, экз. 2108/17, разрез С-1883, пачка 6; фиг. 5а, б — *Catenipora maxima* (Fischer-Benzon), экз. 2108/18, разрез С-1883, пачка 2; фиг. 6а, б — *Mesofavosites* sp., экз. 2108/19, разрез С-1878, пачка 2; фиг. 7а, б — *Gephyropora* sp., экз. 2108/20, разрез С-1878, пачка 2; фиг. 8а, б — *Favosites hirsutus* Tchernychev, экз. 2108/21, разрез С-1878, пачка 2; фиг. 9а, б — *Favosites gothlandicus* Lamarck, экз. 2108/22, разрез С-1883, пачка 5; фиг. 10а, б — *Favosites jaaniensis* Sokolov, экз. 2108/23, разрез С-1883, пачка 5.

Определимые до видов остатки остракод в аллохтонном захоронении в крестяхских валунах и гальках были встречены только в 6-й пачке разреза С-1883, где установлены *Sibiritella rara* Kanygin, *Paraschmidtella bipunctata* V. Ivanova, *Martinssonopsis* aff. *multifaria* V. Ivanova (см. рис. 2, 5). Их стратиграфическое распространение ограничивается средним—верхним ордовиком. Первый вид известен в среднем ордовике Сибирской платформы, Таймыра и Северо-Востока России [Каныгин, 1967, 1984], а отдельные представители этого рода (*Sibiritella costata*) также есть на о. Котельный [Стратиграфия..., 2018]. Таксон *Paraschmidtella bipunctata* V. Ivanova типичен для верхнего ордовика Сибирской платформы, Таймыра и на о. Котельный [Иванова, 1955; Мельникова, 2003; Стратиграфия..., 2018]. Вид *Martinssonopsis multifaria* V. Ivanova установлен в верхнем ордовике Селенянского кряжа, Сибирской платформы, Чукотки, Восточного Таймыра и о. Котельный [Иванова, 1963, 1979; Каныгин, 1977; Мельникова,

2003; Стратиграфия..., 2018]. Как и в ассоциациях таксонов кораллов и конодонтов из галек толщи крестяхских конгломератов, так и в списке найденных в гальке этих конгломератов видов остракод определены формы, известные на о. Котельный.

Важное обстоятельство, на которое следует обратить внимание — закономерное удревление (поздний ордовик—силур) возраста аллохтонных карбонатных обломков в средней и верхней частях (С-1876, С-1877, С-1878) сводного разреза толщи крестяхских конгломератов по сравнению с исключительно девонским и силурийским (лландоверийская и лудловская эпохи) возрастом аллохтонных карбонатных обломков из нижней части толщи крестяхских конгломератов (разрез С-1871). Этот феномен (см. рис. 2) позволяет с биостратиграфических позиций подтвердить предположение о процессе постепенного разрушения (с постоянным «врезанием» — углублением долин горных палеорек) стратиграфически нормальной последовательности залегающих карбонатных осадочных образований в материнском источнике для аллохтонных обломков толщи крестяхских конгломератов.

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК АЛЛОХТОННОГО КАРБОНАТНОГО ПСЕФИТОПСАММИТОВОГО МАТЕРИАЛА В ТОЛЩЕ КРЕСТЯХСКИХ КОНГЛОМЕРАТОВ

В генетическом плане визейская толща крестяхских конгломератов представляет собой заполнение подводных каньонов (или каналов-оврагов) псефитовым или псаммитовым материалом преимущественно карбонатного состава [Сенников и др., 2020]. Рассмотрим материалы и проведем анализ возможных «материнских источников» аллохтонного карбонатного псефитопсаммитового материала для толщи крестяхских конгломератов. В отношении материнских источников девонского карбонатного аллохтонного материала можно заключить, что он мог находиться в непосредственной близости от места формирования толщи крестяхских конгломератов. Так, например, в настоящее время о. Столб в 2 км от м. Крестях слагается верхнедевонскими преимущественно карбонатными отложениями [Языков и др., 2013].

А что собой представлял и где же мог располагаться такой источник ордовикско-силурийского аллохтонного псефитопсаммитового карбонатного материала визейских крестяхских конгломератов? В каком направлении происходил перенос этих обломков — с юго-запада, с юга—юго-востока, с запада или с севера? Какие разрезы карбонатных (или терригенно-карбонатных) ордовикско-силурийских образований в начале карбона подверглись на приподнятых и расчлененных участках суши такой интенсивной деструкции, что их грубообломочный материал начал масштабно и регулярно поступать в раннекаменноугольный Северо-Хараулахский осадочный бассейн? Необходимо отметить, что именно в раннекаменноугольное время все ордовикские и силурийские осадочные образования на приподнятых участках суши, находящиеся в палеокоординатах вблизи Северного Хараулаха, должны были быть практически полностью разрушены и нивелированы до участков низкой суши или до подводных отмелей. На это указывает то, что грубообломочных толщ, литологических аналогов средневизейских крестяхских конгломератов, в более молодых каменноугольно-пермских палеозойских осадочных последовательностях Хараулаха пока неизвестно.

Рассмотрим некоторые из гипотетически возможных районов источника аллохтонного карбонатного ордовикско-силурийского материала средневизейской толщи крестяхских конгломератов.

Первый район. На расстоянии менее 650 км от начала дельты р. Лена (район с толщиной крестяхских конгломератов) выходов ордовикских и силурийских отложений на территории Сибирской платформы нет [Тесаков и др., 2000, 2002; Каныгин и др., 2007, 2017, 2019]. Следует отметить, что для районов, расположенных юго-западнее северо-восточной части Сибирской платформы (в современных координатах), имеется информация о возможности присутствия на больших глубинах ордовикско-силурийских пород, основанная на находках карбонатных ордовикских и силурийских фаунистически охарактеризованных пород в ксенолитах кимберлитовых трубок [Тарабукин и др., 1999; Тарабукин, 2006]. В известняках из ксенолитов, в верховьях р. Марха и в верхнем течении р. Оленек, были определены конодонты раннего, среднего и позднего ордовика, раннего и позднего силура, раннего, среднего и позднего девона и раннего карбона.

Предполагается, что северо-восточная часть (в современных координатах) Сибирской платформы в ордовикско-силурийское время была областью денудации (суши), с которой в крупнейший осадочный седиментационный бассейн Сибирского кратона поступал обломочный материал [Тесаков и др., 2000, 2002, 2003]. Каких-либо процессов морской карбонатной седиментации в районах северо-восточной части платформы не могло происходить. Другие исследователи показывают эту территорию как районы отсутствия ордовикских отложений [Каныгин и др., 2007, 2017]. Этот тезис ставит под сомнение возможность отнесения северо-восточной части Сибирской платформы к потенциальному кандидату материнского источника аллохтонного псефитопсаммитового ордовикско-силурийского карбонатного мате-

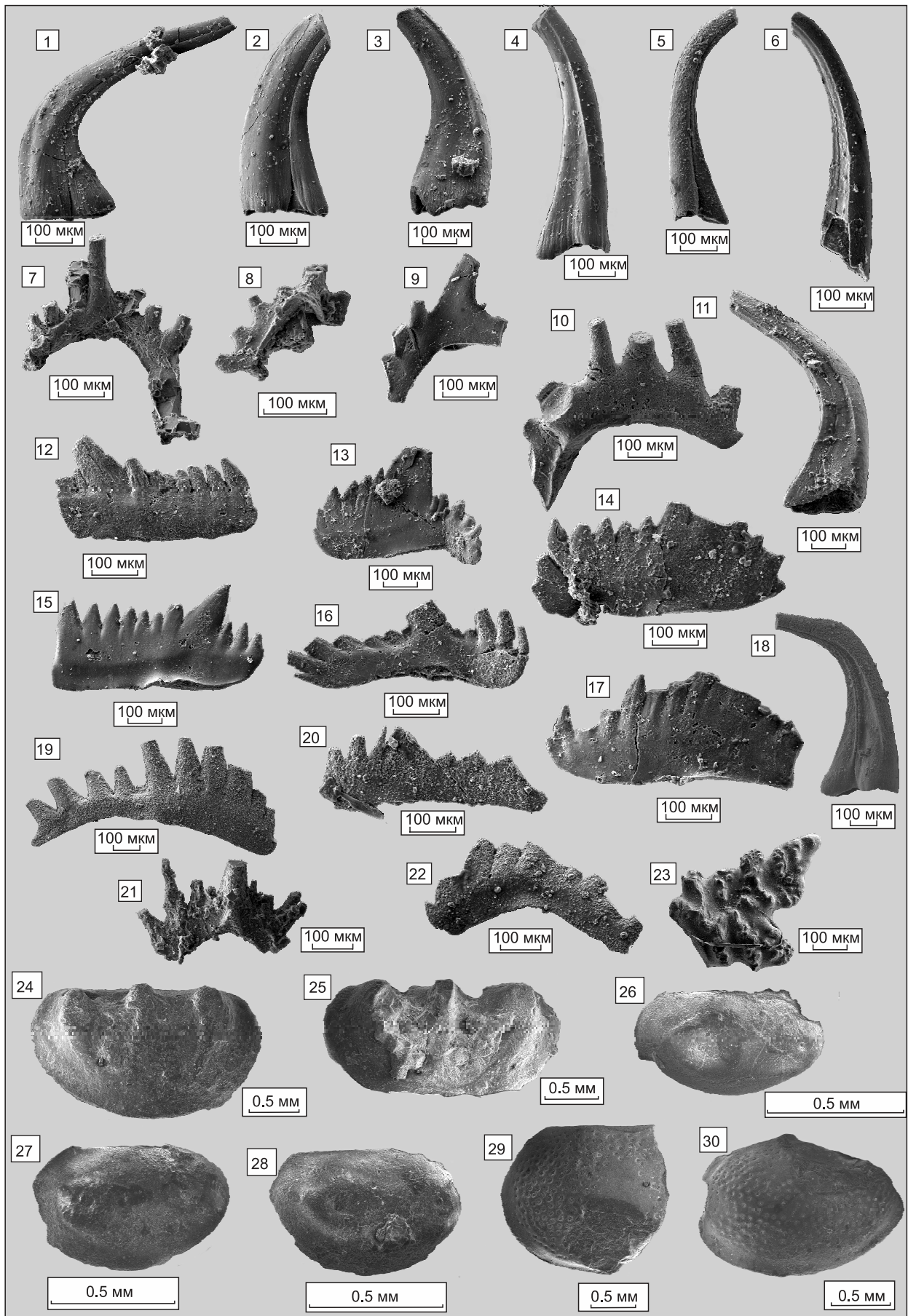


Рис. 5. Конодонты (фиг. 1—23) и остракоды (фиг. 24—30) из карбонатных галек средней и верхней частей толщи крестяхских конгломератов.

Фиг. 1—4 — *Panderodus unicastatus* (Branson et Mehl), экз. 2108/24 — 2108/27, разрез С-1876, пачка 11; фиг. 5 — *Panderodus* sp., экз. 2108/28, разрез 1883, пачка 4; фиг. 6 — *Panderodus* cf. *unicastatus* (Branson et Mehl), экз. 2108/29, разрез С-1876, пачка 15; фиг. 7—9 — *Oulodus* cf. *jeanae* Schonlaub: фиг. 7, 9 — Р элементы, экз. 2108/30, 2108/31, фиг. 8 — S элемент, экз. 2108/32, разрез С-1876, пачка 15; фиг. 10 — *Oulodus* sp., Р элемент (возможно, от *Oulodus jeanae* Schonlaub), экз. 2108/33, разрез С-1876, пачка 15; фиг. 11 — *Panderodus unicastatus* (Branson et Mehl), экз. 2108/34, разрез С-1876, пачка 15; фиг. 12—15, 17 — *Ozarkodina waugolaensis* Bischoff: фиг. 12, 14, 17 — S элементы, экз. 2108/35 — 2108/37, фиг. 13 — Рb элемент, экз. 2108/38, фиг. 15 — Ра элемент, экз. 2108/39, разрез С-1876, пачка 15; фиг. 16 — *Ozarkodina* sp., S элемент, экз. 2108/40, разрез С-1876, пачка 15; фиг. 18 — *Panderodus recurvatus* (Rhodes), экз. 2108/41, разрез С-1883, пачка 6; фиг. 19 — *Ozarkodina* sp., Рb элемент, экз. 2108/42, разрез 1883, пачка 4; фиг. 20 — *Rexroadus* sp., Р элемент, экз. 2108/43, разрез С-1883, пачка 6; фиг. 21 — *Ozarkodina* sp., S элемент, экз. 2108/44, разрез С-1883, пачка 6; фиг. 22 — *Ozarkodina* sp., ?Рb элемент, экз. 2108/45, разрез С-1883, пачка 6; фиг. 23 — *Aulacognathus* sp., Р элемент, экз. 2108/46, разрез С-1883, пачка 6; фиг. 24, 25 — *Sibiritella rara* Kanygin: фиг. 24 — экз. 2108/47, левая створка сбоку, $l = 2.28$, $h = 1.35$ (здесь и далее: l и h — длина и высоты раковины в мм); фиг. 25 — экз. 2108/48, левая створка сбоку, $l = 2.26$, $h = 1.13$, разрез С-1883, пачка 6; фиг. 26—28 — *Paraschmidella bipunctata* V. Ivanova: фиг. 26 — экз. 2108/49, правая створка сбоку, $l = 0.7$, $h = 0.4$; фиг. 27 — экз. 2108/50, правая створка сбоку, $l = 0.8$, $h = 0.51$; фиг. 28 — экз. 2108/51, целая раковина сзади, $l = 0.72$, $h = 0.49$, разрез С-1883, пачка 6; фиг. 29, 30 — *Martinssonopsis* aff. *multifaria* V. Ivanova: фиг. 29 — экз. 2108/52, фрагмент правой створки, $h = 1.77$; фиг. 30 — экз. 2108/53, правая створка сбоку? $l = 1.71$, $h = 1.19$, разрез С-1883, пачка 6.

риала толщи крестяхских конгломератов. Однако следует отметить, что в последнее время [Каныгин и др., 2019, 2020а,б] высказывались предположения, что морской бассейн в ордовике мог занимать всю территорию Сибирской платформы.

Второй район. На палеогеографической схеме [Тарабукин, 2006] участок Северного Хараулаха показан как район, где ордовикские отложения могут быть скрыты на большой глубине, а северо-восточная окраина Сибирской платформы — как область размыва ордовикских отложений. Однако пока нет научно аргументированных оснований предполагать, что в ордовикское и силурийское время в рассматриваемой северо-восточной части Сибирской платформы на отдельных ограниченных по площади участках могли существовать морские акватории (небольшие моря или заливы), в которых откладывались достаточно мощные карбонатные и терригенно-карбонатные осадочные комплексы. Этот гипотетичный тезис мог бы быть научно обоснованным в случае обнаружения на северо-востоке Сибирской платформы хотя бы в единичных разрезах (обнажениях) достоверно доказанных ордовикских и силурийских карбонатных образований. Пока такие геологические данные отсутствуют (см. выше).

Дополнительно следует отметить, что и в девонское время морское карбонатно-терригенное осадконакопление, представленное породными ассоциациями томбююкской, тыллахской, ортахаинской, столбовой и эбеляхской свит (толщ) в районе начала дельты Лены, происходило не на окраине северо-восточной части Сибирской платформы, а на территории Хараулахского хребта [Стратиграфия..., 1973; Государственная..., 1979, 2014а, б; Клец, 2005; Язиков и др., 2013]. Для всей северо-восточной части Сибирской платформы отмечается отсутствие девонских осадочных образований [Матухин, Меннер, 1974; Матухин, 1991; Матухин и др., 1995].

Третий район. На территории Хараулаха отсутствуют достоверно доказанные как ордовикские, так и силурийские осадочные образования [Государственная..., 1979, 2014а]. Для ордовика исключение могли бы составить известные у пос. Тит-Ары на р. Лена (более 45 км южнее м. Крестях) песчаники лопарской свиты или ее аналога — балаганахской свиты [Мелжвик, 1958; Путеводитель..., 1980]. Но это не карбонаты, а терригенные породы, и они палеонтологически не охарактеризованы. Кроме того, ни лопарская, ни балаганахская свиты в настоящее время к ордовикскому хроностратиграфическому интервалу не относятся [Каныгин и др., 2007, 2017]. Балаганахский стратон, по [Стратиграфический словарь..., 1975], содержит в базальных слоях органические остатки, позволяющие относить его к среднему—верхнему кембрию. В последнее время [Стратиграфический словарь..., 1991] по брахиоподам и трилобитам балаганахская свита относится к нижнему, среднему и верхнему кембрию.

К силурийским осадочным образованиям достаточно условно, по [Мелжвик, 1958], относятся вскрывающиеся на р. Атырдах доломиты, конгломераты, брекчии, кремни. Для этого набора пород указывались находки силурийских кораллов *Catenipora* aff. *gotlandica* (Yabe). Но в этом разрезе, по [Мелжвик, 1958], непосредственно на силуре лежит атырдахская свита. Специфика литологического состава этого фрагмента разреза — карбонаты, псефиты и кремни — позволяет предположить, что весь комплекс пород, захватывая и вышележащие образования сходного состава, относится к атырдахской свите, а кораллы были собраны из крупных обломков более древних осадочных образований. Именно такие «переотложенные» (аллохтонные) фаунистические находки были сделаны предыдущими исследователями [Мелжвик, 1956, 1958; Богуш и др., 1965; Лунгергаузен, Соломина, 1966; Булгакова, 1967; Государственная..., 1979, 2014а] и авторами настоящей статьи в разрезах толщи крестяхских конгломератов.

Этот тезис практически исключает возможность отнесения территории Северного Хараулаха к потенциальному источнику карбонатного материала в толще крестяхских конгломератов.

Четвертый район. На побережье Оленекского залива, на расстоянии 250 км на запад от начала Быковской протоки в дельте Лены (от рассматриваемого в настоящей статье района с крестяхскими конгломератами), пробурена скв. Усть-Оленекская 2370 (см. рис. 1), в разрезе которой была выделена ордовикско-нижнесилурийская чугасуэсская серия мощностью 467 м, разделенная на ряд толщ [Граусман, 1995; Исаев, 2007; Государственная..., 2014а] (рис. 6, 7).

Биостратиграфические данные по интерпретируемому (см. рис. 6, 7) разрезу скв. Усть-Оленекская 2370 в ряде случаев не согласуются с предполагаемой [Граусман, 1995] выдержанной снизу вверх стратиграфически по скважине последовательностью от древних отложений к более молодым. Так, нижний комплекс конодонтов, найденных в харасырской толще, имеет раннесилурийский возраст, а выше в курупахской свите присутствуют ордовикские таксоны конодонтов. В связи с этим нельзя исключить, что взаимоотношения между выделенными там ордовикско-силурийскими толщами могут быть проинтерпретированы как надвиговые, с серией тектонических пластин, неоднократно повторяющих разрез. При описании разреза скв. Усть-Оленекская 2370 наблюдались зеркала скольжения [Граусман, 1995], а все выделяемые там толщи имеют сходный набор литотипов. Можно предложить иную трактовку не только строения разреза, но и генезиса слагающих его пород. Возможно, что в скв. Усть-Оленекская 2370 вскрыты осадочные образования микситового генезиса, в которых фиксируются совместные, разновозрастные аллохтонные находки фауны как ордовикского, так и силурийского, и более молодого (девонского) хроностратиграфических уровней. Отметим, что в строении сарбыннихской толщи отмечалась осадочная брекчия [Граусман, 1995].

Наличие значительного количества карбонатов в керновом материале скв. Усть-Оленекская 2370 могло бы позволить отнести район побережья Оленекского залива к потенциальному кандидату источника аллохтонного псефитопсаммитового ордовикско-силурийского материала в толще крестяхских конгломератов. Однако следует учитывать, что раннепалеозойские осадочные комплексы чугасуэсской серии, вскрытые скв. Усть-Оленекская 2370, могут интерпретироваться как образования подводно-микситового генезиса. В связи с этим все перечисленные толщи этой серии могут быть не материнским источником, а фациальным аналогом (или породной ассоциацией соседствующей фации) толщи крестяхских конгломератов позднепалеозойского хроностратиграфического интервала. Такое предположение является сугубо гипотетическим, поскольку эти дискуссионные материалы требуют дополнительного изучения. Как для толщи крестяхских конгломератов Северного Хараулаха, так и для осадочных образований, вскрытых скв. Усть-Оленекская 2370, следует предполагать какой-то другой (возможно, единый для обоих регионов) материнский источник аллохтонного карбонатного псефитопсаммитового материала.

Пятый район. Вблизи северного окончания Хараулахского хребта на территории современной дельты р. Лена в ордовикское и силурийское время на окраине Сибирского кратона могли формироваться морские карбонатные и терригенно-карбонатные образования, которые либо были полностью разрушены или частично сохранились и на современном геологическом срезе предположительно располагаются под кайнозойскими дельтовыми отложениями р. Лена и под акваторией моря Лаптевых. Именно эти ордовикско-силурийские литифицированные образования могли бы быть потенциальным источником разрушения и последующего переноса аллохтонного карбонатного псефитопсаммитового материала в раннекаменноугольный Северо-Хараулахский осадочный бассейн. Этот тезис имеет доказательную базу в виде опубликованных данных по масштабному распространению ордовикских и силурийских карбонатных образований на Новосибирских островах. Так, на северном удалении (в современных координатах более 400 км) от м. Крестях на Быковской протоке дельты Лены, в акватории моря Лаптевых на наиболее крупном из них о. Котельный, уже давно [Геологическое строение..., 1958] были установлены масштабные по площади поля выходов ордовикских и в меньших масштабах силурийских отложений. Следует особо отметить, что как ниже-, средне- и верхнеордовикские (айанская, молодирингайанская, терютэхская, анисинская свиты), так и нижнесилурийские (мурун-тасская, дьахсайарская, никольская и эслэхская свиты) осадочные образования на о. Котельный представлены главным образом известняками [Верниковский и др., 2013б; Государственная..., 2016; Стратиграфия..., 2018; Sobolevskaya, Nekhorosheva, 2019; Tolmacheva et al., 2019] (см. рис. 6). Суммарная мощность карбонатных ордовикско-силурийских образований на о. Котельный составляет не менее 2—3 км.

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ

Анализ палеогеографических связей в сообществах ордовикских, силурийских и девонских брахиопод, трилобитов и остракод различных районов северо-востока азиатской части России [Каныгин и др., 2019, 2020а] показал сходство литологии и близость таксономического состава фаунистических комплексов таких регионов, как Сибирская платформа, Таймыр, Селеняхский кряж, Тас-Хаяхта, Ому-

Система	Отдел	Ярус	Скважина Усть-Оленекская 2370	Остров Котельный (Новосибирские острова)				
				[Государственная..., 2016]	[Стратиграфия..., 2018; Sobolevskaya, Nekhorosheva, 2019; Tolmacheva et al., 2019]			
			[Граусман, 1995; Государственная ..., 2014a]	Балыктах- нисин- ская СФЗ	Ураса- лахская СФЗ	Северо-восточная структурно- фациальная зона	Юго-западная структурно- фациальная зона	
Каменноугольная	Верхний	Гжельский	Информация отсутствует	Объединенные домашнинская и решетниковская свиты		В цитируемых источниках информация отсутствует		
		Касимовский						
	Средний	Московский						
		Башкирский						
	Нижний	Серпуховской						
		Визейский						
		Турнейский						
Девонская	Верхний	Фаменский	Информация отсутствует	Тасарин- ская свита				
		Франский						
	Средний	Живетский		Соколовская свита			Соколовская свита	Соколовская свита
		Эйфельский						
	Нижний	Эмский			Шлюпочная свита		Вальтер- ская свита	Урасалах- ская свита
		Пражский			Бысах- каргинская свита			
		Лохковский			Пшеницинская свита		Пшеницинская свита	
Силурийская	Пржидол	Не выделяются	Информация отсутствует	Объединенные дяхсай- арская и эсэлэх- ская свиты	Объединенные николь- ская и михай- ловская свиты	Эсэлэхская свита	Эсэлэхская свита	
	Лудлов	Лудфордский						
	Венлок	Горстийский		Сарбынияхская толща	Объединенные дяхсай- арская и эсэлэх- ская свиты	Объединенные николь- ская и михай- ловская свиты	Дяхсайарская свита	Никольская свита
		Гомерский						
	Лландо- вери	Шейнвудский		Сарбынияхская толща	Мурун- тасская свита	Урасин- ская свита	Мурун-тасская свита	Урасинская свита
		Теличский						
		Аэронский						
Ордовикская	Верхний	Хирнантский	Буорсырская толща	Объединенные молодиринг- айанская и анисинская (или терютехская) свиты	Анисинская свита	Терютэхская свита		
		Катийский					Курапахская толща	
		Сандбийский						
	Средний	Дарривильский	Харасырская толща	Айанская свита	Молодиринг-айанская свита	Молодиринг-айанская свита		
		Дапинский	?					
	Нижний	Флоский	Информация отсутствует	Айанская свита	Айанская свита	Айанская свита		
Тремадокский		?						

Рис. 6. Стратиграфические колонки палеозойских отложений, вскрытых скв. Усть-Оленекская 2370 и естественных выходов на о. Котельный.

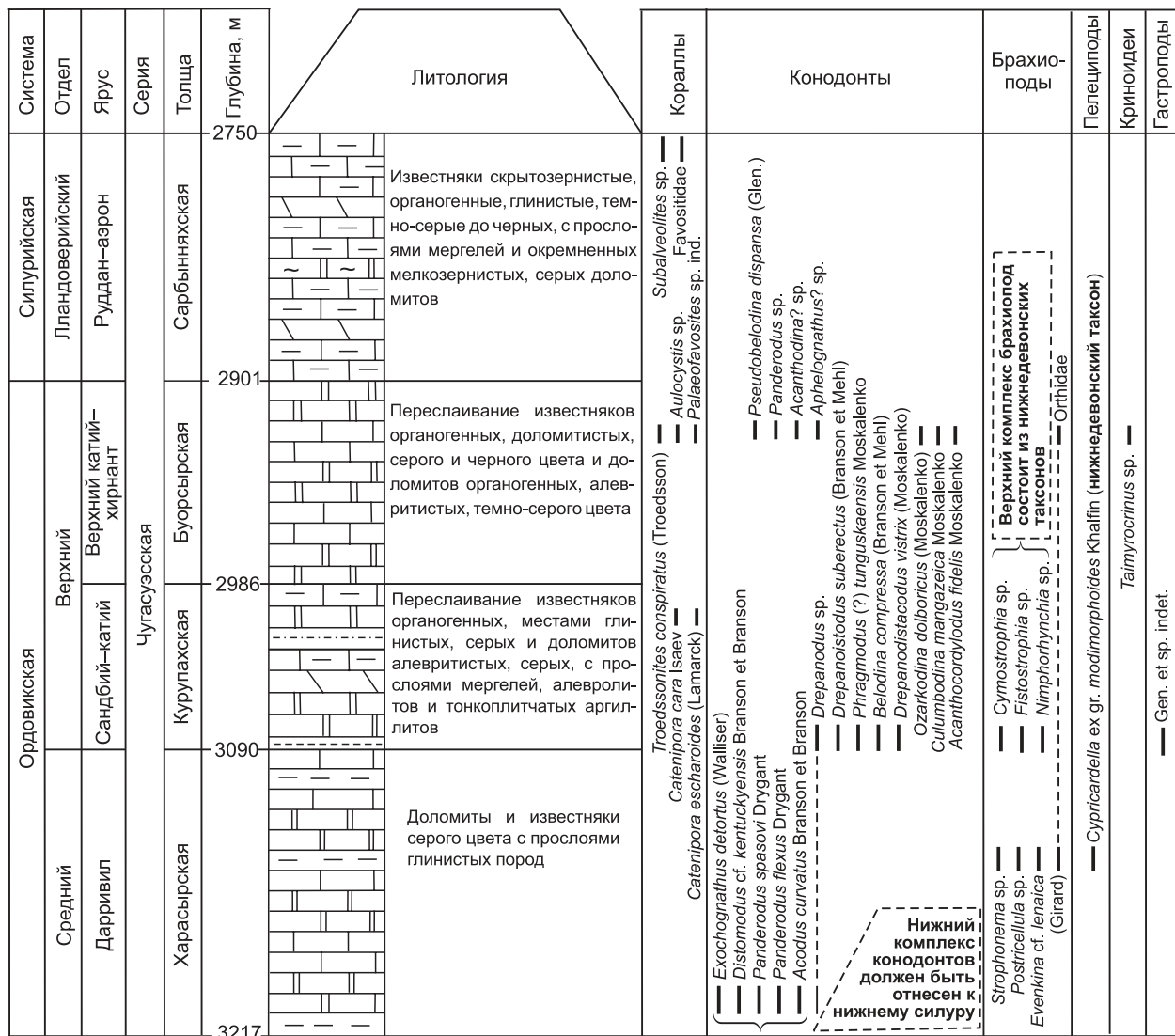


Рис. 7. Разрез чугасуэсской серии в скв. Усть-Оленекская 2370 (по [Граусман, 1995], с дополнениями и комментариями — выделены полужирным).

Усл. обозн. см. на рис. 2.

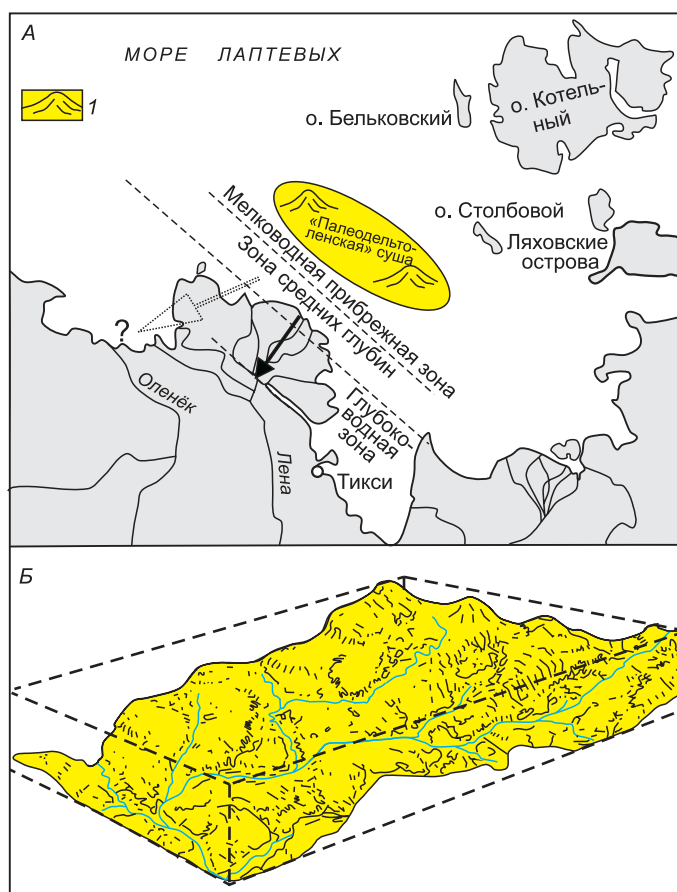
левские горы, Сетте-Дабан, о. Котельный, Чукотка. Все перечисленные регионы входили в состав Сибирского палеоконтинента, на котором существовали морские условия с преимущественно мелководными карбонатными обстановками осадконакопления. Это позволило выдвинуть и обосновать [Каныгин и др., 2020б] научное предположение, что ряд нижнепалеозойских блоков в составе перечисленных складчатых структур входит в их строение в виде террейнов, которые образовались при деструкции края Сибирского палеоконтинента. Такой континент был значительно более крупным элементом, чем современная структура Сибирской платформы. Предполагается, что разобщение оторженных террейнов от Сибирского палеоконтинента происходило в позднем девоне—раннем карбоне, а масштабное их удаление от этого палеоконтинента — в позднем палеозое—раннем мезозое [Каныгин и др., 2020б].

Для сравнения — аналогичные биостратиграфические работы по ордовикско-девуонскому стратиграфическому интервалу Аляски [Blodgett et al., 2002, 2010; Dumoulin et al., 2002] также доказали аккреционную природу большинства блоков этой Северо-Американской территории. При этом часть из таких блоков, например, Александровский террейн, могла быть фрагментами дезинтегрированной части Сибирского кратона [Blodgett et al., 2010; Каныгин и др., 2020б].

Гипотетический источник ордовикско-силурийского аллохтонного псефитопсаммитового обломочного преимущественно карбонатного материала для толщи крестяхских конгломератов должен был

Рис. 8. Предполагаемое магистральное направление привноса карбонатного обломочного материала в Северо-Хараулахский средневизейский морской бассейн.

А — расположение гипотетического материнского источника; *1* — сильнорасчлененный рельеф суши, стрелками показано предполагаемое направление переноса обломочного материала; *Б* — блок-диаграмма гипотетического средневизейского «Палеодельтоленского» блока суши с узкими невыработанными долинами рек со скальным руслом.



быть в виде сильнорасчлененной приподнятой суши как самостоятельный блок или разрушившийся в визейское время участок Котельнического блока (террейна). Учитывая время начала удаления отторженных террейнов (наиболее масштабным из которых был Котельнический) от перикратонной окраины Сибирского палеоконтинента — конец девона—начало карбона, можно допустить, что во время накопления толщи крестяхских конгломератов «Палеодельтоленский» участок раннекарбонной суши был относительно близок к современному географическому положению дельты р. Лена (рис. 8, *А*). Начавшийся дрейф Котельнического террейна на север (в современных координатах) во второй половине раннего карбона масштабно проявился позднее — в конце палеозоя [Каныгин и др., 2020б].

Кроме того, следует учитывать возможность не только среднедальнемагистральной транспортировки грубообломочного материала за счет подводных суспензионных потоков, возникающих при оползнях (или при землетрясениях). Но первоначальная деструкция литифицированных слоистых отложений все же должна была происходить как за счет абразии крутого берега возвышенной суши, так и главным образом за счет деятельности горных речных потоков, с образованием масштабного конуса выноса (River fan). Надо отметить, что в настоящее время объем поступающего твердого стока рек в моря во много раз превышает [Лисицын, 1974, 1978, 1991, 1994] количество терригенного материала, образующегося за счет абразии берегов суши. Поэтому большие масштабы образования псефитопсаммитовых толщ в геологическом прошлом логичнее связывать с речной деятельностью. При этом авандельты, сложенные псефитопсаммитовым материалом, могут протягиваться в морские палеоакватории на многие километры. Например, по граветитам подводного обвално-оползневого типа предполагается возможность дальности переноса в 400—500 км [Лисицын, 1978, 1988; Кузнецов, 2011]. Перемещение обломочного материала на значительные расстояния без площадного рассеивания контролируется подводными ложбинами-каньонами. Так, на шельфе современного Чукотского моря со средними глубинами 50 м имеется каньон (желоб) Геральда с глубинами от 55 м в его вершине до 170 м в его окончании [Океанографическая энциклопедия..., 1974; Государственная..., 2014б; Зыков, Гусев, 2015]. Протяженность каньона Геральда, проходящего вблизи одноименного острова, около 200 км при ширине 40—60 км. Вторым крупным каньоном Чукотского моря является протягивающийся вдоль Аляски каньон Барроу с глубинами от 50 до 100 м и шириной от 6 до 10 км [Океанографическая энциклопедия..., 1974].

По рассматриваемому геологическому материалу толщи крестяхских конгломератов реконструируется следующий сценарий процесса накопления этой толщи. Регулярно, порционно, в течение длительного геологического времени (3—5 млн лет — треть визейского века) продукты подводного морского шлейфа крупнообломочного материала конуса выноса горной реки (River fan) с добавлением продуктов абразии доставлялись без «утонения» («измельчения») крупных обломков от прибрежной области (предполагаемый блок в виде суши и прилегающие морские районы) на значительное расстояние в глубь морской акватории (до района Быковской протоки дельты Лены). В современных координатах это расстояние в несколько десятков километров. Следует отметить, что как и гипотетический («Палеодельтоленский») блок, так и Котельнический блок (террейн) по сравнению с нынешним его

положением в раннем карбоне мог находиться значительно ближе к району современного м. Крестях (дельта Лены). Об этом свидетельствуют имеющиеся данные различных авторов о потенциально масштабных дрейфах террейнов, окружавших Сибирскую платформу [Blodgett et al., 2010; Кулаков и др., 2013; Torsvik, Cocks, 2017; Каныгин и др., 2020б]. А такое масштабное перемещение террейнов началось позднее накопления толщи крестяхских конгломератов.

К стратиграфическому рубежу конца девона—начала карбона [Цейслер, Корчуганова, 2009; Каныгин и др., 2019, 2020б] приурочено событие перикратонного опускания и рифтогенного раскола (дробления) окраин Сибирской платформы с образованием отдельных террейнов, одним из которых стал блок с о. Котельный. До начала дрейфа Котельнического террейна в сторону от Сибирской платформы дистанция между ним и рассматриваемым районом м. Крестях в Северном Хараулахе была не сотни километров, а десятки и менее.

Синтез имеющейся к настоящему времени информации позволяет высказать следующее. Наиболее вероятно, что источник поступления аллохтонного псефитопсаммитового ордовикско-силурийского карбонатного материала в Северо-Хараулахский раннекаменноугольный осадочный бассейн располагался в районе, имеющем палеокоординаты, близкие палеокоординатам современной дельты Лены [Государственная..., 2014а]. Это могла быть гипотетическая («Палеодельтоленская») возвышенная суша, ранее предполагаемая Г.Ф. Лунгергаузенем и Р.В. Соломиной [1966] и Р.Г. Матухиным [1991], которая могла быть полностью разрушенным материнским источником поступления такого материала в толщу крестяхских конгломератов [Государственная..., 2014а]. Другими исследователями [Ershova et al., 2014] предполагалась система островов от современного устья Хатанги до устья Лены. На самом восточном (в современных координатах) из этих островов допускалась [Ershova et al., 2014] возможность развития фана (River fan) дельты горной реки, сопровождающаяся возникновением турбидитовых потоков.

Ряд геологов по ордовикско-каменноугольным шельфовым карбонатным и обломочным породам, известным в разрезах Новосибирских островов, реконструировали масштабное подводное поднятие — Новосибирскую карбонатную платформу (Novosibirsk carbonate platform) [Sengör, Natal'in, 1996; Dumoulin et al., 2002]. При этом [Sengör, Natal'in, 1996] во второй половине силура и раннем девоне для участка юго-западной (в современных координатах) части о. Котельный предполагались более глубоководные условия, чем для остальных районов, входящих в структуру Новосибирской карбонатной платформы.

«Палеодельтоленский» участок раннекарбонной суши, по аналогии с Котельническим террейном, должен был быть сложен преимущественно карбонатными ордовикско-силурийскими осадочными образованиями, которые при их деструкции служили бы материнским источником образования и последующего масштабного переноса с севера, точнее с северо—северо-востока (в современных координатах) аллохтонного псефитопсаммитового карбонатного материала в раннекаменноугольный Северо-Хараулахский осадочный бассейн, с образованием толщи крестяхских конгломератов. И это предположение обосновывается следующим геологическим содержанием.

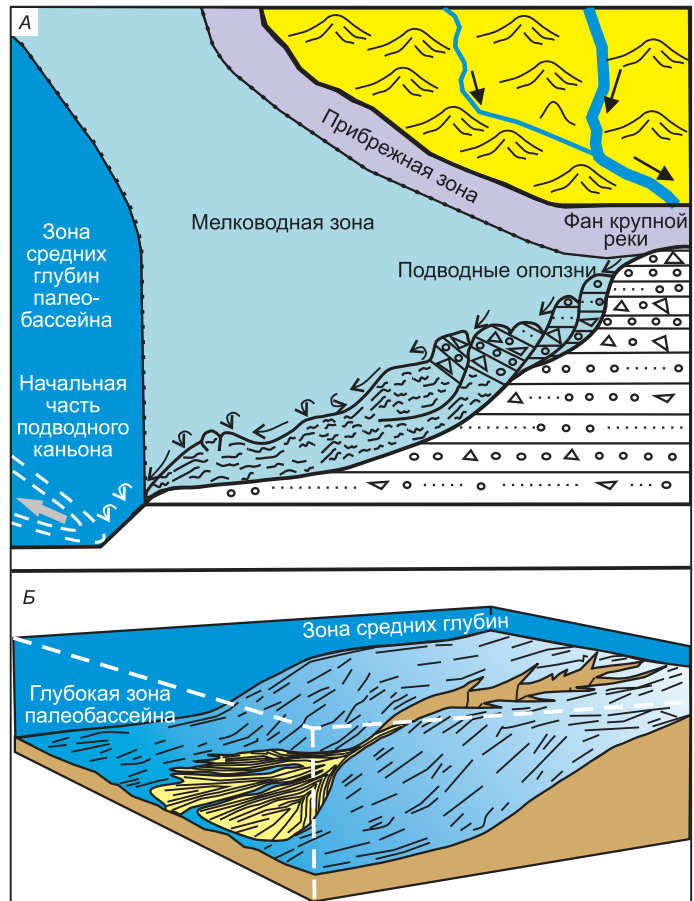
Суммарная мощность ордовикско-силурийских отложений на о. Котельный равняется 2—3 км [Стратиграфия..., 2018]. Остров Котельный, как это отмечалось выше, относится к одному из блоков (террейнов) Сибирской платформы, отделившихся от нее в конце девона—начале карбона [Каныгин и др., 2019, 2020а, б]. Такие же мощности ордовикско-силурийских образований должны были быть на другом — «Палеодельтоленском» блоке (террейне). Согласно [Государственная..., 2016], на о. Котельный и соседних островах в тектоническом строении палеозойского разреза выделяются два структурных этажа: ордовикско-среднедевонский и верхнедевонско-раннекаменноугольный. Первый этаж дополнительно разделен стратиграфическими несогласиями на два структурных яруса: ордовикско-эмский и среднедевонский (эйфельско-живетский). Следовательно, внутренние структуры осадочных образований этих двух террейнов были дислоцированы, а сами террейны приподняты над уровнем моря, что привело к образованию областей сноса материала.

Участок «Палеодельтоленской» суши был не равнинным, а сильнорасчлененным и приподнятым рельефом. Для сравнения, и Котельнический террейн неоднократно приподнимался над уровнем моря, о чем свидетельствуют угловые несогласия в девоне и раннем карбоне [Вольнов и др., 1974а, б; Тектоника..., 2001; Государственная..., 2016]. Затем какие-то его части опускались ниже уровня моря, и со стратиграфическими перерывами и угловыми несогласиями на них начинали формироваться морские мелководные осадки, часто выраженные в базальных своих частях конгломератовыми образованиями.

Отмеченное выше использовано для оценки высоты гипотетического «Палеодельтоленского» блока. Располагавшаяся на этом блоке суша должна была быть приподнята над уровнем моря и иметь сильнорасчлененный рельеф, что предопределило развитие сети палеорек (см. рис. 8, Б). Такие палеорекки разрушали карбонатные породы, слагающие их дно и берега, образовывали псефитопсаммитовый материал и постоянно сносили его в близлежащий морской раннекаменноугольный прибрежный инициальный бассейн. Именно из такого транзитного подводного участка масштабной седиментации на-

Рис. 9. Схема с профилями формирования и переноса псефитопсаммитовых образований, сформировавших средневизейскую толщу крестяхских конгломератов.

А — план-схема исходно-прибрежной зоны формирования материнских подводно-оползневых образований; *Б* — блок-диаграмма образования морских каньонов при магистральном подводном переносе псефитопсаммитовых обломочных продуктов.
Усл. обозн. см. на рис. 2.



копившийся в больших количествах псефитопсаммитовый материал периодически перемещался в удаленный конечный палеобассейн осадконакопления (рис. 9, А).

Движущей силой переноса псефитопсаммитового материала конусов выноса рек (River fan) из прибрежно-морской части «Палеодельтоленской» суши в глубь раннекаменноугольного бассейна могли быть суспензионные (мутьевые) потоки (см. рис. 9, А). Одним из следствий движения таких потоков является эрозия дна с формированием подводных оврагов (ложбин) и каньонов (см. рис. 9, Б). Некоторые разрезы толщи крестяхских конгломератов представляют собой серию наложенных друг на друга ложбин (оврагов) и каньонов [Сенников и др., 2020]. Суспензионные потоки модулировали окатанность и компоновку обломочного материала и закономерности его распределения по латерали и в стратиграфической последовательности.

Причинами возникновения таких суспензионных (мутьевых), квазиселевых потоков являются оползни на даже слабонаклонных поверхностях дна палеобассейнов, сложенные мощными, слабо или нелитифицированными слоистыми образованиями. Нередко триггерами таких оползней могут быть землетрясения. При этом подводные оползни могут возникать как в прибрежной части бассейна, так и в удаленной от берега его части. Многочисленные седиментационные структуры в разрезах толщи крестяхских конгломератов можно интерпретировать как результаты деятельности подводных оползней — «закатыши» — «закрутыши», опрокинутые складки и др. [Сенников и др., 2020].

Грубообломочные квазиселевые подводные потоки характерны для шельфа. Индивидуальная мощность их отдельных слоев («языков») достигает 5—10 м. Песчано-алевролитовые суспензионные потоки типичны для континентального склона и глубоководных частей океана, а индивидуальная мощность их слоев (обычно линзовидной формы) составляет в среднем 0.5—1.0 м. Именно такие мощности отдельных пачек наблюдаются в разрезах толщи крестяхских конгломератов [Сенников и др., 2020]. Длина пути перемещения субаквальных квазиселей может составить десятки и сотни километров.

Таким образом, аллохтонный карбонатный материал поступал в визейском веке из района о. Котельный (инициальный участок подводно-морской седиментации) к району устья р. Лена (эпицентр конечного палеобассейна осадконакопления). Это было направление от мелководной (включая прибрежную) части шельфа к его глубоководной части [Сенников и др., 2020], что согласуется с мнением [Sengör, Natal'in, 1996] о дифференциации глубин силурийско-девонских бассейнов архипелага Новосибирские острова. Надо отметить, что такое предположение противоречит данным [Torsvik, Cocks, 2017] о том, что в раннем карбоне районы всех современных Новосибирских островов находились только в глубокошельфовой части бассейна седиментации. При этом, по тем же сведениям [Torsvik, Cocks, 2017], раннекаменноугольный седиментационный бассейн, располагавшийся на Новосибирских островах, находился от края Сибирской платформы (район устья р. Лена) на значительном удалении.

В дополнение к окончательному решению вопроса о положении потенциального источника аллохтонного карбонатного материала крестяхских конгломератов и предполагаемом пути его перемещения в конечный палеобассейн следует отметить следующее. На о. Сардах (Сардах-Сисе) в Большой Трофимовской протоке дельты Лены была пробурена скважина, вскрывшая выветренные известняки

верхнего девона, на которых залегают миоцен-плиоценовые терригенные отложения речного генезиса [Государственная..., 2014a]. В этом районе мог быть верхний край подводного оврага (каньона), с которого в это понижение поступал (см. также выше информацию об о. Столб) девонский псефитопсаммитовый карбонатный материал, транспортировавшийся к району накопления крестяхских конгломератов. Остров Сардах находится в 20 км от м. Крестях на северо-востоке (в современных координатах), что ограничивает с запада (в современных координатах) положение подводного магистрального каньона, транспортного пути поступления аллохтонного ордовикско-силурийского материала в раннекаменноугольную толщу крестяхских конгломератов.

В районе о. Сардах предполагается существование погруженного под кайнозойские отложения дельты Лены так называемого Туматского выступа, с контрастным гравитационным максимумом (до 55 мГал), характерным для выступов кристаллических пород дорифейского основания [Государственная..., 2014a]. Это ставит под сомнения гипотетическую возможность о наличии под девонскими отложениями мощного разреза ордовикско-силурийских карбонатных образований, которые могли бы быть материнским источником квазиаллохтонного (практически автохтонного) материала для раннекаменноугольных крестяхских конгломератов.

Направление переноса аллохтонного материала в толщу крестяхских конгломератов координируется с общим меридиональным направлением современного распространения полей выходов атырдахской свиты (включая крестяхские конгломераты). Кроме того, изучение направления возможного перемещения суспензионных потоков, реконструируемое по конфигурации обломков и их ориентации по отношению к подошве пачки в одном из разрезов толщи крестяхских конгломератов, выявило следующее. Во 2-й пачке разреза С-1876 зафиксировано (свыше 100 измерений) юго-восточное и северо-западное (в современных координатах) направление тонких концов удлиненных «обрывков» слоев, расположенных субпараллельно подошве пачки. Такая симметрия (пропорция 50 % южной и 50 % северной ориентации) указывает на перемещение в насыщенном обломками суспензионном потоке в относительно узких (по отношению к протяженности) подводных оврагах (или каньонах). Как правило, наблюдается выклинивание слоев конгломератов в северо-западном направлении, что позволяет предполагать устойчивое длительное существование какого-то борта подводной депрессии.

В других псефитовых пачках разрезов толщи крестяхских конгломератов, при длительном масштабном поступлении с северо—северо-востока (в современных координатах) псефитопсаммитового материала в эту толщу, отсутствие феноменов какой-либо закономерной выдержанной ориентировки обломков может быть объяснено эффектом многократно повторяющихся и наложенных друг на друга следов эпизодов проявления суспензионных потоков, осложненных продуктами оползневых процессов с бортов каньона [Сенников и др., 2020].

Отсутствие следов волновой ряби, наличие «закатышей» и «закрутышей», присутствие кремней в толще крестяхских конгломератов позволяют оценивать обстановки их формирования как относительно глубоководные (от 150—200 до 300 м и более) [Сенников и др., 2020].

ДИСКУССИЯ

В противовес аргументированной в настоящей статье гипотезе о материнском источнике поступления (с подводно-морской транспортировкой) псефитопсаммитового материала в разрезы крестяхских конгломератов в виде «Палеодельтоленской» суши коллективом исследователей [Прокопьев и др., 2013, 2018; Ershova et al., 2014, 2015] обосновывались иные пути (южного в современных координатах направления) и другой механизм перемещения обломочного материала — масштабная протяженная речная сеть. По данным изучения обломочных (детритовых) цирконов отмеченными авторами, при реконструкциях питающих провинций, предположено существование в конце раннего—позднем карбоне трех крупных речных систем (палео-Хатанга, палео-Лена и палео-Алдан), берущих начало на юге Сибири, в Центрально-Азиатском складчатом поясе, текущих по территории Сибирской платформы и соседним областям и впадающих в океан Ангаючам (район современного моря Лаптевых). Выше нами было показано, что в южном секторе (в современных координатах), примыкающем к дельте Лены, отсутствуют потенциальные источники для разрушения ордовикско-силурийских карбонатных образований. Кроме того, размер обломочного материала крестяхских конгломератов позволяет предполагать разрушение только горными реками с образованием подводных фанов (River fan), а реконструированная [Прокопьев и др., 2013, 2018; Ershova et al., 2014, 2015] река палео-Лена должна быть отнесена к протяженным равнинным рекам. В работе [Прокопьев и др., 2013] дается оценка времени возникновения крупных протяженных речных систем Сибирского континента — вторая половина визейского века. Наши данные [Сенников и др., 2020] и материалы предыдущих биостратиграфических работ [Мелжвик, 1958; Лапина, 1962; Богуш и др., 1965; Булгакова, 1967; Абрамов, Григорьева, 1986], оценивающие хроностратиграфическое положение толщи крестяхских конгломератов средним (возможно, началом позднего) визе, по-

зволюют предположить вероятное время возникновения гипотетической реки палео-Лена (и ее дельты) не ранее начала позднего визе.

В работах [Прокопьев и др., 2013; Ershova et al., 2014] на блок-диаграммных моделях (в качестве примера указана дельта палео-Хатанги) источником поступления в морские палеоакватории современного Арктического побережья Сибири предполагаются высокоприподнятые сооружения, формирующие подводно-морские фаны (River fan) горных рек. Реконструируется, что такое интенсивно разрушаемое сооружение дельты палео-Хатанги было сложено субгоризонтально залегающими карбонатными породами позднего девона и раннего карбона (турне) [Прокопьев и др., 2013; Ershova et al., 2014]. Но псефитовый карбонатный материал в толще крестяхских конгломератов (дельта палео-Лены, по цитируемым авторам) представлен, как установлено исследованиями авторов настоящей статьи, в основном известняками, содержащими ордовикские и силурийские (редко девонские) фаунистические остатки.

Обстановка формирования толщи крестяхских конгломератов большинством исследователей принимается за начальный этап формирования Верхоянского верхнепалеозойско-нижнемезозойского терригенного комплекса [Булгакова, 1967; Булгакова и др., 1969; Государственная..., 1979; Клец, 2005; Кутыгин, 2009]. Этому мнению придерживались и авторы настоящей статьи [Сенников и др., 2020]. Однако в свете вышеизложенных новых материалов этот тезис должен быть уточнен. Масштабный подъем и разрушение «Палеодельтоленской» суши (террейна), сложенной главным образом ордовикскими и силурийскими карбонатами, с одной стороны, и начало и последующее формирование верхоянского терригенного комплекса, с другой, — следует разделять по времени соответственно, средний и поздний визе.

Вероятность достоверности причинно-следственных связей между крупными геологическими событиями и изменениями процессов седиментации в палеозойских бассейнах пока невысока, но все же можно высказать следующие соображения. По нашим представлениям, эпизод раскола перикратонной окраины Сибирского палеоконтинента [Тектоника..., 2001; Каныгин и др., 2020б] с последующим образованием отдельных террейнов (например, Котельнического и «Палеодельтоленского»), их поднятием и разрушением следует сопоставлять с проявлением первого геологического события, произошедшего в конце ранневизейского—начале средневизейского времени. Вероятно, результатом этого геологического события явилось закрытие Нордвикского (Хатангского) и Западно-Верхоянского (Усть-Ленского) рифтов [Никишин и др., 2010], на стыке которых и располагался рассматриваемый в настоящей работе Северо-Хараулахский визейский бассейн. Выделяемое в Сибири (материк Ангарида) био/седиментационное событие, именуемое Щегловским [Клец, 2005], прослеживается в разрезах различных регионов. Триггером Щегловского био/седиментационного события было геологическое событие столкновения указанных выше континентов.

Формирование верхоянского терригенного комплекса могло быть следствием коллизии Карского террейна и северной окраины редуцированного (сокращенного в размерах) Сибирского палеоконтинента [Верниковский, 1996; Metelkin et al., 2005; Метелкин и др., 2012; Верниковский и др., 2013а; Ершова и др., 2013; Прокопьев и др., 2013]. Это событие произошло в поздневизейское время. Оно сопровождалось формированием складчатых поясов, сложенных разновозрастными комплексами — Центрально-Азиатского (ЦАСП) и Таймыро-Североземельского (ТССП) [Верниковский и др., 1993, 2011; Никишин и др., 2010; Прокопьев и др., 2013]. При этом, вероятно, и возникла крупная система протяженных равнинных рек, являющихся основными поставщиками терригенного обломочного материала в Верхоянский палеобассейн с юга (со стороны ЦАСП) и запада (со стороны ТССП) (в современных координатах) [Ершова и др., 2013]. Для позднего карбона—ранней перми источниками материала в верхоянском комплексе (терригенные псефиты, псаммиты и пелиты тугасирской свиты) предполагались [Никишин и др., 2010] разнонаправленные дельты трех крупных равнинных палеорек, текущих с юга, юго-запада и запада (в современных координатах).

Рассмотренные выше геологические события привели к появлению двух различных «питающих» провинций для раннекаменноугольного бассейна Северного Хараулаха: а) северной (в современных координатах), являющейся поставщиком грубообломочного преимущественно карбонатного материала и б) южной (в современных координатах) как источника тонкообломочного, терригенного материала.

Интересно отметить, что специфический эколого-палеогеографический тип бореальных («холоднолюбивых») позднепалеозойских фаунистических сообществ, характерный для верхоянского терригенного комплекса, по мнению В.А. Ганелина [1997, 2013], при своем возникновении на рубеже визейского века и среднего карбона должен был испытывать воздействие нескольких разновременных этапов геологических событий.

Из всего перечисленного выше можно декларировать следующее. Поступление обломочного материала (карбонатные псефиты толщи крестяхских конгломератов) в раннекаменноугольный бассейн Северного Хараулаха в средневизейское время имело подводно-морской генезис, а направление такого привноса было с северо—северо-востока на юго-запад (в современных координатах). Затем, в поздневи-

зейское время, генезис поступающего обломочного материала (терригенные псаммиты и пелиты тиксинской свиты) изменился на континентальный, а его курс кардинально поменялся на противоположный — на направление с юга и на направление с запада в сторону северо-востока и севера (в современных координатах). Ранее [Прокопьев и др., 2013] было зафиксировано принципиально различное распределение докембрийских возрастов обломочных цирконов в породах толщи крестяхских конгломератов и в породах тиксинской свиты соответственно 95 и 55 %. Последнее свидетельствует о разных питающих провинциях и о радикальной смене в конце среднего—начале позднего визе источника поступления обломочного материала в палеобассейн Северного Хараулаха. Следовательно, на настоящий момент некорректно отнесение толщи крестяхских конгломератов к начальному эпизоду формирования верхоянского верхнепалеозойско-нижнемезозойского терригенного комплекса, как это ранее было широко принято [Булгакова, 1967; Булгакова и др., 1969; Государственная..., 1979; Клец, 2005; Кутыгин, 2009; Сенников и др., 2020]. Нижним стратонам этого терригенного комплекса надлежит считать тиксинскую свиту, включающую выделяемый некоторыми исследователями фациальный аналог — сокольскую свиту [Кутыгин, 2009; Ершова и др., 2013].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При использовании литологического, фациального, палеонтологического, биостратиграфического и палеогеографического методов анализа верхнепалеозойских материалов Северного Хараулаха, установлено:

1. Источником аллохтонного ордовикско-силурийского карбонатного материала в псефитопсаммитовой визейской толще крестяхских конгломератов был «Палеодельтоленский» сильнорасчлененный, приподнятый участок суши — «останец» оторванного от Сибирского кратона блока. Там формировался инициальный бассейн седиментации — фан горных рек в мелководной прибрежной зоне моря (River fan).

2. Транзит карбонатного аллохтонного псефитопсаммитового материала в Северо-Хараулахский визейский бассейн был среднедальнемагистральным из инициального палеобассейна вблизи «Палеодельтоленской» суши в сторону эпицентра конечного палеобассейна на участке современной дельты Лены.

3. Раннекаменноугольный бассейн в районе южнее современного о. Котельный (архипелаг Новосибирские острова) и севернее дельты Лены был среднемелководно-шельфовым — транзитным для масштабного перемещения обломочного материала в более южный (в современных координатах) конечный бассейн седиментации. Ранее предполагалось [Torsvik, Cocks, 2017], что в раннем карбоне в этом районе существовал глубоководно-шельфовый бассейн. По имеющимся у авторов настоящей статьи данным наиболее глубоководные условия в визейском бассейне могли быть развиты южнее (в современных координатах) на месте северной части современного Северного Хараулаха. Это были условия седиментации с глубинами до 300 м и более [Сенников и др., 2020].

4. В Северном Хараулахе, в слагающих его осадочных образованиях, наблюдаются следы средне-визейского раскола перикратонной окраины Сибирского палеоконтинента и следы поздневизейской коллизии Карского террейна и северной окраины этого палеоконтинента.

5. Нижним элементом верхоянского верхнепалеозойско-нижнемезозойского терригенного осадочного комплекса следует считать тиксинскую свиту. Ранее за базальный стратон верхоянского комплекса принималась толща крестяхских конгломератов.

Авторы отдают себе отчет в дискуссионности некоторых положений статьи. Рано считать окончательным решение проблемы определения точного местоположения материнского источника псефитов крестяхских конгломератов. Также предстоит найти независимые (региональные геологические, палеомагнитные, геохимические и др.) подтверждения высказанного предположения о сложной ступенчатой перестройке в геологической истории Верхоянского седиментационного бассейна на рубеже турне и визе. Авторы статьи надеются, что приведенные лито- и биостратиграфические данные позволят в дальнейшем уточнить палеогеографические реконструкции и повысить достоверность геологических обобщений.

Коллекции табулят, конодонтов и остракод, приведенные в настоящей статье, хранятся в ЦКП «Геохрон» при ИНГГ СО РАН (г. Новосибирск) под № 2108. Дискуссии с коллегами В.А. Верниковским, В.А. Каширцевым и Б.Л. Никитенко позволили улучшить структуру работы, за что авторы выражают свою благодарность.

Исследования проводились в рамках госзадания РАН FWZZ-2022-0003 и поддерживались РФФИ (грант 18-05-70035).

ЛИТЕРАТУРА

Абрамов Б.С., Григорьева А.Д. Биостратиграфия и брахиоподы нижнего карбона Верхоянья. М., Наука, 1986, 193 с.

- Богуш О.И., Герасимов Е.К., Юферев О.В.** Нижний карбон низовьев Лены. М., Наука, 1965, 75 с.
- Булгакова М.Д.** Крестяхские конгломераты устья р. Лены и условия их образования // Литология и полезные ископаемые, 1967, № 3, с. 127—134.
- Булгакова М.Д., Лазебник К.А., Сукнева Л.С.** Новые данные о базальных конгломератах верхоянского комплекса (нижний карбон хр. Орулган) // Изв. АН СССР. Серия геологическая, 1969, № 9, с. 61—72.
- Верниковский В.А.** Геодинамическая эволюция Таймырской складчатой зоны. Новосибирск, Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ СО РАН, 1996, 202 с.
- Верниковский В.А., Неймарк Л.А., Проскурин В.Ф., Яковлева С.З.** О позднерифейском возрасте плагиогранитов Кунарского массива (Северо-Восточный Таймыр) по результатам U-Pb-датирования цирконов // ДАН, 1993, т. 331, № 6, с. 706—708.
- Верниковский В.А., Метелкин Д.В., Верниковская А.Е., Сальников Е.Б., Ковач В.П., Котов А.Б.** Древнейший островодужный комплекс Таймыра: к вопросу формирования Центрально-Таймырского аккреционного пояса и палеогеодинамических реконструкций в Арктике // ДАН, 2011, т. 436, № 5, с. 647—653.
- Верниковский В.А., Добрецов Н.Л., Метелкин Д.В., Матушкин Н.Ю., Кулаков И.Ю.** Проблемы тектоники и тектонической эволюции Арктики // Геология и геофизика, 2013а, т. 54 (8), с. 1083—1107.
- Верниковский В.А., Метелкин Д.В., Толмачева Т.Ю., Малышев Н.А., Петров О.В., Соболев Н.Н., Матушкин Н.Ю.** К проблеме палеотектонических реконструкций в Арктике и тектоническому единству террейна Новосибирских островов: новые палеомагнитные и палеонтологические данные // ДАН, 2013б, т. 451 (4), с. 423—429.
- Вольнов Д.А., Преображенская Э.Н., Косько М.А., Арсентьева Г.П., Непомилуев В.Ф., Черксова С.В., Черняк Г.Е.** Верхний девон и нижний карбон о. Котельный // Докембрий и палеозой Северо-Востока СССР. Магадан, Магадан. кн. изд-во, 1974а, с. 95—98.
- Вольнов Д.А., Преображенская Э.Н., Арсентьева Г.П., Косько М.А., Устрицкий В.И., Виноградов В.А., Сосипатрова Г.П.** Верхний палеозой о. Котельный // Докембрий и палеозой Северо-Востока СССР. Магадан, Магадан. кн. изд-во, 1974б, с. 98—125.
- Ганелин В.Г.** Борейальная бентосная биота в структуре позднепалеозойского мирового океана // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 1997, № 3, с. 29—42.
- Ганелин В.Г.** Среднепозднепалеозойский рубеж и особенности позднепалеозойского седименто- и биогеогеографии на северо-востоке Азии // Стратиграфия в начале XXI века — тенденции и новые идеи. М., Геокарт-ГЕОС, 2013, с. 183—202.
- Геологическое строение СССР. Т. 1. Стратиграфия.** М., Госгеолтехиздат, 1958, 588 с.
- Государственная геологическая карта РФ м-ба 1: 200 000. Серия Нижнеленская. Лист S-52-XXXI, XXXII.** Объяснительная записка. М., Изд-во «Аэрогеология», 1979, 91 с.
- Государственная геологическая карта РФ м-ба 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Лаптево-Сибироморская. Лист S-51 — Оленекский зал., S-52 — дельта р. Лена.** Объяснительная записка. СПб, Изд-во СПб картографической фабрики ВСЕГЕИ, 2014а, 274 с.
- Государственная геологическая карта РФ м-ба 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Чукотская. Лист R-1, 2 — о. Врангеля.** СПб, Изд-во СПб картографической фабрики ВСЕГЕИ, 2014б, 144 с.
- Государственная геологическая карта РФ м-ба 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Лаптево-Сибироморская. Лист S-53, 54 — о. Столбовой, Ляховские о-ва.** Объяснительная записка. СПб, Изд-во СПб картографической фабрики ВСЕГЕИ, 2016, 309 с.
- Граусман В.В.** Геологический разрез Усть-Оленекской скв. 2370 (инт. 3605-2700) // Тихоокеанская геология, 1995, т. 14, № 4, с. 137—140.
- Дзюбо П.С., Миронова Н.В.** Подкласс Tabulata. Описание руководящих форм // Биостратиграфия палеозоя Саяно-Алтайской горной области. Т. II. Средний палеозой. 1960, с. 56—74. (Тр. СНИИГГиМС, вып. 20).
- Дубаголов В.Н.** Позднесилурийские и девонские табуляты, гелиолитиды и хететиды Кузнецкого бассейна. М., Изд-во АН СССР, 1963, 286 с.
- Ершова В.Б., Худoley А.К., Прокопьев А.В.** Реконструкция питающих провинций и тектонических событий в карбоне в северо-восточном обрамлении Сибирской платформы по данным U-Pb датирования обломочных цирконов // Геотектоника, 2013, № 2, с. 32—41.
- Жижина М.С.** Распределение табулят и гелиолитид в карбонатных отложениях ордовика и силура Таймыра // Табулятоморфные кораллы ордовика и силура СССР. М., Наука, 1965а, с. 10—13.
- Жижина М.С.** Табуляты ордовика Таймыра // Уч. зап. НИИГА. Палеонтология и биостратиграфия, 1965б, вып. 10, с. 63—82.

- Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М.** Фанерозойские палинспастические реконструкции территории СССР // Геотектоника, 1987, № 6, с. 3—19.
- Зыков Е.А., Гусев Е.А.** Погребенная палеодолиновая сеть Чукотского шельфа // Проблемы Арктики и Антарктики, 2015, № 3 (105), с. 66—76.
- Иванова В.А.** Класс Crustacea — ракообразные. Отряд Ostracoda — остракоды // Полевой атлас ордовикской и силурийской фауны Сибирской платформы. Л., Госгеолтехиздат, 1955, с. 105—116.
- Иванова В.А.** Новый род *Martinssonopsis* из среднего ордовика Северо-Востока СССР // Палеонтологический журнал, 1963, № 2, с. 54—59.
- Иванова В.А.** Остракоды раннего и среднего ордовика. Подотряд Hollinomorpha // Труды ПИН АН СССР. Т. 172. Новосибирск, Наука, 1979, 216 с.
- Исаев Г.Д.** Кораллы, биостратиграфия и геологические модели палеозоя Западной Сибири. Новосибирск, Академ. изд-во «Гео», 2007, 247 с.
- Каныгин А.В.** Остракоды ордовика горной системы Черского. М., Наука, 1967, 152 с.
- Каныгин А.В.** Остракоды ордовика Чукотского полуострова // Стратиграфия и фауна ордовика и силура Чукотского полуострова. М., Наука, 1977, с. 73—86.
- Каныгин А.В.** Подкласс Ostracoda. Остракоды // Ордовик Сибирской платформы. Палеонтологический атлас. Новосибирск, Наука, 1984, с. 84—94.
- Каныгин А.В., Ядренкина А.Г., Тимохин А.В., Москаленко Т.А., Сычев О.В.** Ордовик Сибирской платформы. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Новосибирск, Академ. изд-во «Гео», 2007, 267 с.
- Каныгин А.В., Ядренкина А.Г., Тимохин А.В., Москаленко Т.А., Гонта Т.В., Степанова Н.И., Сычев О.В., Маслова О.А.** Региональная стратиграфическая схема ордовикских отложений Сибирской платформы (новая версия) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2017, № 5, с. 4—57.
- Каныгин А.В., Гонта Т.В., Тимохин А.В., Маслова О.А.** Хорология и границы Сибирской биогеографической провинции в ордовикском периоде. Материалы LXV сессии Палеонтологического общества. СПб, Изд-во ВСЕГЕИ, 2019, с. 86—105.
- Каныгин А.В., Гонта Т.В., Тимохин А.В.** Пространственное положение Сибирской платформы и кратонных террейнов ее складчатого обрамления в палеозое по палеонтологическим и геологическим данным // Геология и геофизика, 2020а, т. 61 (4), с. 447—467.
- Каныгин А.В., Гонта Т.В., Тимохин А.В.** Происхождение палеозойских террейнов Северо-Восточной Азии: геологические доказательства раскола перикратонной окраины Сибирского палеоконтинента и миграции ее фрагментов // Геология и геофизика, 2020б, т. 61 (11), с. 1459—1475.
- Ким А.И.** О филогенетических отношениях агетолитид и тециид. Табулятоморфные кораллы ордовика и силура СССР. М., Наука, 1965, с. 51—58.
- Клааманн Э.Р.** Позднеордовикские и раннесилурийские Favositida Эстонии. Таллин, Ин-т геологии АН ЭССР, 1964, 110 с.
- Клааманн Э.Р.** Инкоммуникатные табуляты Эстонии. Таллин, Ин-т геологии АН ЭССР, 1966, 87 с.
- Клец А.Г.** Верхний палеозой окраинных морей Ангариды. Новосибирск, Академ. изд-во «Гео», 2005, 240 с.
- Кузнецов В.Г.** Основы общей (теоретической) литологии. М., Изд-во Научный мир, 2011, 357 с.
- Кулаков И.Ю., Гайна К., Добрецов Н.Л., Василевский А.Н., Бушенкова Н.А.** Реконструкции перемещений плит в Арктическом регионе на основе комплексного анализа гравитационных, магнитных и сейсмических аномалий // Геология и геофизика, 2013, т. 54 (8), с. 1108—1125.
- Кутыгин Р.В.** Нижний карбон Восточной Сибири и Верхоянья // Отечественная геология, 2009, № 5, с. 66—74.
- Лапина Н.Н.** Брахиоподы крестяхских конгломератов с устья Лены. Палеонтологический сборник. Л., Гостоптехиздат, 1962, вып. 3, с. 125—142.
- Лисицын А.П.** Осадкообразование в океанах. М., Наука, 1974, 438 с.
- Лисицын А.П.** Процессы океанской седиментации. М., Наука, 1978, 392 с.
- Лисицын А.П.** Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении в морях и океанах. М., Наука, 1988, 309 с.
- Лисицын А.П.** Процессы терригенной седиментации. М., Наука, 1991, 271 с.
- Лисицын А.П.** Маргинальный фильтр океанов // Океанология, 1994, т. 34, № 5, с. 735—747.
- Лунгерсгаузен Г.Ф., Соломина Р.В.** Стратиграфия каменноугольных отложений Северного Хараулаха (низовья р. Лены) // Докл. АН СССР, 1966, т. 168, № 5, с. 1138—1140.
- Матухин Р.Г.** Девон и нижний карбон Сибирской платформы (состав, условия осадконакопления, минерагения). Новосибирск, Наука, 1991, 164 с.

- Матухин Р.Г., Меннер В.Вл.** Девон и нижний карбон северо-запада Сибирской платформы. Новосибирск, Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1974, 129 с.
- Матухин Р.Г., Меннер В.Вл., Соколов П.Н., Решетняк Д.Р.** Стратиграфическая основа девонской системы Сибирской платформы. Новосибирск, СНИИГГиМС, 1995, 82 с.
- Мелжвик А.А.** Молассы в устье Лены // Докл. АН СССР, 1956, т. 108, № 2, с. 317—319.
- Мелжвик А.А.** Стратиграфия Северного Хараулаха // Советская геология, 1958, № 7, с. 43—61.
- Мельникова Л.М.** Остракоды ордовика // Атлас палеозойской фауны Таймыра. Ч. I. Брахиоподы, остракоды, конодонты. СПб, Изд-во СПб картографической фабрики ВСЕГЕИ, 2003, с. 61—96.
- Метелкин Д.В., Верниковский В.А., Казанский А.Ю.** Тектоническая эволюция Сибирского палеоконтинента от неопротерозоя до позднего мела: палеомагнитная запись и реконструкции // Геология и геофизика, 2012, т. 53 (7), с. 883—899.
- Миринова Н.В.** О роде *Gephyropora* Etherige и строения стенок у фавозитид. Табуляты и гелиолитиды палеозоя СССР // Труды II Всесоюзного симпозиума по изучению ископаемых кораллов СССР. Вып. 1. Новосибирск, Наука, 1971, с. 34—35.
- Никишин А.М., Соборнов К.О., Прокопьев А.В., Фролов С.В.** Тектоническая история Сибирской платформы в венде—фанерозое // Вест. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология, 2010, № 1, с. 3-16.
- Океанографическая энциклопедия.** Л., Гидрометеиздат, 1974, 631 с.
- Прокопьев А.В., Ершова В.Б., Миллер Э.Л., Худoley А.К.** Раннекаменноугольная палеогеография северной части Верхоянской пассивной окраины по данным U-Pb датирования обломочных цирконов: роль продуктов размыва Центрально-Азиатского и Таймыро-Североземельского складчатых поясов // Геология и геофизика, 2013, т. 54 (10), с. 1530—1542.
- Прокопьев А.В., Торо Х., Миллер Э.Л.** Позднепалеозойско-мезозойская палеогеография Южного Верхоянья по данным U-Pb датирования обломочных цирконов // Природные ресурсы Арктики и Субарктики, 2018, т. 26, № 4, с. 5—14.
- Путеводитель** экскурсии XIII сессии Научного совета СО АН СССР по тектонике Сибири и Дальнего Востока / Ред. А.Ф. Петров. Якутск, Изд-во Якут. филиала СО АН СССР, 1980, 40 с.
- Сенников Н.В., Хабибулина Р.А., Гонга Т.В., Обут О.Т.** Лито-, биостратиграфия и условия образования базального горизонта верхоянского терригенного комплекса в Северном Хараулахе // Геология и геофизика, 2020, т. 61 (12), с. 1692—1715.
- Смирнова М.А.** Раннедевонские табуляты тарейского опорного разреза // Ученые записки Ленинградского горного института. Палеонтология и стратиграфия. Вып. 22. Л., 1968, с. 56—88.
- Соколов Б.С.** Табуляты палеозоя европейской части СССР. Часть I. Ордовик Западного Урала и Прибалтики. Л., М., 1951а, 131 с. (Тр. ВНИГРИ, вып. 48).
- Соколов Б.С.** Табуляты палеозоя европейской части СССР. Часть II. Силур Прибалтики (фавозитиды лландоверийского яруса). Л., М., 1951б, 124 с. (Тр. ВНИГРИ, вып. 52).
- Соколов Б.С., Тесаков Ю.И.** Табуляты палеозоя Сибири. М., Л., Изд-во АН СССР, 1963, 188 с.
- Стратиграфический словарь СССР.** Кембрий, ордовик, силур, девон / Под ред. Е.И. Заниной, Б.К. Лихарева. Л., Недра, 1975, 622 с.
- Стратиграфический словарь СССР.** Новые стратиграфические подразделения палеозоя СССР / Ред. А.И. Жамойда. Л., Недра, 1991, 555 с.
- Стратиграфия** и фауна ордовикских, силурийских и девонских отложений острова Котельный (Новосибирские острова). Мшанки, брахиоподы, остракоды, граптолиты, конодонты, рыбы / Ред. В.Д. Калинин. СПб, Изд-во ВНИИОкеангеология, 2018, 256 с.
- Стратиграфия СССР.** Девонская система / Под ред. Д.В. Наливкина, М.А. Ржонсницкой, Б.П. Марковского. М., Недра, 1973, кн. 1, 516 с.; кн. 2, 374 с.
- Тарабукин В.П.** Биостратиграфия и конодонты ордовикских отложений северо-востока Азии. Якутск, Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2006, 146 с.
- Тарабукин В.П., Каньгин А.В., Смирнов Д.Л., Павлушин А.Д., Буянкина Л.П.** Находки палеозойских конодонтов в ксенолитах кимберлитовых трубок Сибирской платформы // Геология и геофизика, 1999, т. 40 (6), с. 834—842.
- Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия)** / Под ред. Л.М. Парфенова, М.И. Кузьмина. М., Изд-во МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001, 571 с.
- Тесаков Ю.И., Предтеченский Н.Н., Лопушинская Т.В., Хромых В.Г., Базарова Л.С., Бергер А.Я., Ковалевская Е.О.** Силур Сибирской платформы. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Новосибирск, Академ. изд-во «Гео», 2000, 407 с.
- Тесаков Ю.И., Симонов О.Н., Ковалевская Е.О., Лопушинская Т.В., Базарова Л.С., Бергер А.Я., Дивина Т.А., Москаленко Т.А., Хромых В.Г.** Силур северо-запада Сибирской платформы. Новосибирск, Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2002, 405 с.

Тесаков Ю.И., Каныгин А.В., Ядренкина А.Г., Симонов О.Н., Сычев О.В., Абаимова Г.П., Дивина Т.А., Москаленко Т.А. Ордовик северо-запада Сибирской платформы. Новосибирск, Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2003, 259 с.

Хайзникова К.Б. Биостратиграфия и табуляты биогермных отложений раннего палеозоя, Южное Верхоянье. М., Наука, 1989, 218 с.

Цейслер В.М., Корчуганова Н.И. Эпохи тектонической активизации и стабилизации Сибирской платформы в фанерозое // Изв. вузов. Геология и разведка, 2009, № 4, с. 3—8.

Чернышев Б.Б. Верхнесилурийские и девонские Tabulata Новой Земли, Северной Земли и Таймыра // Труды Арктического ин-та. Палеонтология Советской Арктики. Л., 1937, т. 91, вып. 1, с. 67—134.

Чернышев Б.Б. Силурийские и нижнедевонские кораллы р. Тарей (Юго-Западный Таймыр) // Труды Арктического ин-та. Л., 1941, т. 158, с. 9—64.

Язиков А.Ю., Изох Н.Г., Сараев С.В., Бахарев Н.К., Соболев Е.С., Гонта Т.В. Новые данные по биостратиграфии и седиментологии верхнедевонских отложений о. Столб (дельта р. Лена) // Геология и геофизика, 2013, т. 54 (8), с. 1013—1027.

Aldridge R.J. Llandovery conodonts from the welsh borderland // Bulletin of the British Museum (Natural History). Geology, 1972, v. 22 (2), p. 125—231.

Aldridge R.J. Conodonts of the Silurian System from the British Isles // A stratigraphic index of conodonts / Eds. A.C. Higgins, R.L. Austin. Ellis Horwood, Chichester, 1985, p. 68—94.

Beranek L.P., van Staal C.R., McClelland W.C., Israel S., Mihalynuk M.G. Detrital zircon Hf isotopic compositions indicate a northern Caledonian connection for the Alexander terrane // Lithosphere, 2012, v. 5 (2), p. 163—168.

Bischoff G.C.O. Early and middle Silurian conodonts from Midwestern New South Wales // Courier Forschungsinstitut Senckenberg, 1986, v. 89, p. 1—337.

Blodgett R., Rohr D.M., Boucot A.J. Paleozoic links among some Alaskan accreted terranes and Siberia based on megafossils // Geol. Soc. Am., Spec. Pap. 360, 2002, p. 273—290.

Blodgett R., Boucot A.J., Rohr D.M., Pedder A.E.H. The Alexander terrane of Alaska — a displaced fragment of Northeast Russia? Evidence from Silurian-Middle Devonian megafossils and stratigraphy // Mem. Assoc. Australas. Palaeontol., 2010, v. 39, p. 3123—339.

Branson E.B., Mehl M.G. Conodonts from the Bainbridge (Silurian) of Missouri // Univ. Mo. Stud. Columbia, 1933, v. 8, p. 39—52.

Cheng-Yuan W., Aldridge R.J. Silurian conodonts from the Yangtze Platform, south China // Special Papers in Paleontology, 2010, v. 83, 136 p.

Cockle P. Conodont data in relation to time, space and environmental relationships in the Siluria (Late Llandovery-Ludlow) succession at Boree Creek (New South Wales, Australia) // Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, 1999, v. 54, p. 107—133.

Dumoulin J.A., Harris A.G., Gagiev M., Bradley D.C., Repetski J.E. Lithostratigraphic, conodont, and other faunal links between lower Paleozoic strata in northern and central Alaska and northeastern Russia // Geol. Soc. Am., Spec. Pap. 360, 2002, p. 291—312.

Ershova V.B., Khudoley A.K., Prokopiev A.V. Early Visean paleogeography of northern Siberia: New evidence of rift to drift transition along the eastern margin of Siberia // J. Asian Earth Sci., 2014, v. 91, p. 206—217.

Ershova V.B., Prokopiev A.V., Khudoley A.K. Integrated provenance analysis of Carboniferous deposits from Northeastern Siberia: Implication for the late Paleozoic history of the Arctic // J. Asian Earth Sci., 2015, v. 109, p. 38—49.

Golonka J., Gaweda A. Plate tectonic evolution of the southern margin of Laurussia in the Paleozoic // Tectonic—recent advances. Chapter 10. Intech. Open Science. Open minds, 2012, p. 261—282.

Gradstein F.M., Ogg J.G., Smith A.G., Ogg G.M. The Geologic Time Scale 2020. Elsevier, 2020, v. 2, p. 563—1357.

Mannik P. Conodonts in the Silurian of Severnaya Zemlya and Sedov archipelagos (Russia), with special reference to the genus *Ozarkodina* Barnson & Mehl, 1933 // Geodiversitas, 2002, v. 24 (1), p. 77—97.

Mannik P. An updated Telychian (Late Llandovery, Silurian) conodont zonation based on Baltic faunas // Lethaia, 2007, v. 40, p. 45—60.

Mannik P. Conodont dating of some Telychian (Silurian) sections in Estonia // Estonian J. Earth Sci., 2008, v. 57 (3), p. 156—169.

Metelkin D.V., Vernikovskiy V.A., Kazansky A.Yu., Bogolepova O.K., Gubanov A.P. Paleozoic history of the Kara microcontinent and its relation to Siberia and Baltica: paleomagnetism, paleogeography and tectonics // Tectonophysics, 2005, v. 398, p. 225—243.

Niko Sh., Ibaraki Yo., Tazawa J. Devonian tabulate corals from pebbles in Mesozoic conglomerate, Kotaki, Niigata Prefecture, central Japan. Part 1: Favositina // Science reports of Niigata University (Geology), 2014, № 29, p. 53—66.

Niko Sh., Ibaraki Yo., Tazawa J. Devonian tabulate corals from pebbles in Mesozoic conglomerate, Kotaki, Niigata Prefecture, central Japan // Science reports of Niigata University (Geology), 2016, № 31, p. 1—6.

Pease V.L., Kuzmichev A.B., Danukalova M.K. The New Siberian Islands and evidence for the continuation of the Uralides, Arctic Russia // J. Geol. Soc., 2015, v. 172, p. 1—4.

Pollock C.A., Rexroad C.B., Nicoll R.S. Lower Silurian conodonts from Northern Michigan and Ontario // J. Paleontol., 1970, v. 44 (4), p. 743—764.

Pyle L.J., Barnes C.R. Conodonts from a platform-to-basin transect, Lower Ordovician to Lower Silurian, Northeastern British Columbia, Canada // J. Paleontol., 2003, v. 77 (1), p. 146—171.

Rasmussen Ch.M.Ø., Harper D.A.T. Did the amalgamation of continents drive the end Ordovician mass extinctions? // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 2011, v. 311, p. 48—62.

Rexroad C.B., Craig W.W. Restudy of conodonts from the Bainbridge Formation (Silurian) at Lithium, Missouri // J. Paleontol., 1971, v. 45 (4), p. 684—703.

Sengör A.M.C., Natal'in B.A. Paleotectonics of Asia: Fragments of a synthesis // The tectonic evolution of Asia / Eds. A. Yin, M. Harrison. Cambridge, Cambridge University Press, Rubey Colloquium, 1996, p. 486—640.

Sobolevskaya R.F., Nekhorosheva L.V. Ordovician deposits of Kotelny Island (New Siberian Islands) // 13th International Symposium on the Ordovician System: Contributions of International Symposium. Novosibirsk, Russia (July 19—22, 2019) / Eds. O.T. Obut, N.V. Sennikov. Novosibirsk, Publishing House of SB RAS, 2019, p. 193—196.

Sweet W.C., Schonlaub H.P. Conodonts of the genus *Oulodus* Branson & Mehl, 1933 // Geol. Palaeontol., 1975, v. 9, p. 41—59.

Tolmacheva T.Yu., Dronov A.V., Alekseev A.S. Biogeography of Ordovician conodonts in the Russian Arctic and its implication for paleogeography // 13th International Symposium on the Ordovician System: Contributions of International Symposium. Novosibirsk, Russia (July 19—22, 2019) / Eds. O.T. Obut, N.V. Sennikov. Novosibirsk, Publishing House of SB RAS, 2019, p. 207—210.

Torsvik T.H., Cocks R.M. Earth history and palaeogeography. Cambridge and New York, Cambridge University Press, 2017, 317 p.

Zhang S., Barnes C.R. A new Llandovery (Early Silurian) conodont biozonation and conodonts from the Becscie, Merrimack, and Gun River formations, Anticosti Island, Quebec // J. Paleontol., 2002, v. 76 (S57), 46 p.

Zhang S., Barnes C.R. Late Ordovician to Early Silurian conodont faunas from the Kolyma Terrane, Omulev Mountains, northeast Russia, and their paleobiogeographic affinity // J. Paleontol., 2007, v. 81 (3), p. 490—512.

Поступила в редакцию 28 июля 2021 г.,
принята в печать 21 октября 2021 г.