СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА

Геология и геофизика, 2017, т. 58, № 6, с. 880—899

СТРАТИГРАФИЯ

УДК 551.733(571.1)

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ АЛТАЙСКИХ СРЕДНЕОРДОВИКСКИХ КОМПЛЕКСОВ ГРАПТОЛИТОВ И ТРИЛОБИТОВ ПО ГЛУБИНАМ ОБИТАНИЯ

Н.В. Сенников[1,2], А.В. Тимохин[1], Е.В. Лыкова[1]

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

[2] *Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, Россия*

Проведен биостратиграфический анализ среднеордовикских отложений в опорных разрезах северо-восточной части Горного Алтая. Изучены комплексы пелагических граптолитов и бентосных трилобитов в тулойской и карасинской свитах дапинско-дарривильского стратиграфического интервала. Впервые для сибирских палеозойских седиментационных бассейнов проведено лито- и биофациальное изучение осадочных последовательностей и палеобиот для оценки глубин шельфового бассейна и удаленности отдельных частей его палеоакватории от берега, основанное на анализе литологии, мощностей образований и составе комплексов пелагических организмов – граптолитов, плотностях их палеопопуляций и таксонах-доминантах. Оценены возможности биоиндикаторных свойств бентосных трилобитовых палеосообществ.

Ордовик, граптолиты, трилобиты, био- и литофациальный анализы, глубины палеобассейна, Горный Алтай.

DEPTH DIFFERENTIATION OF THE MIDDLE ORDOVICIAN GRAPTOLITE AND TRILOBITE COMPLEXES OF GORNY ALTAI

N.V. Sennikov, A.V. Timokhin, and E.V. Lykova

A biostratigraphic analysis of the Middle Ordovician reference sections of northeastern Gorny Altai is carried out. We study complexes of pelagic graptolites and benthic trilobites from the Dapingian–Darriwilian Tuloi and Karasu Formations. For the first time for the Late Paleozoic sedimentary basins of Siberia, lithofacies and biofacies analyses of the sedimentary successions and associated paleobiota are applied to estimation of the depths of the shelf basin and the remoteness of its particular parts from the shoreline. Proposed reconstructions are based on a complex analysis of the lithology and thickness of the successions and on the structure of associated complexes of pelagic organisms, graptolites (including evaluation of the population density and dominating taxa). Herein we appraise the bioindicator potential of the benthic trilobite paleocommunities.

Ordovician, graptolites, trilobites, biofacies and lithofacies analyses, paleobasin depths, Gorny Altai

ВВЕДЕНИЕ

Возникновение, эволюция и фациальная приуроченность пелагических и бентосных палеозойских биот относятся к числу наиболее дискуссионных научных вопросов. Прежде всего привлекает внимание возможность оценки влияния биотических и абиотических факторов на таксономическое разнообразие палеозойских сообществ организмов на самых ранних этапах их эволюции в кембрийское и ордовикское время.

Дифференцированные как по типам седиментации, так и по глубинам палеобассейнов бентосные сообщества впервые проявились в кембрии [Landing et al., 2013] и окончательно сформировались в средине ордовика после крупнейшей в фанерозое вспышки таксономического разнообразия — события «Великой ордовикской биодиверсификации» [The Great…, 2004]. Дифференциация по глубинам отдельных групп таксонов пелагических организмов, например, конодонтов [Дубинина, 2000; Толмачева,

© Н.В. Сенников✉, А.В. Тимохин, Е.В. Лыкова, 2017
✉e-mail: Sennikovnv@ipgg.sbras.ru
DOI: 10.15372/GiG20170605

2014] и граптолитов [Berry, 1977; Kaljo, 1978; Erdtmann, 1986; Cooper et al., 1991; и др.], также впервые отмечается уже в позднем кембрии для первой группы и в раннем—среднем ордовике для второй.

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Биофациальный анализ палеозойских осадочных бассейнов широко применяется с использованием бентосных групп фауны. Наиболее многочисленны работы по приуроченности определенных комплексов и таксонов бентосных фаунистических групп к типу осадков, на которых они обитали. В большинстве работ такие закономерности проводятся в обобщенном виде: для карбонатного, терригенного или смешанного терригенно-карбонатного типов субстрата. Значительно реже биофациальный анализ бентосных сообществ употребляется при реконструкциях глубин палеобассейнов. В качестве примера для ордовикско-силурийского стратиграфического интервала можно упомянуть исследования бентосных брахиоподовых сообществ в качестве биоиндикаторов с делением обстановок осадконакопления по приуроченности отдельных родовых таксонов на глубоководные и мелководные [Watkins, Boucot, 1975; Johnson et al., 1981].

Термин «биоиндикаторная оценка» авторы настоящей статьи понимают как реконструкцию обстановок седиментации, включая глубины их формирования в отдельных частях акватории палеобассейна с использованием наряду с литологическими параметрами комплекса сведений по органическим остаткам — по таксономическому составу комплексов (разнообразие, доминанты, стенофациальные, в том числе стенобатные формы), по сохранности скелетов, по плотности палеопопуляций отдельных таксонов и др. Авторы настоящей статьи ранее проводили исследования по комплексному анализу биотических и литологических компонентов кембрийских и ордовикских Алтайских бассейнов с кремнистой и кремнисто-терригенной седиментацией [Сенников и др., 2011]. В настоящей статье такие оценки палеоглубин рассчитываются для фациальных обстановок крупной части шельфовой акватории Алтайского ордовикского бассейна с терригенной седиментацией. Следует заранее подчеркнуть, что абсолютные глубины палеобассейна реконструируются (рассчитываются) с определенной долей условности для соизмерения относительных определений. Для шельфовых акваторий Алтайского ордовикского бассейна приняты следующие соотношения относительных и абсолютных параметров: значительные шельфовые глубины — более 200 м, глубоководные шельфовые обстановки — 150—200 м, наименее глубоководные шельфовые обстановки — 100—150 м, шельфовые обстановки средних глубин — 50—100 м, мелководные шельфовые обстановки — 10—50 м, крайне мелководные шельфовые обстановки — 5—10 м, прибрежные обстановки — до 5 м.

Ордовикские сессильные бентосные сообщества в различных регионах Сибири, как правило, приурочены к фациям относительно мелководного шельфа, о чем свидетельствуют различные палеоэкологические (ихнофоссилии, сортировка и степень разрушенности раковин и панцирей, структура выборок по возрастным стадиям и т.д.) и седиментационные (следы размывов, присутствие карбонатных пород, в том числе рифогенных, контрастная смена литологических слоев и др.) характеристики вмещающих их отложений. В основном среднемелководные палеосообщества сессильных групп организмов (трилобиты, брахиоподы и др.) представлены различными родовыми и многочисленными видовыми таксономи, нередко эндемичными для всего палеобассейна или для его какой-то части.

Таксономический состав «немелководных шельфовых» (= «относительно глубоководных шельфовых») алтайских ордовикских бентосных трилобитовых и брахиоподовых сообществ, приуроченных к тонкотерригенным обстановкам седиментации, отличается от их мелководных сообществ, развивавшихся обычно на карбонатном и терригенно-карбонатном субстрате. Эти отличия прежде всего проявляются в меньшем разнообразии таксонов и в наличии специфических таксонов [Петрунина, 1966; Кульков и др., 1985; Розова и др., 1985; Кульков, Севергина, 1989].

Для трилобитовых сообществ сведения о приуроченности к определенному типу осадков, о степени уплотненности и способности взмучивания (консистенции) таких осадков и об относительных глубинах палеобассейнов содержатся, в том числе в фундаментальных сводках [Основы…, 1960; Treatise, 1997]. Также имеются публикации и по биоиндикаторной оценке условий седиментации в палеобассейне, базирующиеся на анализе таксономического состава комплексов трилобитов [Ingham, Tripp, 1991; и др.]. Кроме того, следует отметить исследования по выделению ордовикских трилобитовых таксонов с биотопической приуроченностью существования на участках дна палеобассейна с определенными глубинами – стенобатные биоиндикаторы. В работе, посвященной изучению закономерностей распределения трилобитовых сообществ в ордовикском бассейне с карбонатной седиментацией [Zhiyi et al., 2003], были выявлены закономерности приуроченности отдельных родовых таксонов к четырем биотопическим зонам с глубинами 0—80, 80—110, 110—130 и 130—200 м. При этом ряд родов трилобитов существовал исключительно в одной из перечисленных зон, а другие рода, встречаясь в нескольких зонах, в одной из таких зон имели максимальную плотность палеопопуляций.

В последние годы в качестве биомаркеров обстановок осадконакопления стали использовать различные пелагические группы фауны – радиолярии, граптолиты, конодонты [Дубинина, 2000; Афанасьева и др., 2005; Сенников и др., 2011; Толмачева, 2014; и др.]. В литературе имеются многочисленные предположения о возможностях оценок по составу и структурам граптолитовых сообществ глубин палеобассейнов и относительной близости или удаленности береговой линии [Berry, Boucot, 1972; Berry, 1974, 1977; Erdtmann, 1976, 1982, 1986; Watkins, Berry, 1977; Kaljo, 1978; Erdtmann, Comeau, 1980, Erdtmann, Miller, 1981; Finney, 1984; Lenz, Chen Xu, 1985; Chen Xu, 1990; Cooper et al., 1991; Nielsen, 1992; Storch, 1998; Cooper, 1998; Gutierrez-Marco, 2009].

В качестве «граптолитовых» биотических индикаторов определения близости и удаленности от берега палеобассейна отмечались [Storch, 1998] следующие параметры: а) для зоны вблизи береговой полосы – низкая численность (плотность популяций) колоний и низкое таксономическое разнообразие; б) для зоны средней удаленности от берега палеобассейна – средняя и высокая численность экземпляров колоний и среднее таксономическое разнообразие; в) значительная удаленность от берега палеобассейна – максимальная численность колоний и максимальное таксономическое разнообразие.

Среди видовых биоиндикаторов «глубоководности» палеосообществ граптолитов ранее [Nielsen, 1992; Cooper, 1998] указывались следующие таксоны: а) малые и средние глубины палеоакваторий обитания от 10—50 до 100—150 м — *Hustedograptus teretiusculus* (His.), *Pseudotrigonograptus ensiformis* (Hall), *Reteograptus geinitzianus* (Hall), *Tetragraptus* Salter, а также многочисленные дидимограптины — *Didymograptus* McCoy, *Acrograptus* Tzaj, *Corymbograptus* Obut et Sob., *Expansograptus* (Boucek et Pribyl); б) большие и значительные глубины палеоакваторий обитания от 100—150 до 1000 м — группа *Parisograptus caduceus* (Salter), рода *Pseudisograptus* Beavis, *Pterograptus* Holm, *Goniograptus* McCoy. Происходит переоценка и уточнение биомаркерной роли отдельных родов. Так, ранее считалось [Nielsen, 1992], что *Phyllograptus* Hall и *Pseudophyllograptus* Cooper et Fortey отвечают относительно глубоководным обстановкам, позднее [Cooper, 1998] эти таксоны отнесли к биоиндикаторам средних глубин палеобассейнов.

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ И НОВЫЕ СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Наиболее представительные по численности экземпляров и таксономически разнообразные коллекции граптолитов и трилобитов верхов нижнего и среднего ордовика собраны в разрезах северо-восточной части Горного Алтая (Уйменско-Лебедская фациальная зона) (рис. 1). Менее богатым таксономическим разнообразием комплексов граптолитов и трилобитов верхов нижнего и среднего ордовика характеризуются разрезы в западной части Горного Алтая (Чарышско-Инская, Локтевско-Батунская, Суеткинско-Куйбышевская и Миловановская фациальные зоны). В центральной части Горного Алтая граптолиты рассматриваемого стратиграфического интервала отсутствуют, а трилобиты встречаются в единичных местонахождениях.

В Уйменско-Лебедской фациальной зоне Горного Алтая (см. рис. 1) ордовикские отложения достаточно хорошо изучены в биостратиграфическом и палеонтологическом аспектах. До недавнего времени опорными для стратиграфии считались и неоднократно исследовались разрезы Лебедь в нижнем течении одноименной реки и Тулой в нижнем течении одноименной реки [Сенников, 1962, 1977; Кривчиков и др., 1976; Андреева, 1982, 1985; Петрунина и др., 1984; Обут, Сенников, 1984; Севергина, 1984; Кульков, Севергина, 1989; Мельникова, 2010, 2011]. Недавно были опубликованы материалы по ордовикскому разрезу Придорожный [Буколова, 2011], позволившие существенно уточнить биостратиграфию рассматриваемого района. И наконец, материалы по новому ордовикскому разрезу

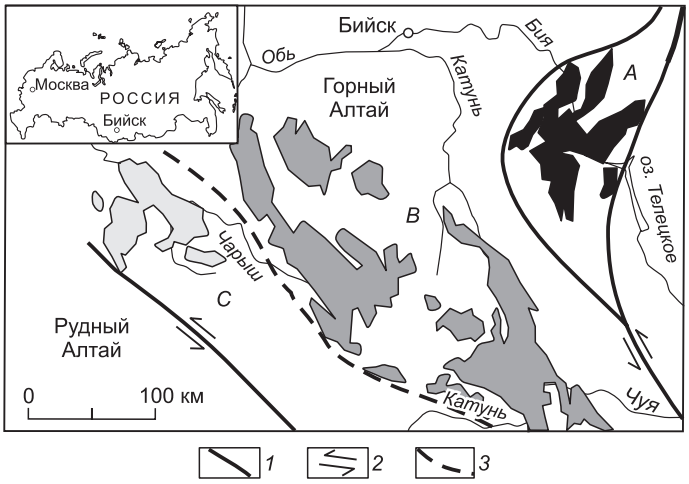

Рис. 1. Схема расположения основных полей выходов ордовикских отложений на Горном Алтая.

1 — глубинные разломы, ограничения крупнейших региональных блоков, *2* — зоны главных сдвигов, *3* — граница между фациальными зонами, *A*—*C* — распространение ордовикских отложений в различных частях региона (*A* — северо-восточная часть: Уйменско-Лебедская фациальная зона, *B* — центральная часть: Ануйско-Чуйская и Талицкая фациальные зоны, *C* — западная часть: Чарышско-Инская, Локтевско-Батунская, Суеткинско-Куйбышевская и Миловановская фациальные зоны).

Юрок, приведенные ниже, вместе с данными по разрезам Лебедь, Тулой и Придорожный позволили впервые для ордовикских отложений Сибири применить методику биоиндикаторной оценки глубин формирования терригенных образований по таксономическим и плотностно-популяционным характеристикам пелагической (граптолиты) и бентосной (трилобиты) группам фауны, используя такие данные совместно с литологическим анализом отложений и анализом их мощностей.

Новый разрез Юрок был изучен в 2011—2015 гг. Он располагается на обочине автодороги пос. Турочак — пос. Артыбаш в 240 м на север от моста через ручей Юрок (правый приток р. Бия). Разрез при вертикальном падении слоев наращивается снизу вверх стратиграфически в сторону оз. Телецкое. Вдоль дороги продолжительность обнажения составляет более 50 м. В разрезе вскрываются отложения, относящиеся к верхней части тулойской свиты и к карасинской свите. Среди фаунистических остатков там обнаружены граптолиты, трилобиты, филлокариды, гастроподы, брахиоподы, остракоды, мшанки, двустворки, иглокожие и наутилоидеи. В разрезе Юрок наблюдается следующая стратиграфическая последовательность (рис. 2):

Мощность, м

1. Аргиллиты глинистые, рассыпающиеся на столбчатые обломки, табачно-темно-серые. На десяти стратиграфических уровнях в пачке найдены граптолиты, трилобиты, филлокариды, гастроподы, брахиоподы, остракоды, мшанки и наутилоидеи…… более 15

2. Аргиллиты глинистые, табачно-серые и серовато-табачные. На четырех стратиграфических уровнях обнаружены фаунистические остатки — граптолиты, трилобиты, филлокариды, гастроподы, брахиоподы, двустворки и наутилоидеи…… 6.5

3. Чередование: а) алевролитов табачно-серых, б) аргиллитов глинистых желтовато-табачно-серых, в) песчаников мелкозернистых, хорошо окатанных, хорошо сортированных, светло-желтовато-табачных. Слои алевролитов мощностью 30—50 см, слои аргиллитов 10—100 см, слои песчаников 5—10 см. На трех стратиграфических уровнях встречены трилобиты, остракоды, мшанки и наутилоидеи …… 3.0

4. Аргиллиты глинистые, волнисто-слоистые, комковатые, рассыпающиеся на столбчатые обломки, табачно-серые. Наблюдаются редкие подводно-оползневые структуры («закрутыши») диаметром 40—50 см. На пяти стратиграфических уровнях собраны граптолиты, трилобиты брахиоподы, остракоды и наутилоидеи …… 8.5

5. Аргиллиты глинистые, массивно-слоистые, рассыпающиеся на мелкие слои, табачно-серого цвета. В нижней части пачки наблюдаются единичные «закрутыши» диаметром 40—50 см. На шести стратиграфических уровнях установлены граптолиты, трилобиты, брахиоподы, остракоды и наутилоидеи …… не менее 30

Приведенный разрез вдоль автодороги может быть надстроен (с частичным повторением 5-й пачки) по правому борту р. Бия в обнажении, вскрывающемся под откосом автодороги. Эта дополнительная часть разреза расположена в 100 м ниже по течению р. Бия от устья руч. Юрок, не доходя 50—80 м до «обрыва-притора». Там наблюдаются глинистые аргиллиты светло-табачного и желтовато-табачного цвета (точки С-1116-а, -б, -в). Они по простиранию наращивают 5-ю пачку разреза Юрок.

Дополнительно к приведенному на рис. 2 списку таксонов граптолитов разреза Юрок следует отметить, что в основной части разреза вдоль автодороги, в интервале 2—4-й его пачек, в осыпи, в «закрутышах», сложенных алевропесчаниками, найдены представители граптолитовых родов *Isograptus* Moberg, *Pseudisograptus* Beavis и *Parisograptus* Chen et Zhang. Такие алевропесчаники со сходным комплексом граптолитов известны в разрезе Тулой [Sennikov et al., 2008].

Стратиграфический интервал разреза Юрок расчленен на ряд граптолитовых зон (см. рис. 2, 3). Условно, непосредственно над уровнем находки граптолитов *Pseudophyllograptus angustifolius angustifolius* (Hall) в 18 м ниже кровли первой пачки в разрезе Юрок проводится верхняя граница граптолитовой зоны angustifolius elongatus. Появление в разрезе граптолитового таксона *Undulograptus sinodentatus* (Mu et Lee) в 8.5 м ниже кровли первой пачки маркирует нижнюю границу верхней подзоны sinodentatus граптолитовой зоны hirundo.

Вид граптолитов *Undulograptus paradoxus* (Boucek) встречается в Казахстане в копалинском горизонте, в основании которого найден вид *Expansograptus balhaschensis* (Keller) [Келлер, 1956]. На Горном Алтае выделяется граптолитовая зона balhaschensis/kirgisicus, что позволяет по появлению в разрезе Юрок вида *Und. paradoxus* (Boucek) в одном метре ниже кровли 2-й пачки проводить нижнюю границу этой зоны.

По находке зонального вида-индекса *Hustedograptus teretiusculus* (His.) в основании 4-й пачки в разрезе Юрок проведена нижняя граница граптолитовой зоны teretiusculus.

В разрезе Юрок в обеих свитах (тулойской и карасинской) определен достаточно представительный комплекс трилобитов — *Cybelurus altaicus* Levit., *Lonchodomas rostratus* (Sars), *Raymondaspis* sp., *Paracybeloides* (?) sp., *Robergia sparsa* Nikolaisen, *Megistaspis (M.) polyphemus* Brogger, *Carolinites* sp., *Niobe* sp.

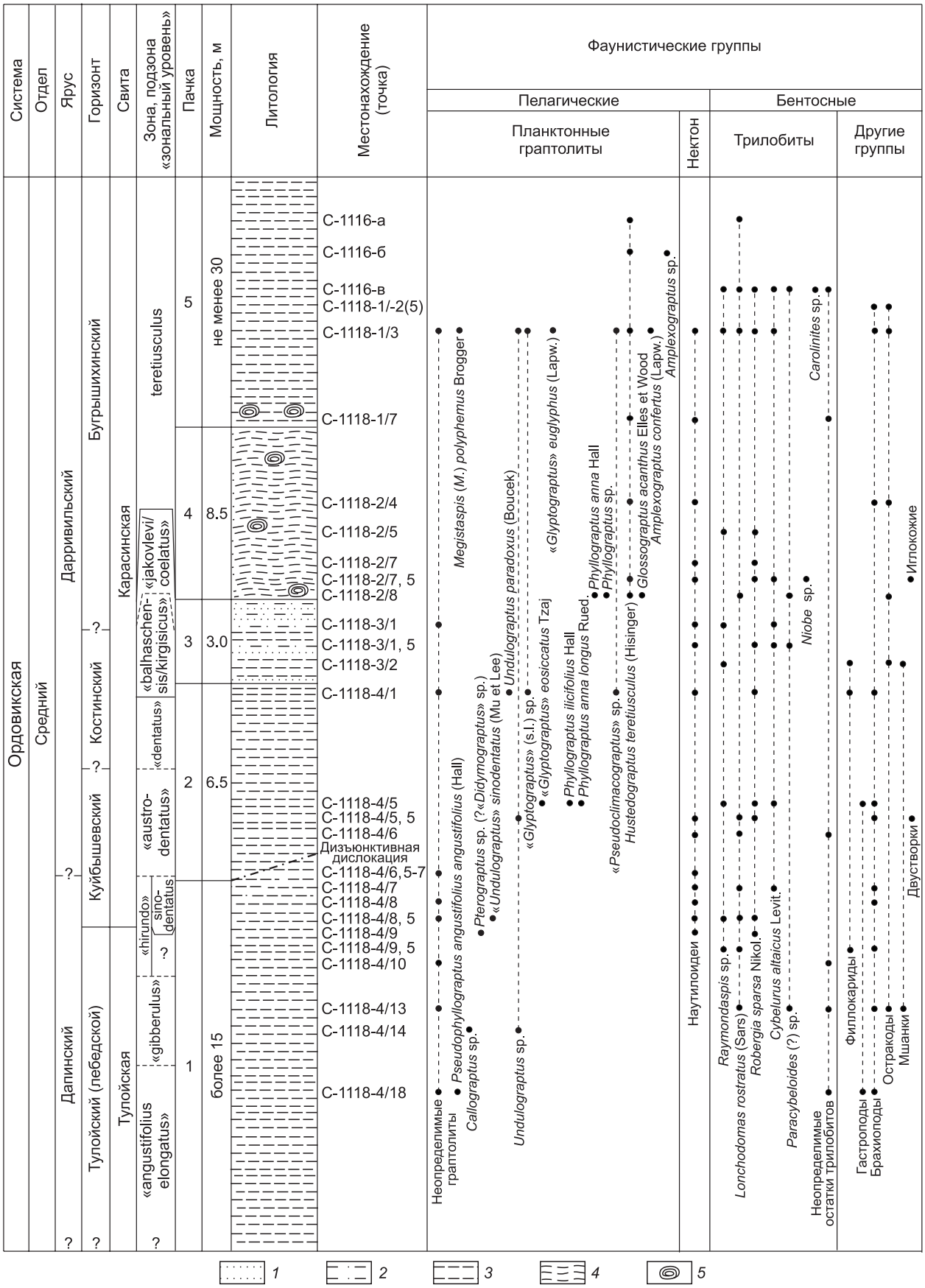

Рис. 2. Литологическая колонка и распространение фауны в разрезе Юрок.

1 — песчаники, *2* — алевролиты, *3* — аргиллиты, *4* — аргиллиты со следами оползания, *5* — «закрутыши».

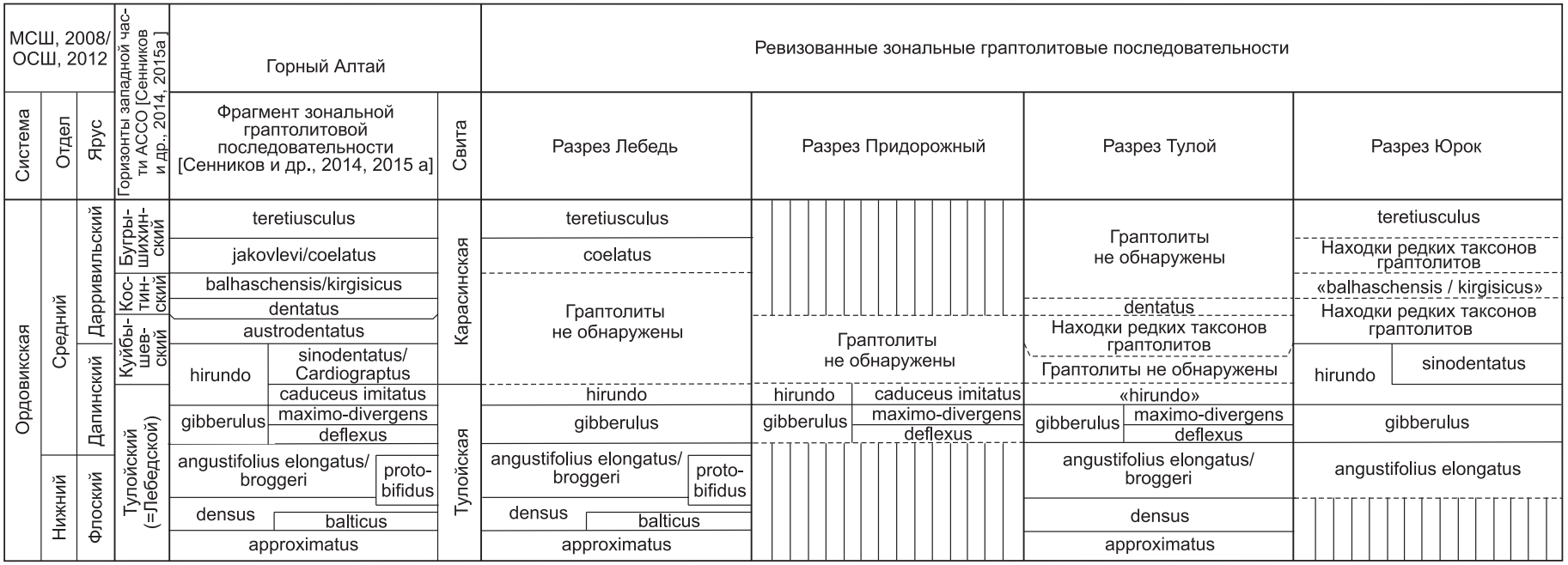

Рис. 3. Схема сопоставления зональных последовательностей изученных разрезов в Уйменско-Лебедской зоне с региональной зональной граптолитовой последовательностью нижнего (без тремадока) и среднего ордовика Горного Алтая.

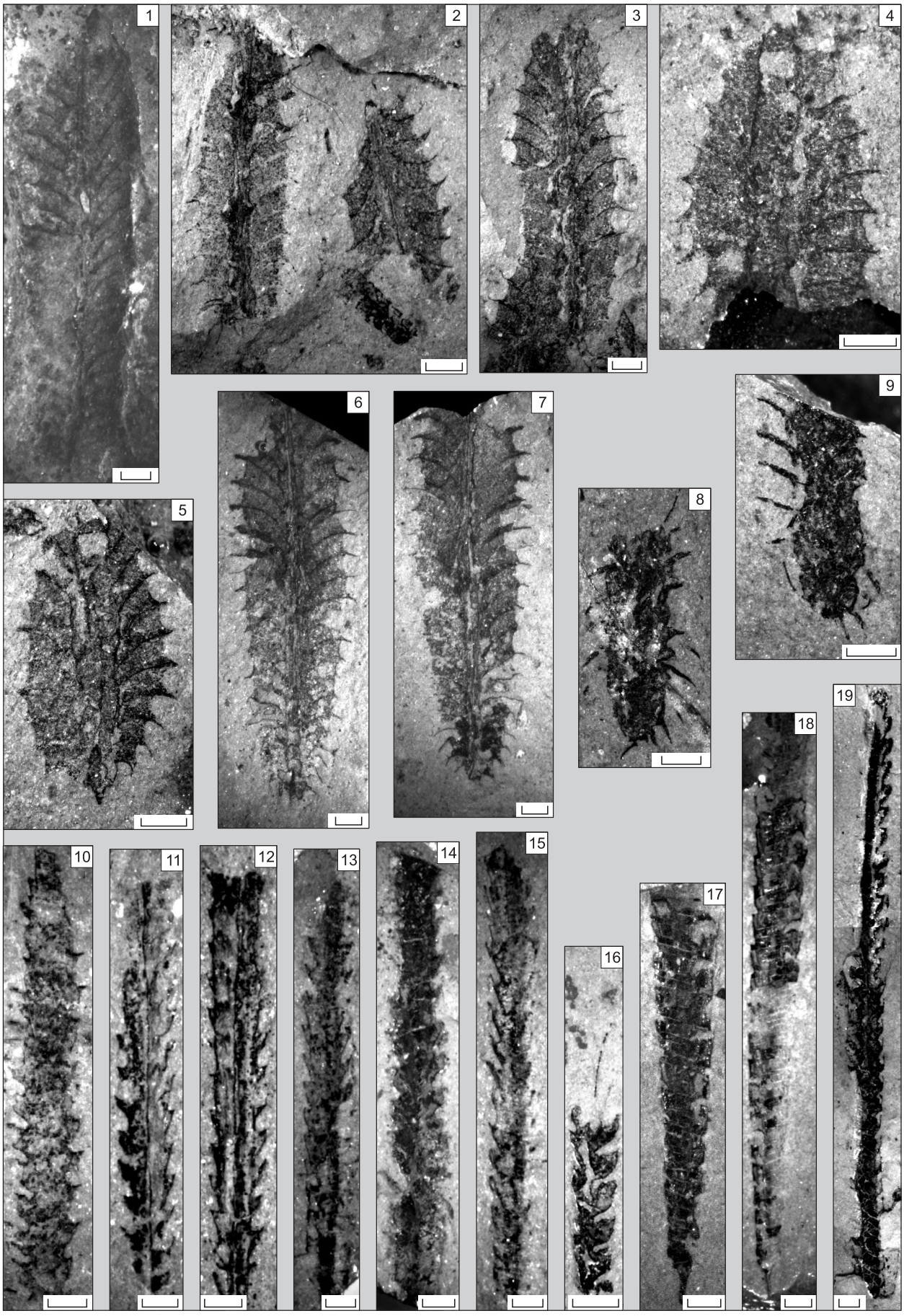
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19

Рис. 4. Граптолиты тулойской и карасинской свит разреза Юрок.

Фиг. 1—3 — *Phyllograptus ilicifolius* Hall; фиг. 4, 5 — *Phyllograptus anna longus* Ruedemann; фиг. 6, 7 — *Pseudophyllograptus angustifolius angustifolius* (Hall); фиг. 8, 9 — *Glossograptus acanthus* Elles et Wood; фиг. 10—15 — *Hustedograptus teretiusculus* (Hisinger); фиг. 16 — *Undulograptus* sp.; фиг. 17, 18 — *Undulograptus paradoxus* (Boucek); фиг. 19 — «*Glyptograptus*» *euglyphus* (Lapworth).
Фиг. 1—5 — точка С-1118-4/5; фиг. 6, 7 — точка С-1118-4/18; фиг. 8, 9 — точка С-1118-2/8; фиг. 10 — точка С-1118-2/4; фиг. 11—16, 19 — точка С-1118-1/3; фиг. 17, 18 — точка С-1118-4/1.
Масштабная линейка — 1 мм.

Так как в разрезе Юрок граница между тулойской и карасинской свитами проходит в фациально относительно однородных породах, то комплексы трилобитов встречаются как в самых верхах тулойской свиты, так и в самых низах карасинской свиты. В других разрезах на Горном Алтае трилобиты в самых низах карасинской свиты практически отсутствуют, так как в таких разрезах (в том числе в стратотипах обеих свит на р. Тулой и в их парастратотипах на р. Лебедь) самые нижние части карасинской свиты представлены средне- и крупнозернистыми песчаниками, практически лишенными органических остатков. Кроме того, следует отметить, что граница тулойской и карасинской свит совпадает с границей тулойского и куйбышевского горизонтов региональной стратиграфической схемы ордовика западной части Алтае-Саянской складчатой области [Сенников и др., 2014]. И если для верхней части тулойского горизонта был известен достаточно представительный комплекс трилобитов из разрезов различных свит Горного Алтая и Салаира, то для куйбышевского горизонта такие данные были крайне скудными. По материалам разреза Юрок комплекс трилобитов в составе *Cybelurus altaicus* Levit., *Lonchodomas rostratus* (Sars), *Raymondaspis* sp., *Robergia sparsa* Nikol. можно считать характерным комплексом для куйбышевского горизонта ордовика западной части Алтае-Саянской складчатой области.

ЗОНАЛЬНЫЕ ГРАПТОЛИТОВЫЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ В ОПОРНЫХ РАЗРЕЗАХ НИЖНЕГО И СРЕДНЕГО ОРДОВИКА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ГОРНОГО АЛТАЯ

В разрезах Лебедь, Придорожный, Тулой и Юрок по граптолитам можно выделить последовательность зональных подразделений (см. рис. 3). На уровне зон austrodentatus и dentatus в разрезе Юрок встречаются «проходящие» таксоны широкого стратиграфического распространения. Другие зональные интервалы содержат в составе комплексов виды-индексы зон (и подзон) или другие виды, первое появление которых может маркировать нижнюю границу зонального подразделения (рис. 4). Обращает на себя внимание следующий факт – практически полное отсутствие граптолитов в разрезах Лебедь, Придорожный и Тулой на уровне верхов дапина — низов дарривила. На Горном Алтае находки граптолитов этого стратиграфического уровня, кроме разреза Юрок (Уйменско-Лебедская фациальная зона) ранее отмечались для северо-западной части региона – разрез Маралиха в Суеткинско-Куйбышевской фациальной зоне [Сенников и др., 2014].

АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИЗУЧЕННЫХ ТРИЛОБИТОВ РАЗРЕЗОВ ЮРОК И ТУЛОЙ

Наиболее стратиграфически ценным для корреляций и определения возраста вмещающих отложений из перечисленных таксонов трилобитов разреза Юрок является вид *Cybelurus altaicus* Levit. (рис. 5). Этот таксон был впервые выделен в материале из стратотипа бугрышихинской свиты (= стратотип бугрышихинского горизонта) в западной части Горного Алтая (Чарышско-Инская фациальная зона) у пос. Бугрышиха (разрезы Бугрышиха, Гора Алтай) стратиграфически совместно с верхнедарривильскими граптолитами зоны teretiusculus [Левицкий, 1963; Sennikov et al., 2008]. В той же части Алтая у бывшего пос. Батун (Локтевско-Батунская фациальная зона) этот трилобитовый видовой таксон встречается в воскресенской свите, составляющей там стратотип костинского горизонта [Левицкий, 1962, 1963; Перфильев, Левицкий, 1963; Сенников, 1977; Сенников и др., 1982, 2014, 2015а]. Вид *Cybelurus altaicus* Levit. найден в разрезе Батун совместно с граптолитами среднего—верхнего дарривилиана (зоны dentatus и balhaschensis). Сводный трилобитовый комплекс бугрышихинского и батунского участков, сопровождающий *Cybelurus altaicus* Levit., представлен следующим набором таксонов: *Cybelurus planus* Levit., *Cybelurus batunensis* Levit., *Aksanatella altaica* Petrun., *Aksanatella bugryshichica* Petrun., *Eorobergia ojrotica* Levit., *Raymondaspis communis* Levit., *Ceraurinus abnormalis* Levit., *Ceraurinella* cf. *frequens* Tschug., *Bijacybele* cf. *strigosa* Petrun., *Lonchodomas communis* Levit., *Bathyurellus nonnulus* Tschug., *Pliomera fischeri asiatica* Tschug., *Pliomerellus amplissimus* Petrun., *Pliomerellus* cf. *jacuticus* Tschug., *Kolymella* aff. *plana* (Tschug.), *Glaphurus altaicus* Weber, *Homotelus* sp., *Carrickia* sp., *Carolinites* sp., *Nileus* sp.

В северо-восточной части Горного Алтая (Уйменско-Лебедская фациальная зона) вид *Cybelurus altaicus* Levit. был определен в разрезе Тулой [Андреева, 1985] в карасинской свите, по современным

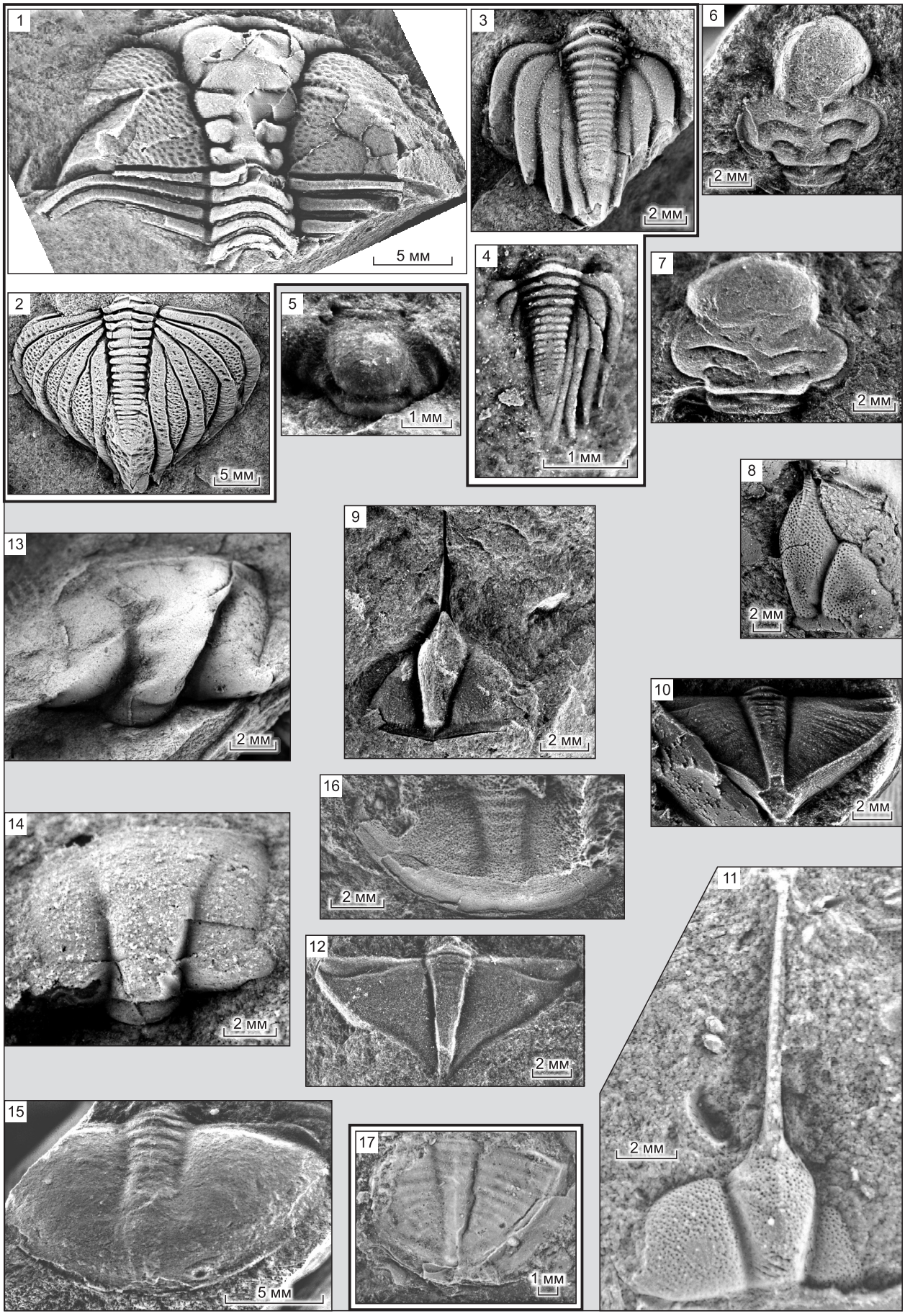
1
5 мм
2
5 мм
3
2 мм
4
1 мм
5
1 мм
6
2 мм
7
2 мм
8
2 мм
9
2 мм
10
2 мм
11
2 мм
12
2 мм
13
2 мм
14
2 мм
15
5 мм
16
2 мм
17
1 мм

Рис. 5. Трилобиты тулойской и карасинской свит разреза Юрок.

Фиг. 1, 2 — *Cybelurus altaicus* Levitsky; фиг. 3, 4 — *Paracybeloides*(?) sp.; фиг. 5 — *Carolinites* sp.; фиг. 6, 7 — *Robergia sparsa* Nikolaisen; фиг. 8—12 — *Lonchodomas rostratus* (Sars); фиг. 13-16 — *Raymondaspis* sp.; фиг. 17 — *Megistaspis (M.) polyphemus* Brogger. Фиг. 1, 2, 17 — точка С-1118-1/3; фиг. 3, 9, 12 — точка С-1118-2/8; фиг. 4—6, 8, 11, 13, 16 — точка С-1116-в; фиг. 7, 14 — точка С-1118-2/5; фиг. 10 — точка С-1116-а; фиг. 15 — точка С-1118-4/5.

В рамках вверху и внизу — биоиндикаторы больших глубин палеобассейна.

представлениям [Sennikov et al., 2008] в той части свиты, которая по находкам граптолитов сопоставляется с верхнедарривильской зоной dentatus.

Вид *Cybelurus altaicus* Levit. также известен в Тыве в стратотипе тарлыкской свиты малиновской серии у пос. Тарлык, где он найден в нижнетарлыкской подсвите, разрез которой является стратотипом нижнетарлыкского горизонта [Левицкий, 1962; Андреева, 1985; Сенников и др., 2006, 2015б]. Трилобиты, включая и рассматриваемый таксон, найдены в нижнетарлыкской подсвите совместно с дарривильскими граптолитами и нижнедарривильскими конодонтами (зона Eoplacognathus variabilis – E. suecicus) [Сенников и др., 2000, 2015 а, б]. Вид *Cybelurus altaicus* Levit. в тувинском разрезе сопровождается следующим комплексом трилобитов: *Cybelurus planifrons* (Weber), *Carolinites spinosus* And., *Carolinites marophtalma* (Harr. et Leanz), *Carolinites* aff. *genacinaca* Ross, *Bulbaspis* cf. *ovulum* (Weber), *Plesiomegalaspis* aff. *estonica* Tjernv., *Plesiomegalaspis* sp., *Cybele* cf. *bellatula* Dalm., *Symphysurus* cf. *exactus* Tschug., *Symphysurus* cf. *kujandensis* Tschug., *Ampyx* aff. *politus* Raymond, *Ampixella clavata* And., *Ogigites* aff. *almatyensis* Tschug., *Robergia deckeri* Coop., *Lonchodomas eximius* And., *Malinaspis tuvaensis* And. и др.

До недавнего времени в верхней пачке разреза Тулой З.Е. Петруниной [Sennikov et al., 2008] определялись, без учета новых, следующие таксоны трилобитов – *Encrinuroides* sp., *Ceraurinella* sp., *Atractopyge* sp., *Pliocybele* sp., *Raymondaspis*. sp., *Robergia* sp., *Robergiella* (?) sp., *Remopleurella* sp., *Sphaerexochus* sp., *Carolinites* sp., *Hemiarges* sp., *Trinodus* sp., *Calyptaulax* sp., *Stegnoipsis* (?) sp., *Illaenus* sp., *Dimeropyge* (?) sp., *Otarion* sp., *Lonchodomas* sp., *Ampyx* sp., *Nilieus* sp.

Найденные авторами настоящей статьи в последние годы в верхней пачке карасинской свиты разреза Тулой, на уровне граптолитовой зоны dentatus среднего дарривилиана, трилобиты (рис. 6) представлены комплексом таксонов, несколько отличным от таковых в разрезе Юрок. В разрезе Тулой определены *Megistaspis (M.) polyphemus* Brogger, *Lonchodomas rostratus* (Sars), *Robergia sparsa* Nikol., *Ampyx* sp., *Paracybeloides* (?) sp., *Carolinites* sp., *Raymondaspis* sp., *Agerina* sp., *Niellus* sp. По родовому таксону *Megistaspis* Jaanusson в Балтоскандии, в верхней части волховского горизонта, выделяются мегистаписовые известняки (типовой район распространения о. Борнхольм), для формирования которых предполагались относительно глубокие шельфовые условия [Bergström et al., 2013; Pärnaste, Bergström, 2013] формирования, соседствующие с полосой более глубоководных фаций граптолитовых илов [Мянниль, 1966].

БИОЛИТОФАЦИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Проанализируем данные по литологии и граптолитовым сообществам из четырех опорных ордовикских разрезов тулойской и карасинской свит северо-восточной части Горного Алтая: Лебедь [Кривчиков и др., 1976; Петрунина и др., 1984], Придорожный [Буколова, 2011], Тулой [Кривчиков и др., 1976; Sennikov et al., 2008] и Юрок. Гранулометрический состав терригенных отложений как тулойской, так и в большей степени карасинской свит по этим четырем разрезам достаточно разнообразен. Без учета базальных конгломератов тулойской свиты гранулометрический состав терригенных отложений тулойской и карасинской свит от разреза к разрезу колеблется в пределах от песчаной до глинистой размерности. Остатки граптолитов и трилобитов редко встречаются в мелкозернистых песчаниках, обычны в алевролитах и многочисленны в аргиллитах. Другие группы фауны встречаются в редких местонахождениях в незначительном количестве.

При использовании перечисленных выше специфических параметров граптолитовых палеосообществ и индикаторных видов (рис. 7) выявляется следующая картина. Граптолиты флоско-дапинско-дарривильского стратиграфического интервала в этих четырех разрезах найдены более чем в 100 местонахождениях. По этому параметру исследуемая часть акватории палеобассейна (Уйменско-Лебедская фациальная зона на северо-востоке Горного Алтая) должна рассматриваться как достаточно удаленная от берега палеоакватория. Количество экземпляров колоний граптолитов в каждом местонахождении составляет в среднем 5—10, реже 20—30 колоний, в исключительных случаях до сотни рабдосом. По таксономической характеристике преобладает высокое разнообразие видов и подвидов родов *Isograptus* Moberg, *Pseudisograptus* Beavis, *Parisograptus* Chen et Zhang, *Corymbograptus* Obut et Sob. и *Acrograptus* Tzaj, что также указывает на удаленность этой части палеобассейна от берега.

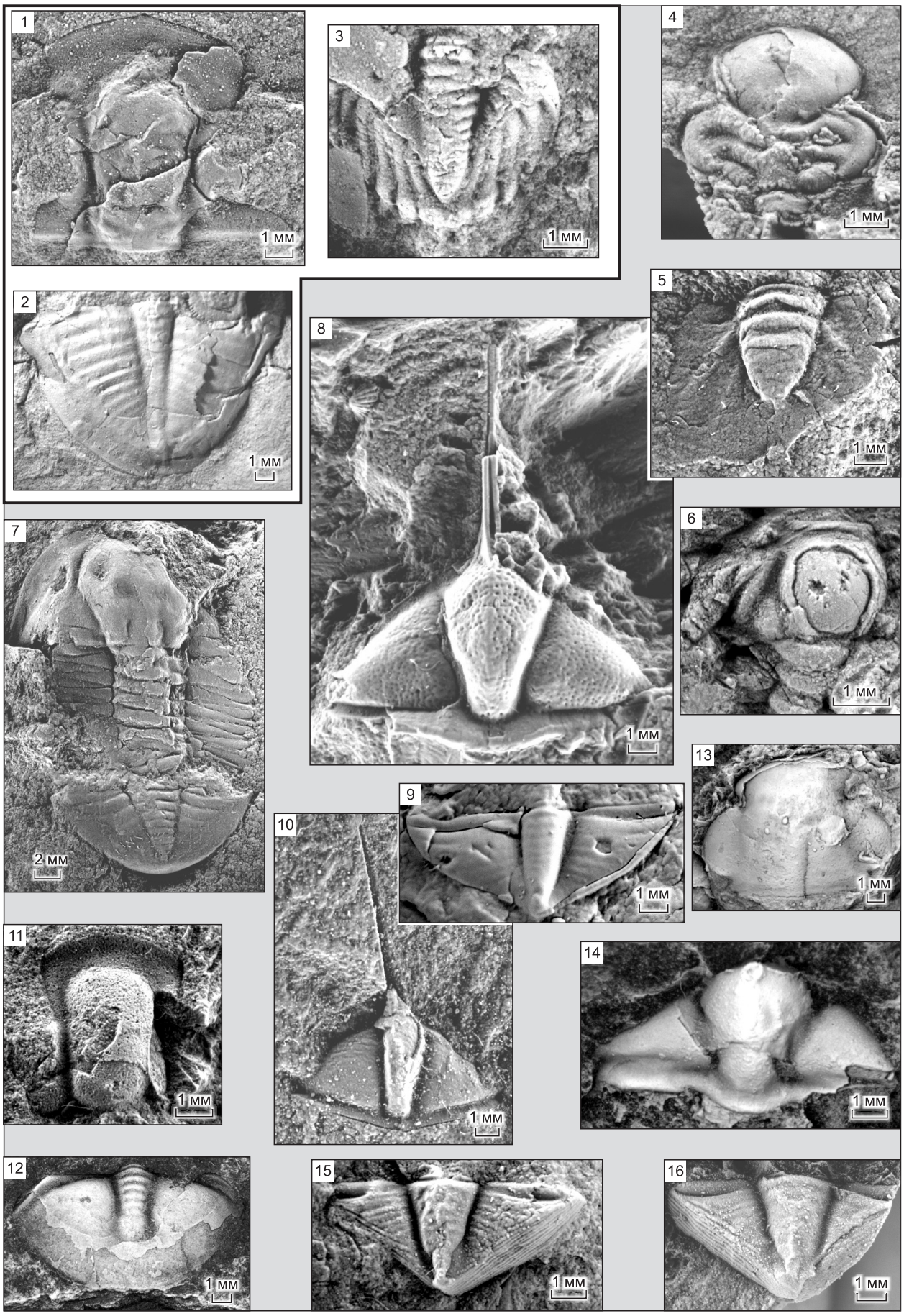
1
1 мм
2
1 мм
3
1 мм
4
1 мм
5
1 мм
6
1 мм
7
2 мм
8
1 мм
9
1 мм
10
1 мм
11
1 мм
12
1 мм
13
1 мм
14
1 мм
15
1 мм
16
1 мм

Рис. 6. Трилобиты карасинской свиты разрезов Тулой и Юрок.

Фиг. 1, 2 — *Megistaspis (M.) polyphemus* Brogger; фиг. 3 — *Paracybeloides* (?) sp.; фиг. 4, 5 — *Robergia sparsa* Nikolaisen; фиг. 6 — *Carolinites* sp.; фиг. 7 — *Niobe* sp.; фиг. 8—10 — *Lonchodomas rostratus* (Sars); фиг. 11 — *Agerina* sp.; фиг. 12 — *Raymondaspis* sp.; фиг. 13 — *Niellus* sp.; фиг. 14—16 — *Ampyx* sp.
Фиг. 1—6, 8—16 — разрез Тулой, точка Р-409б; фиг. 7 — разрез Юрок, точка С-1118-2/7, 5.
В рамке вверху — биоиндикаторы больших глубин палеобассейна.

В отношении конкретных таксонов граптолитов-биоиндикаторов палеоглубин необходимо отметить следующее. Среди таксонов-биоиндикаторов средних и малых палеоглубин палеобассейна следует указать (во многих местонахождениях и с большой численностью экземпляров) находки вида *Hustedograptus teretiusculus* (His.) (более четырех десятков экземпляров из семи местонахождений в разрезах Лебедь и Юрок), вида *Pseudotrigonograptus ensiformis* (Hall) (около двух десятков экземпляров из пяти местонахождений в разрезах Лебедь, Придорожный и Тулой), представителей рода *Pseudophyllograptus* Cooper et Fortey (более 10 экземпляров из трех местонахождений в разрезах Лебедь, Тулой и Юрок), видов рода *Phyllograptus* Hall (более трех десятков экземпляров из более десяти местонахождений в разрезах Лебедь и Юрок), а также многочисленные дидимограптины — представители родов *Corymbograptus* Obut et Sob. и *Expansograptus* (Boucek et Pribyl) (более 200 экземпляров из нескольких десятков местонахождений в разрезах Лебедь, Придорожный и Тулой).

Наряду с этим, в трех из рассматриваемых разрезов (Лебедь, Придорожный и Тулой) известны многочисленные находки биоиндикаторов больших палеоглубин – представители граптолитовых родов *Pseudisograptus* Beavis, *Parisograptus* Chen et Zhang и *Isograptus* Moberg. Рабдосомы первого рода найдены в значительном количестве экземпляров в разрезе Придорожный и в виде единичных экземпляров в разрезе Тулой. Колонии второго и третьего родов (*Parisograptus* и *Isograptus*) встречаются в составе различных видов со значительной плотностью палеопопуляций в разрезах Лебедь, Придорожный и Тулой. В разрезе Юрок граптолитовые биоиндикаторы больших палеоглубин (родовые таксоны *Pseudisograptus* Beavis и *Parisograptus* Chen et Zhang) пока обнаружены в виде единичных экземпляров.

Все приведенные выше параметры позволяют применить биоиндикаторную оценку к рассматриваемым разрезам Алтайского ордовикского бассейна. Опираясь на данные по доминирующим биоиндикаторным граптолитовым таксонам, к наиболее глубокой по биотическим параметрам зоне (более 200 м) палеобассейна следует относить участок палеоакватории с разрезом Придорожный, к сравнительно глубокой зоне (150—200 м) – участки палеоакватории с разрезами Тулой и Лебедь, а к наименее глубокой (100—150 м) зоне — участок палеоакватории с разрезом Юрок (рис. 8).

Рассмотрим литологические особенности пород верхней части тулойской свиты и нижней части карасинской свиты в этих четырех опорных разрезах ордовика северо-восточной части Горного Алтая. В разрезе Лебедь верхняя половина тулойской свиты (стратиграфический интервал трех граптолитовых зон angustifolius elongatus, gibberulus и hirundo) представлена глинистыми аргиллитами, алевролитами, алевропесчаниками и мелкозернистыми песчаниками темно-серого, зеленовато-серого, реже желтовато-серого цветов общей мощностью 1390 м. В разрезе Лебедь в верхней части тулойской свиты встречаются как планктонные граптолиты, так и бентосные группы — трилобиты и брахиоподы. Для верхней части тулойской свиты в разрезе Придорожный (стратиграфический интервал граптолитовых подразделений: зона gibberulus с подзонами deflexus и maximo-divergens, зона hirundo с подзоной caduceus imitatus) характерны глинистые аргиллиты и алевролиты, реже мелкозернистые песчаники табачного, серого и желтовато-серого цветов общей мощностью 105 м. В разрезе Придорожный встречаются поверхности идеально ровного напластования без признаков какого-либо волнового воздействия площадью до 5 м^2. Темный до черного цвет пород позволяет предполагать формирование пород разреза в глубокой депрессионной зоне с недостатком кислорода, на что дополнительно указывает практически полное отсутствие в разрезе бентосной фауны.

Верхняя часть тулойской свиты (стратиграфический интервал трех граптолитовых зон angustifolius elongatus, gibberulus и hirundo) в стратотипическом разрезе Тулой (суммарная мощность 1380 м) слагается алевролитами, алевропесчаниками и мелкозернистыми песчаниками зеленовато-серого, темно-серого и буровато-серого цветов. Для Тулойского разреза характерно совместное нахождение как планктонных граптолитов, так и бентосных групп — брахиопод и трилобитов. Во всех трех разрезах (Лебедь, Придорожный и Тулой) в основании карасинской свиты залегает пачка среднекрупнозернистых, кварцевых песчаников грязно-желтого цвета. Выше этой базальной пачки в рассматриваемых трех разрезах залегают светлые, зеленовато-серые и голубовато-серые аргиллиты, алевропесчаники и мелкозернистые песчаники с остатками граптолитов, брахиопод и трилобитов. В разрезах Лебедь и Тулой более высокая средняя часть карасинской свиты сложена темно-зеленовато-серыми и табачно-серыми алевролитами с граптолитами, брахиоподами, трилобитами, остракодами, а в разрезе Тулой допол-

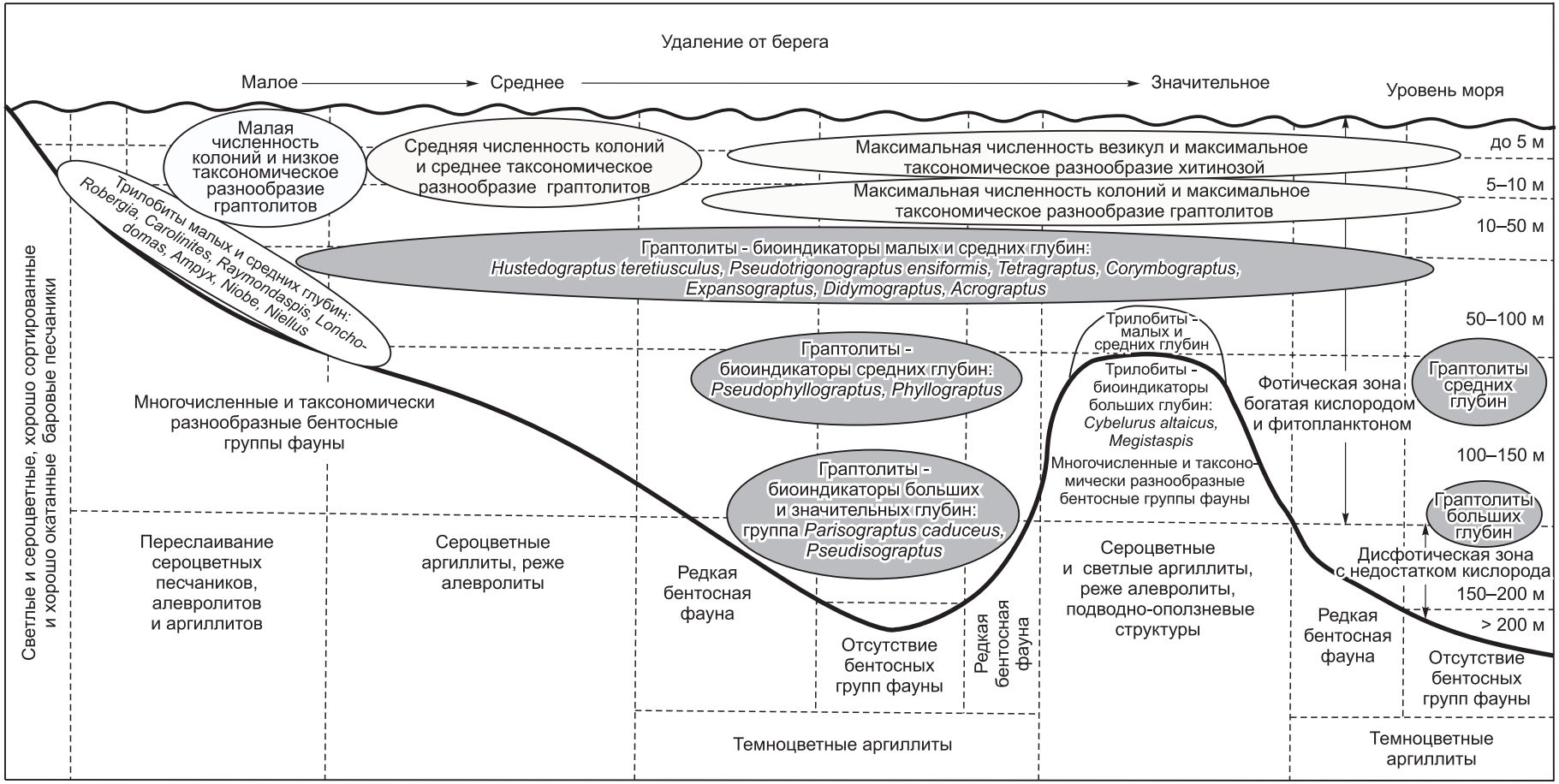

Рис. 7. Модельный профиль изученного Алтайского ранне- и среднеордовикского бассейна с терригенным типом седиментации.

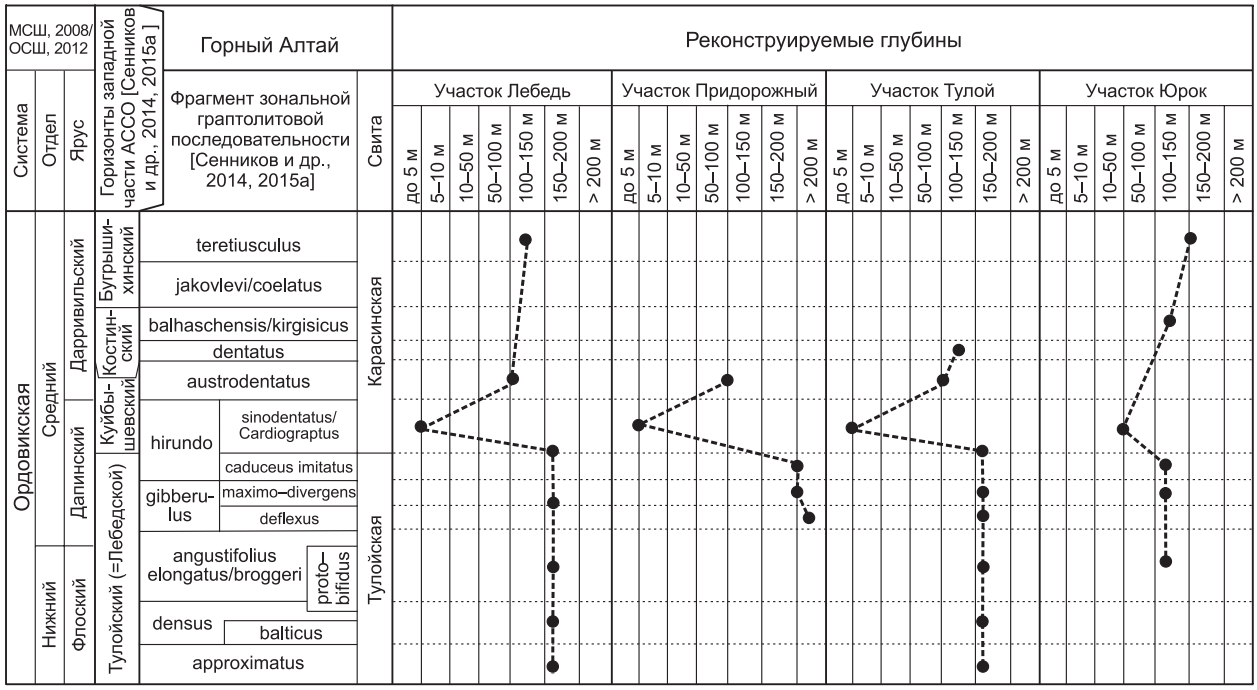

Рис. 8. Характер изменений реконструируемых глубин на рассматриваемых участках изученной Алтайской ранне- и среднеордовикской акватории.

нительно к перечисленным группам встречаются гастроподы, ортоцератиды, криноидеи и др. Наличие более разнообразной бентосной фауны в карасинской свите по сравнению с тулойской свитой предполагает ее более мелководное образование.

В разрезе Юрок верхняя часть тулойской свиты (стратиграфический интервал трех граптолитовых зон angustifolius elongatus, gibberulus и hirundo верхов фло и нижнего и среднего дапина с суммарной мощностью около 20 м) и нижняя часть карасинской свиты (стратиграфический интервал граптолитовых зон austrodentatus — teretiusculus (стратиграфический интервал дарривила) с общей мощностью не менее 45 м) сложены монотонными глинистыми аргиллитами с редкими прослоями алевролитов и мелкозернистых песчаников, однообразно табачно-серых. Базальная пачка карасинской свиты в виде среднекрупнозернистых песчаников в разрезе Юрок отсутствует, хотя нельзя исключить возможность ее «выпадения» из стратиграфической последовательности за счет скрытого тектонического нарушения. В разрезе Юрок зафиксирована зона локального малоамплитудного тектонического нарушения между первой и второй пачками разреза, т. е. внутри нижней части карасинской свиты.

По литологическим признакам (минимальное количество песчаных прослоев, минимальные мощности) верхней части тулойской свиты (стратиграфический интервал верхов фло и нижнего и среднего дапина) наиболее удаленными от области сноса следует считать разрезы Придорожный и Юрок. По темному (почти черному) цвету пород, по отсутствию бентосной фауны разрез Придорожный может маркировать самую глубокую и удаленную от области сноса материала зону рассматриваемого палеобассейна.

В то же время по светлому (табачный оттенок) цвету пород, по наличию представительных по численности разнообразных таксономических групп бентосных организмов (трилобиты, остракоды, филлокариды, гастроподы, брахиоподы, мшанки, иглокожие) разрез Юрок не может быть отнесен не только к максимально глубоководным зонам рассматриваемого палеобассейна, но и к сравнительно глубокой зоне. С другой стороны, в палеонтологическом материале в разрезе Юрок имеются многочисленные экземпляры целых скелетов трилобитов, сохранность которых свидетельствует об отсутствии волнового воздействия на бентосные организмы. Таким образом, глубина формирования пород разреза Юрок (стратиграфический интервал верхов фло и нижнего и среднего дапина) должна была превышать не только глубину регулярных волн, но и глубину штормового воздействия, т. е. средние и повышенные глубины — 50—100—150 м. Удаленность разреза Юрок от берега при незначительных глубинах заставляет реконструировать условия формирования осадков в этой части палеоакватории в стратиграфическом интервале верхов фло и нижнего и среднего дапина как фациальную обстановку вершины и(или)

склона подводного поднятия. На последнее предположение дополнительно указывают встреченные в разрезе Юрок следы подводно-оползневых явлений.

Как отмечалось выше, самая нижняя часть карасинской свиты в разрезах Лебедь (мощность 25 м), Придорожный (мощность 25 м) и Тулой (мощность 80 м) представлена базальной пачкой средне- и хорошо сортированных и хорошо окатанных, среднекрупнозернистых песчаников, сложенных кварцем (90 %) и кварцитами (10 %) [Носков, 2007]. Ее генезис интерпретируется рядом исследователей как подводно-баровый [Сенников, 1962; Буколова, 2011] или как пляжный [Носков, 2007]. По этим признакам разрезы Лебедь, Придорожный и Тулой следует относить в стратиграфическом интервале средней части верхнего дапина к крайне мелководной (до 10 м) и прибрежной (0—10 м) зоне палеобассейна (см. рис. 8). Здесь уместно напомнить о зафиксированном в стратиграфическом интервале конца дапина—начала дарривила масштабном проявлении глобальной регрессии с падением уровня моря на 80—100 м, именуемым «Stein L.E.» или «Late Arenig — Early Llanvirn Lowstand» [Nielsen, 2003, 2004, 2011; Munnecke et al., 2010; Gradstein et al., 2012]. Эта регрессия достаточно ярко проявилась в разрезах среднего ордовика Сибирской платформы [Kanygin et al., 2010]. Наиболее вероятно, что глобальную регрессию «Stein L.E.» следует считать доминирующей причиной «внезапного» («непрогнозируемого») появления в рассматриваемых алтайских разрезах, формирующихся на средних и повышенных глубинах, пачки кварцевых песчаников подводно-баровой природы.

Залегающие выше базальной пачки карасинской свиты в разрезах Лебедь и Тулой алевролиты и аргиллиты (стратиграфический интервал граптолитовых зон austrodentatus, dentatus, balhaschensis, jakovlevi, teretiusculus с суммарной мощностью около 400 м в первом и 370 м во втором разрезах) по литологическим характеристикам указывают на постепенное углубление до средних отметок (100—150 м). После глобальной регрессии «Late Arenig — Early Llanvirn Lowstand» достаточно быстро повышался уровень Мирового океана и на уровне граптолитовой зоны teretiusculus фиксируется глобальная масштабная трансгрессия, именуемая «Furudal Highstand» [Nielsen, 2003, 2004, 2011] или «Late Llanvirn — Caradoc Highstand» [Gradstein et al., 2012]. Амплитуда подъема уровня воды между этими двумя трансгрессивно-регрессивными событиями оценивается в 100—150 м [Gradstein et al., 2012].

В разрезе Юрок специфическая базальная пачка основания карасинской свиты в виде «баровых» кварцевых песчаников отсутствует. Таким образом, в нем не наблюдается фиксируемое в других разрезах этой части Алтая проявление следов глобальной регрессии «Late Arenig—Early Llanvirn Lowstand». Это можно объяснить углубленностью палеоакватории Юрокского участка и его удаленностью от берега. При падении уровня моря верхняя часть Юрокского поднятия «не достигала» уровня воздействия волн и не подвергалась локальному размыву, т. е. при глобальном падении уровня моря на 80—100 м вершина поднятия должна была оставаться на глубинах более 25—50 м. Таким образом, суммарная глубина до начала регрессии «Stein L.E.» (верхняя треть дапина) должна была быть 100—150 м. При достижении максимума последующей трансгрессии «Furudal Highstand» (заключительная треть дарривила) вершина поднятия должна была находиться на глубинах 150—200 м (см. рис. 8).

Породы нижней части карасинской свиты разреза Юрок имеют незначительную мощность (не менее 45 м) и по своим характеристикам (тонкий однородный сортированный терригенный материал) указывают, как и для верхов тулойской свиты, на удаленность от берега с глубинами формирования пород 150—200 м.

В залегающих стратиграфически выше кварцевых базальных подводно-баровых песчаников карасинской свиты в разрезах Лебедь и Тулой пачках песчаников, алевролитов и аргиллитов остатки граптолитов встречаются спорадически, с крайне малой численностью экземпляров, характеризуясь низким таксономическим разнообразием — один-два родовых таксона, представленных одним—двумя видами. Такой биоиндикаторный параметр состава и структуры граптолитовых палеосообществ, как отмечалось выше, свидетельствует о близости к берегу (см. рис. 7).

В разрезе Юрок, где базальная пачка кварцевых подводно-баровых песчаников основания карасинской свиты полностью отсутствует, в низах карасинской свиты таксономическое разнообразие граптолитов небогатое, но численность экземпляров достаточно высокая. Это в целом свидетельствует, что разрез Юрок в рассматриваемое время (конец дапина – начало дарривила) располагался на удалении от берега.

Следует отметить, что в истории эволюции граптолитов дапинско-дарривильский стратиграфический интервал был бескризисным периодом между двумя биотическими событиями вымирания — между событием «Basal Llanvirn» (вымирание изограптид и анизограптид в граптолитовой зоне gibberulus) и событием «Basal Caradoc» (вымирание дидимограптид в основании граптолитовой зоны peltifer) [Barnes et al., 1996; The Great…, 2004; Cooper et al., 2004; и др.]. В благоприятные межкризисные периоды, как правило, наступает сглаживание диапазонов численности экземпляров отдельных видов как в отдельных местонахождениях, так и в целом во всей палеоакватории. Именно такое явление наблюдается в разрезе Юрок, где по численности экземпляров рабдосом граптолитов отдельных видов не пред-

ставляется возможным выделение доминантов. Однако в предкризисный период (граптолитовая зона teretiusculus) в том же разрезе Юрок, а также в разрезе Лебедь феномен «выравненности» снижается до минимума, с резким доминированием по численности экземпляров вида *Hustedograptus teretiusculus* (His.) — до нескольких десятков экземпляров, при единичных экземплярах других редких таксонов.

В материалах разреза Юрок можно засвидетельствовать, что после глобальной регрессии и биотического события «Basal Llanvirn», сопровождавшегося резким падением таксономического разнообразия граптолитов и снижением плотностей палеопопуляций, на уровне верхов дапина—низов дарривила происходило относительно быстрое «восстановление» плотности палеопопуляции граптолитового сообщества и его таксономического разнообразия в тех частях палеоакватории, которые были удалены от берега и находились на глубинах 150—200 м. По материалам разрезов Лебедь, Придорожный и Тулой, располагавшихся ближе к берегу и на глубинах менее 100—150 м, подобное «восстановление» граптолитовых палеосообществ было значительно более медленным.

ДИСКУССИЯ

1. В среднем ордовике (дапинский и дарривильский века) в различных палеобассейнах мира сложились специфичные биофациальные группировки родовых и видовых таксонов как пелагических, так и бентосных групп организмов, существовавших на определенных глубинах палеобассейнов.

2. Пелагические комплексы граптолитов слагались как таксонами, обитающими в различных по глубинам условиям, так и стенобатными формами — биомаркерами малых, средних или больших глубин палеобассейнов. При этом таксоны-биомаркеры сохраняли «предпочтения» своего обитания (приуроченность к определенным глубинам и удаленность или близость к прибрежным зонам палеоакваторий) в значительно разобщенных друг от друга и различных по своей геодинамической природе бассейнах седиментации в Алтае-Саянской складчатой области, в Балтоскандии, в Северной Америке, в Китае и других геологических регионах мира. То есть биофациальные параметры группировок отдельных родовых таксонов пелагических граптолитов были относительно устойчивы, и поэтому таксоны пелагических граптолитов играют важную роль для биоиндикаторной оценки глубин палеобассейнов в глобальном масштабе.

3. Дифференциация бентосных среднеордовикских трилобитовых комплексов наиболее масштабно проявлялась в зависимости от фациальных особенностей осадков на дне палеобассейна — тонкотерригенные, груботерригенные, терригенно-карбонатные и карбонатные субстраты. Менее заметны различия комплексов трилобитов, развивавшихся на близких по составу терригенных субстратах, но обитавших на различных глубинах палеобассейнов. Биомаркерная роль бентосных трилобитовых родовых таксонов наиболее ярко проявлялась на региональном уровне — стенофациальные виды-эндемики.

4. Как было отмечено выше, при характеристике площадного распространения в пределах Алтае-Саянской складчатой области и хроностратиграфической приуроченности вида трилобитов *Cybelurus altaicus* Levit. и других видов рода *Cybelurus* Levit., его представители со средней и низкой плотностью палеопопуляций, доминирующие в разнообразных палеосообществах с другими таксонами трилобитов в относительно среднемелководных терригенных и карбонатных фациальных обстановках (участки палеоакватории ордовикского бассейна, известные в северо-западной части Горного Алтая), появляются в разрезах Бугрышиха и Гора Алтай в Чарышско-Инской фациальной зоне и в разрезе Батун в Локтевско-Батунской фациальной зоне с некоторым «запаздыванием» (одна—две граптолитовые зоны) относительно первого появления видовых таксонов этого рода в осадочных последовательностях, сформировавшихся в более глубоководных обстановках на участке палеоакватории среднеордовикского бассейна, расположенного в Уйменско-Лебедской фациальной зоне региона (разрез Юрок).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Многочисленные находки трилобитов *Cybelurus altaicus* Levit. в разрезе Юрок (как по числу стратиграфических уровней, так и по количеству экземпляров) по сравнению с немногочисленными находками этого таксона в разрезах в Чарышско-Инской и Локтевско-Батунской фациальных зонах свидетельствуют о его эврибатности с «предпочтением» относительно глубоких условий обитания. Близкий к рассматриваемому алтайскому виду таксон *Cybelurus expansus* (Reed) (возможно = алтайскому *Cybelurus planus* Levit.) характерен для глубоководных трилобитовых комплексов среднего ордовика Шотландии [Ingham, Tripp, 1991].

2. Представители рода трилобитов *Megistaspis* Jaanusson с учетом приведенных алтайских материалов и опубликованных данных по Балтоскандии [Мянниль, 1966; Bergström et al., 2013; Pärnaste, Bergström, 2013] могут рассматриваться как стенобатные биомаркеры относительно глубоких обстановок осадконакопления удаленных друг от друга палеобассейнов.

3. Найденные в разрезе Юрок на стратиграфическом уровне куйбышевского горизонта региональной стратиграфической последовательности ордовика западной части Алтае-Саянской складчатой области трилобитовые таксоны *Cybelurus altaicus* Levit., *Lonchodomas rostratus* (Sars), *Raymondaspis* sp., ранее считавшиеся характерными таксонами для костинского и низов бугрышихинского горизонтов (верхние две трети дарривила), в разрезах северо-восточной части Горного Алтая появляются на более низком стратиграфическом уровне — в верхах дапина—низах дарривила.

4. Зафиксирована отчетливая дифференциация таксономического состава ранне- и среднеордовикских алтайских граптолитовых сообществ в зависимости от глубин акваторий, в которых они обитали. Также по таксономическому разнообразию и плотностям палеопопуляций наблюдается прямая зависимость увеличения таких параметров от удаленности от берега палеобассейна.

5. По комплексу лито- и биофациальных, не противоречащих друг другу признаков, реконструированы глубины формирования осадочных образований в различных частях шельфовой акватории Уйменско-Лебедской фациальной зоны Алтайского среднеордовикского бассейна: крайне мелководные обстановки — 5—10 м (базальная пачка песчаников карасинской свиты в разрезах Лебедь, Придорожный и Тулой), мелководные обстановки — 10—50 м (нижняя часть карасинской свиты в разрезе Юрок), обстановки средних глубин — 50—100 м (средняя часть карасинской свиты в разрезе Тулой), наименее глубоководные обстановки — 100—150 м (тулойская свита в разрезах Лебедь и Тулой), глубоководные обстановки — 150—200 м (тулойская, средняя и верхняя части карасинской свиты в разрезе Юрок), значительные глубины — более 200 м (тулойская свита в разрезе Придорожный).

В заключение следует выразить благодарность О.Т. Обут, Т.В. Гонте, Р.А. Хабибулиной за содействие в проведении экспедиционных исследований. На завершающем этапе подготовки рукописи к печати ценные замечания были получены от И.В. Коровникова и Т.Ю. Толмачевой, которым авторы глубоко признательны.

Работа выполнялась при поддержке интеграционной программы РАН «Биосфера».

ЛИТЕРАТУРА

Андреева О.Н. Среднеордовикские брахиоподы Тувы и Алтая // Палеонтологический журнал, 1982, № 2, с. 52—61.

Андреева О.Н. Среднеордовикские брахиоподы и трилобиты Тувы и Алтая // Палеонтологический журнал, 1985, № 2, с. 38—47.

Афанасьева М.С., Амон Э.О., Чувашов Б.И. Экология и биогеография радиолярий: новый взгляд на проблему. Часть 2. Абиотические факторы, палеогеография радиолярий и морские палеоландшафтные обстановки в геологическом прошлом // Литосфера, 2005, № 4, с. 87—117.

Буколова Е.В. Лито- и биостратиграфия среднего ордовика северо-восточной части Горного Алтая // Геология и геофизика, 2011, т. 52, (9), с. 1242—1255.

Дубинина С.В. Конодонты и зональная стратиграфия пограничных отложений кембрия и ордовика. М., Наука, 2000, 237 с.

Келлер Б.М. Граптолиты ордовика Чу-Илийских гор. Ордовик Казахстана. Часть II. М., Изд-во АН СССР, 1956, с. 50—102.

Кривчиков А.В., Петрунина З.Е., Севергина Л.Г. Ордовикская система. Геологическое строение и рельеф Восточного Алтая: стратиграфия. Новосибирск, НГПИ, 1976, с. 29—44.

Кульков Н.П., Севергина Л.Г. Стратиграфия и брахиоподы ордовика и нижнего силура Горного Алтая. Новосибирск, Наука, 1989, 223 с.

Кульков Н.П., Владимирская Е.В., Рыбкина Н.Л. Брахиоподы и биостратиграфия верхнего ордовика и силура Тувы. М., Наука, 1985, 208 с.

Левицкий Е.С. О новом роде трилобитов — *Cybelurus* // Изв. вузов. Геология и разведка, 1962, № 7, с. 129—132.

Левицкий Е.С. Трилобиты среднего ордовика северо-запада Горного Алтая и их стратиграфическое значение. Автореф. дис.… к. г.-м. н. М., Моск. геол.-развед. ин-т, 1963, 23 с.

Мельникова Л.М. Некоторые остракоды гурьяновской свиты (верхний ордовик) северо-востока Горного Алтая // Палеонтологический журнал, 2010, № 4, с. 38—46.

Мельникова Л.М. Остракоды тулойской и карасинской свит (ордовик) северо-востока Горного Алтая // Палеонтологический журнал, 2011, № 1, с. 1—4.

Мянниль Р.М. История развития Балтийского бассейна в ордовике. Таллин, Изд-во Валгус, 1966, 198 с.

Носков Ю.С. Конгломераты с галькой магматических пород Горного Алтая. Новосибирск, Изд-во СНИИГГиМС, 2007, 168 с.

Обут А.М., Сенников Н.В. Граптолиты и зональное расчленение нижнего ордовика Горного Алтая // Стратиграфия и фауна нижнего ордовика Горного Алтая. М., Наука, 1984, с. 53—106.

Основы палеонтологии. Справочник для палеонтологов и геологов СССР. Членистоногие, трилобитообразные и ракообразные / Ред. Н.Е. Чернышева. М., Госгеолтехиздат, 1960, 515 с.

Перфильев Ю.С., Левицкий Е.С. Бугрышихинская свита и ее трилобиты // Бюл. Моск. об-ва испыт. природы. 1963, т. 38, вып. 2, с. 17—29.

Петрунина З.Е. Трилобиты и биостратиграфия тремадока западной части Саяно-Алтайской горной области: Автореф. дис.… к.г.-м.н. Алма-Ата, Изд-во Ин-та геологических наук АН Казахской ССР, 1966, 30 с.

Петрунина З.Е., Сенников Н.В., Ермиков В.Д., Зейферт Л.Л., Кривчиков А.В., Пузырев А.А. Стратиграфия нижнего ордовика Горного Алтая // Стратиграфия и фауна нижнего ордовика Горного Алтая. М., Наука, 1984, с. 3—33.

Розова А.В., Розов С.Н., Дубатолова Ю.А. Стратиграфия и фауна ордовика Северо-Западного Салаира. М., Наука, 1985, 176 с.

Севергина Л.Г. Некоторые верхнеордовикские (ашгиллские) брахиоподы Горного Алтая. Палеонтология и биостратиграфия палеозоя Сибири. Новосибирск, Наука, 1984, с. 39—48.

Сенников В.М. Ордовик Уйменско-Лебедского синклинория Горного Алтая. Материалы по региональной геологии. М., Госгеолтехиздат, 1962, с. 116—133.

Сенников В.М. История развития структур южной части Алтае-Саянской складчатой области в ордовике. Барнаул, Алт. кн. изд-во, 1977, 135 с.

Сенников Н.В., Ермиков В.Д., Петрунина З.Е., Пузырев А.А., Севергина Л.Г. О возрасте базальных горизонтов ордовикско-среднедевонского комплекса Северо-Западного Алтая // Геология и геофизика, 1982 (8), с. 56—61.

Сенников Н.В., Хлебникова Т.В., Алексеенко А.А., Изох Н.Г., Клец А.Г. Находка рода *Paraglossograptus* (граптолиты) в тарлыкской свите среднего ордовика Тувы (юг Западной Сибири) // Новости палеонтологии и стратиграфии. Вып. 2-3: Приложение к журналу «Геология и геофизика». 2000, т. 41, с. 182—187.

Сенников Н.В., Изох Н.Г., Казанский А.Ю., Петрунина З.Е., Кунгурцев Л.В., Хлебникова Т.В., Михальцов Н.Э., Савицкий В.Р. Новые биостратиграфические и палеомагнитные данные по малиновской серии (нижний—средний ордовик, Тува) // Новости палеонтологии и стратиграфии. Вып. 8: Приложение к журналу «Геология и геофизика», 2006, т. 47, с. 27—41.

Сенников Н.В., Обут О.Т., Буколова Е.В., Толмачева Т.Ю. Литолого-фациальная и биоиндикаторная оценки глубины формирования раннепалеозойских осадочных бассейнов Палеоазиатского океана // Геология и геофизика, 2011, т. 52 (10), с. 1488—1516.

Сенников Н.В., Лыкова Е.В., Обут О.Т., Толмачева Т.Ю., Изох Н.Г. Новый ярусный стандарт ордовика и его применение к стратонам западной части Алтае-Саянской складчатой области // Геология и геофизика, 2014, т. 55 (8), с. 1226—1246.

Сенников Н.В., Толмачева Т.Ю., Обут О.Т., Изох Н.Г., Лыкова Е.В. Зональное расчленение ордовикских отложений Сибири по пелагическим группам фауны // Геология и геофизика, 2015а, т. 56 (4), с. 761—781.

Сенников Н.В., Обут О.Т., Изох Н.Г. Новые данные по стратиграфическому расчленению ордовикских отложений Тывы // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015 (XI Междунар. науч. конгр., 27—30 апреля 2015 г., Новосибирск). Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология». Т. 1. Новосибирск, СГУГиТ, 2015б, с. 150—155.

Толмачева Т.Ю. Биостратиграфия и биогеография конодонтов ордовика западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса. СПб., Изд-во ВСЕГЕИ, 2014, 263 с.

Barnes C.R., Fortey R.A., Williams S.H. The pattern of global bio-event during the Ordovician period. Global events and event stratigraphy in the Phanerozoic // Results of the International interdisciplinary cooperation in the IGGP-Project 216 «Global biological events in Earth history». Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 1996, p. 139—172.

Bergström J., Pärnaste H., Zhiyi Zhou. Trilobites and biofacies in the Early-Middle Ordovician of Baltica and a brief comparison with the Yangtze Plate // Estonian J. Earth Sci., 2013, v. 62, № 4, p. 205—230.

Berry W.B.N. Types of Early Paleozoic faunal replacements in North America: their relationship to environmental change // J. Geol. 1974, v. 82, p. 371—382.

Berry W.B.N. Ecology and age of graptolites from greywackes in Eastern New York // J. Paleontol., 1977, v. 51, № 6, p. 1102—1107.

Berry W.B.N., Boucot A.J. Silurian graptolite depth zonation // Publ. 24th Int. Geol. Congr., section 7, 1972, p. 59—65.

Chen Xu. Graptolite depth zonation // Acta Paleontol. Sinica, 1990, v. 29, № 5, p. 507—526.

Cooper R.A. Towards a general model for the depth ecology of graptolites // Proceeding of the Sixth International graptolite conference of the GWG (IPA) and the SW Iberia field meeting 1998 of the International Subcommission on Silurian Stratigraphy (ICS-IUGS). Madrid. Instituto Tecnologico Geominero de Espana, 1998, p. 161—163.

Cooper R.A., Fortey R.A., Lindholm K. Latitudinal and depth zonation of Early Ordovician graptolites // Lethaia, 1991, v. 24, № 2, p. 199—218.

Cooper R.A., Maletz J., Taylor L., Zalasiewicz J. Graptolites: Patterns of diversity across paleolatitudes. The Great Ordovician Biodiversification Event / Eds. B. Webby, F. Paris, M.L. Droser, I.G. Percival. New York, Columbia University Press, 2004, p. 281—293.

Erdtmann B.-D. Ecostratigraphy of Ordovician graptoloids. Ordovician System. Univer. Wales Press, Nat. Museum Wales, Cardiff., 1976, p. 621—643.

Erdtmann B.-D. Palaeobiogeography and environments of planktonic dictyonemid graptolites during the earliest Ordovician. The Cambrian-Ordovician boundary: sections, fossil distributions and correlations // Cardiff. Nation. Mus. Wales. Geol. Ser., 1982, № 3, p. 9—27.

Erdtmann B.-D. Early Ordovician eustatic cycles and their bearing on punctuations in early nematophorid (planktic) graptolite evolution // Lect. Notes Earth Sci., 1986, v. 8, p. 139—152.

Erdtmann B.-D., Comeau D.J. A new Anisograptus faunule from the Goodwin Formation (Tremadoc, Early Ordovician) of Central Nevada and the Cambrian-Ordovician boundary // J. Paleontol., 1980, v. 54, № 4, p. 719—727.

Erdtmann B.-D., Miller J.F. Eustatic control of lithofacies and biofacies changes near the base of the Tremadocian // Second Int. Symp. Cambrian System, 1981, p. 78—81.

Finney S.C. Biogeography of Ordovician graptolites in the Southern Appalachians. Aspects of the Ordovician System // Oslo Univer. Forlaget, 1984, № 295, p. 167—176.

Gutierrez-Marco J.C. Hemicordados: graptolitos. Paleontologia de Invertebrados / Eds. M.L. Martinez Chacon, P. Rivas. Sociedad Espanola de Paleontologia, Universidad de Oviedo, Universidad de Granada, Instituto Geologico y Minero de Espana, Oviedo. Capitulo 8, 2009, p. 497—524.

Gradstein F.M., Ogg J.G., Smith A.G., Ogg G.M. The Geologic Time Scale 2012. V. 1. Elsevier, 2012, 1144 p.

Ingham J.K., Tripp R.P. The trilobite fauna of the Middle Ordovician Doularg Formation of the Girvan district, Scotland, and its palaeoenvironmental significance // Trans. R. Soc. Edinburgh: Earth Sci., 1991, v. 82, p. 27—54.

Johnson M.E., Cocks L.R. M., Copper P. Late Ordovician-Early Silurian fluctuations in sea level from eastern Anticosti Island, Quebec // Lethaia, 1981, v. 14, № 1, p. 73—82.

Kaljo D. On the bathymetric distribution of graptolites // Acta Palaeontol. Polon., 1978, v. 23, № 4, p. 523—531.

Kanygin A.V., Dronov A.V., Timokhin A.V., Gonta T.V. Depositional sequences and palaeoceanographic change in the Ordovician of the Siberian craton // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 2010, v. 296, p. 285—296.

Landing E.D., Geyer G., Brasier M.D., Bowring S.A. Cambrian evolutionary radiation: context, correlation, and chronostratigraphy – overcoming deficiencies of the first appearance datum (FAD) concept // Earth Sci. Rev., 2013, № 123, p. 133—172.

Lenz A.C., Chen Xu. Graptolite distribution and lithofacies: some case histories // J. Paleontol. 1985, v. 59, № 3, p. 636—642.

Munnecke A., Calner M., Harper D.T., Servais T. Ordovician and Silurian sea-water chemistry, sea level, and climate: A synopsis // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 2010, v. 296, p. 389—413.

Nielsen A.T. Ecostratigraphy and the recognition of Arenigian (Early Ordovician) // Global perspectives on Ordovician geology. Netherlands, Balkema, Rotterdam, Brookfield. 1992, p. 355—366.

Nielsen A.T. Ordovician sea level changes: potential for global event stratigraphy // Eds. G.I. Albanesi, M.S. Beresi, S.H. Peralta. INSUGEO, Serie Correlacion Geologica, 17. Ordovician from the Andes, 2003, p. 445—449.

Nielsen A.T. Ordovician sea level changes: A Baltoscandian perspective // The Great Ordovician Biodiversification Event / Eds. B. Webby, F. Paris, M.L. Droser, I.G. Percival. New York, Columbia University Press, 2004, p. 84—93.

Nielsen A.T. A re-calibrated revised sea level curve for the Ordovician Baltoscandia // Ordovician of the world. Madrid, Instituto Geologico y Minero de Espana, 2011, p. 399—401.

Pärnaste H., Bergström J. The asaphid trilobite fauna: Its rise and fall in Baltica // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 2013, v. 389, p. 64—77.

Sennikov N.V., Yolkin E.A., Petrunina Z.E., Gladkikh L.A., Obut O.T., Izokh N.G., Kipriyanova T.P. Ordovician-Silurian biostratigraphy and paleogeography of the Gorny Altai. Novosibirsk, Publishing House of SB RAS, 2008, 154 p.

Storch P. Biostratigraphy, palaebiographycal links and environmental interpretation of the Llandovery and Wenlock graptolite faunas of peri-Gondwana Europe // Proceeding of the Sixth International graptolite conference of the GWG (IPA) and the SW Iberia field meeting 1998 of the International Subcommission on Silurian Stratigraphy (ICS-IUGS). Madrid. Instituto Technologico Geominero de Espana, 1998, p. 126—129.

The Great Ordovician Biodiversification Event // Eds. B. Webby, F. Paris, M.L. Droser, I.G. Percival. New York, Columbia University Press, 2004, 484 p.

Treatise on invertebrate paleontology, Part O, Artropoda 1: Trilobita, revised. University of Kansas, 1997, 530 p.

Watkins R., Boucot A.J. Evolution of Silurian brachiopod communities along the southeastern coast of Acadia // Bull. Geol. Soc. Amer., 1975, v. 86, p. 243—254.

Watkins R., Berry W.B.N. Ecology of a Late Silurian fauna of graptolites and associated organisms // Lethaia, 1977, v. 10, № 4, p. 267—286.

Zhiyi Zhou, Zhiqiang Zhou, Siveter D.J., Wenwei Y. Latest Llanvirn to Early Caradoc trilobite biofacies of the north-western marginal area of the Yangtze block, China // Spec. Papers Paleontol., 2003, v. 70, p. 281—291.

Рекомендована к печати 16 марта 2016 г.
Б.Н. Шурыгиным

Поступила в редакцию
8 февраля 2016 г.