

## ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ ОРДОВИКА: ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ БИОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ПОСТРОЕНИЙ ПО КОНОДОНТАМ

© 2022 г. Т. Ю. Толмачева<sup>1, 2, \*</sup>, К. Е. Дегтярев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский геологический институт  
им. А.П. Карпинского, (ВСЕГЕИ), Средний пр., д. 74, 199106 Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Геологический институт РАН, Пыжевский пер., д. 7, 119017 Москва, Россия

\*e-mail: [tatiana\\_tolmacheva@vsegei.ru](mailto:tatiana_tolmacheva@vsegei.ru)

Поступила в редакцию 29.08.2021 г.

После доработки 18.05.2022 г.

После повторной доработки 5.10.2022 г.

Принята к публикации 07.11.2022 г.

В статье приводится обзор современных глобальных реконструкций расположения континентов для ордовикского периода и региональных палеогеографических моделей Восточно-Европейской платформы и западной части Центрально-Азиатского орогенного пояса. Изложена история развития представлений о биогеографии конодонтов и результаты их биогеографических исследований. Показано, что биогеография ордовикских конодонтов основана на принципах биогеографического районирования современного океана с выделением в качестве основных биогеографических подразделений областей/царств открытого моря и мелководных морей. Выявлено, что биогеография пелагических конодонтовых фаун в ордовике определяется климатической зональностью, а биогеографические характеристики фаун мелководно-морских бассейнов – уровнем их эндемичности, позволяющим оценивать взаимное географическое расположение палеобассейнов. Показан вклад биогеографического районирования конодонтов в развитие представлений о палеогеографии Восточно-Европейской платформы и западной части Центрально-Азиатского орогенного пояса.

*Ключевые слова:* палеогеографические реконструкции, региональная палеогеография, биогеография, ордовик, конодонты, палеоконтиненты, Восточно-Европейская платформа, западная часть Центрально-Азиатского орогенного пояса

**DOI:** 10.31857/S0016853X22060066

### ВВЕДЕНИЕ

Характерной особенностью ордовикского периода является высокое стояние уровня моря, широкое развитие эпиконтинентальных морей и сильно меняющийся климат – от экстремально теплого с широко распространенными аноксидными обстановками осадконакопления в раннем ордовике [78, 107], до крупнейшего оледенения в истории Земли в конце периода [47]. В ордовике произошло два важнейших биотических события:

– ранне-среднеордовикская вспышка биоразнообразия морских организмов, известная как великое событие ордовикской биодиверсификации [92];

– позднеордовикское катастрофическое вымирание почти 85% всех морских видов организмов [93].

Согласно глобальным палеогеографическим реконструкциям основные континенты в ордовике располагались в южном полушарии Земли на значительном удалении друг от друга [29, 46]. Это представление основано на результатах палео-

магнитных исследований и изучении бентосной фауны, преимущественно трилобитов и брахиопод, биогеографическая дифференциация которых в ордовике была исключительно высокой [110]. Палеомагнитные исследования позволяют определить широтное положение изученного разреза по отношению к палеополюсу, а биогеографические характеристики фаунистических групп, сильно зависящие от литофациальных особенностей разрезов и уровня изученности, выявить относительную удаленность или близость палеобассейнов.

В настоящее время для уточнения ордовикских палеогеографических реконструкций используются результаты датирования зерен обломочного циркона, данные о седиментационных и геодинамических обстановках формирования осадочных и магматических образований [40].

Предпринимались попытки использования для палеореконовструкций не только бентосных, но и пелагических групп фауны. При этом было установлено, что биогеографическое районирование планктона в большей степени отражает

особенности климата и океанической циркуляцией (температуру поверхностных вод, соленость, освещенность, приток питательных веществ), чем относительное расположение палеоконтинентов [90, 109, 110]. Анализ распределения граптолитов и хитиной позднего ордовика выявил их отчетливую биогеографическую широтную зональность, сопоставимую с распределением современных планктонных фораминифер [109, 110]. Изучение позднеордовикских радиолярий показало существование когерентных тропических провинций [37]. Однако большинство пелагических групп фауны, в том числе наутилоидеи и фитопланктон, характеризуются слабой изученностью, тафономической неустойчивостью, отсутствием подходящих фаций и/или низким биостратиграфическим потенциалом, что ограничивает их использование в глобальных биогеографических построениях.

Одной из наиболее распространенных и стратиграфически значимых пелагических фаун палеозоя являются конодонты, которые начали свое развитие в среднем кембрии, а к концу раннего ордовика достигли максимального таксономического разнообразия [98]. В настоящее время конодонты ордовика относительно хорошо изучены на многих палеоконтинентах, разработаны их зональные последовательности, определены их биофациальные и биогеографические особенности [82, 101]. Мнения о биогеографической приуроченности тех или иных конодонтовых комплексов приводятся во многих публикациях, однако, современные крупные обобщения по биогеографии ордовикских конодонтов отсутствуют. Данные по распространению этой группы фауны не учитываются в современных палеогеографических построениях, поскольку считается, что природа и образ жизни конодонтов окончательно не установлены [112].

Целью статьи является анализ имеющихся глобальных и региональных палеогеографических реконструкций для ордовикского периода, обзор биогеографического районирования конодонтов и степени влияния данных о них на региональные палеогеографические реконструкции ордовика западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса и Восточно-Европейской платформы. С использованием данных авторов, полученных более чем за тридцать лет изучения конодонтов, уточнены палеогеографические реконструкции ордовика для этих регионов.

## ГЛОБАЛЬНЫЕ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ

Глобальные палеогеографические реконструкции представляют собой картографические изображения положения палеоконтинентов и палеоокеанов в различные отрезки геологического вре-

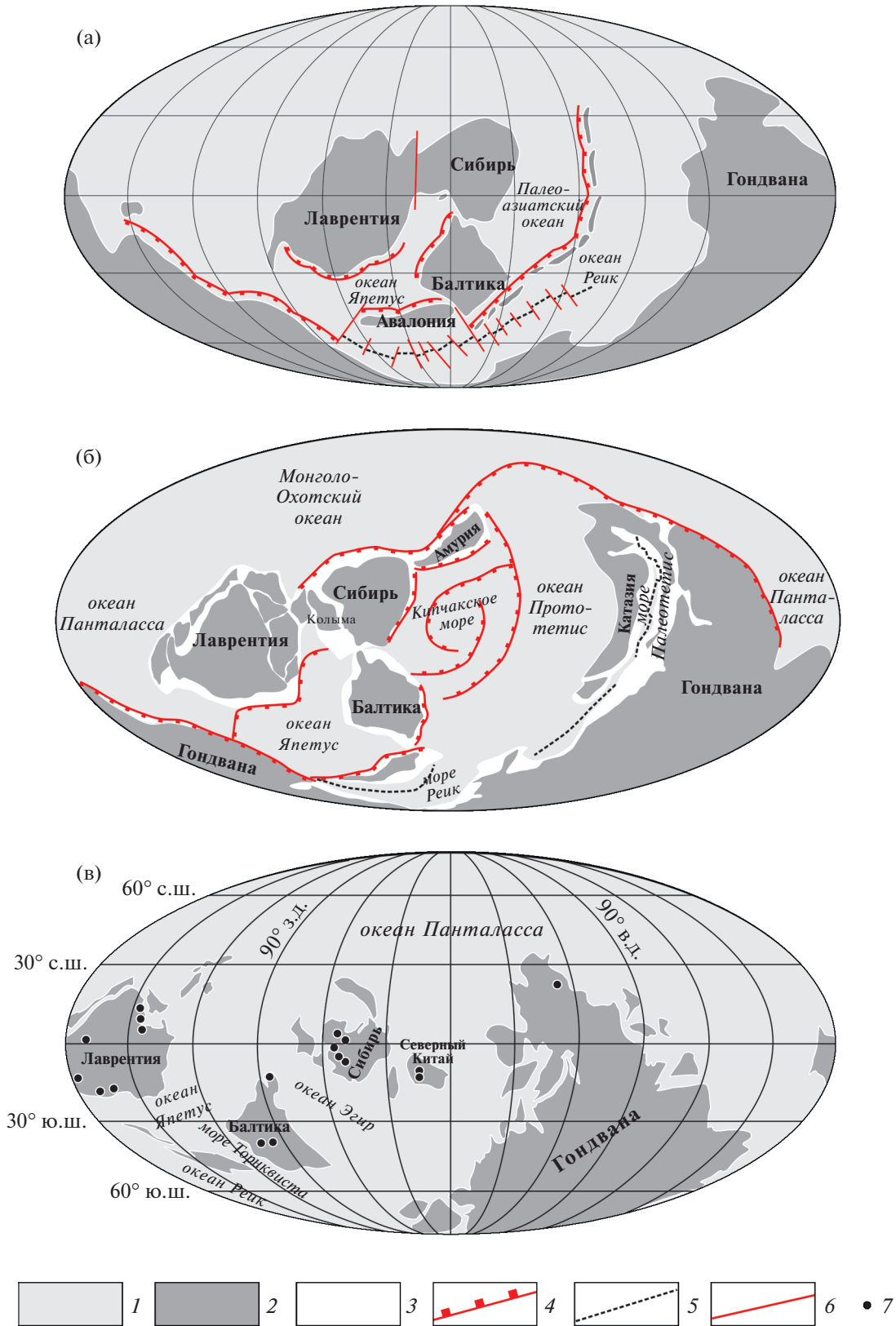
мени в рамках теории тектоники литосферных плит. Первые подобные карты для мезозоя были созданы в 1930-х гг. [115]. К 1970-м годам карты были составлены на все интервалы фанерозойской истории Земли, включая ордовикский период [6, 52, 66, 85, 95, 125]. Широтное расположение ордовикских палеоконтинентов на первых палеогеографических картах основывалось на имеющихся палеомагнитных данных, а меридиональное – на представлениях о тектоническом развитии Земли и, реже, на биогеографии бентосной фауны [86, 95, 125].

Наиболее известны палеогеографические реконструкции А.М. Циглера и Х. Скотиза, которые разрабатываются и уточняются уже более 50 лет [83–85] (рис. 1). Эти реконструкции были положены в основу палеогеографических построений российских ученых [2], а также палеогеографических и литофациальных карт Я. Голонки [49, 50] (см. рис. 1) и Рональда Баркли [126].

Палеогеографические реконструкции для раннего палеозоя уже более 30 лет разрабатывают Т. Торсвик и Р. Кокс [32, 104, 106]. Для уточнения палеогеографических карт они активно использовали данные по биогеографическому распространению брахиопод, а в последние годы – материалы по крупным изверженным провинциям, кимберлитам и кинематике литосферных плит [например, 39]. Ими разработана программа GMAP [127], которая позволяет интерактивно изменить положение континентов при внесении новых палеомагнитных данных. Программа широко используется исследователями для палеогеографических построений [57, 63, 105] (см. рис. 1).

В последние годы широкое распространение приобрели интерактивные палеогеографические модели проекта EarthByte [128], которые создаются в программе GPlates [129] с учетом палеомагнитных, биогеографических, палеоклиматических и тектонических данных. С помощью программы GPlates [129] представлены палеогеографические реконструкции Х. Скотиза и других исследователей [35, 49, 84] (см. рис. 1). Существуют и менее известные глобальные палеогеографические модели, включающие реконструкции для ордовикского периода, например, разработки Г. Стамфли и Х. Верарда [96, 111, 112] (см. рис. 1).

Все современные палеогеографические реконструкции разных авторов сходны в основных чертах. На них выделяются четыре крупных континента – Гондвана, Балтика, Сибирь, Лаврентия и множество континентальных блоков меньшего размера. Все континенты располагаются в южном полушарии, а северное полушарие занимает океан Панталасса. Гондвана, включающая территории современной Африки, Австралии, Антарктиды, Южной Америки, Аравийского полуострова, Индии и Мадагаскара, является самым крупным



**Рис. 1.** Наиболее распространенные глобальные палеогеографические реконструкции ордовика (по данным [50, 84, 106], с изменениями дополнениями)  
 (а) – поздний ордовик (б) – 460 млн лет (в) – 460 млн лет  
 1 – океаны и моря с океанической корой; 2 – континенты и континентальные блоки; 3 – области континентальной коры, которые были подвергнуты тектонической переработке в последующие эпохи; 4 – зоны субдукции; 5 – зоны спрединга; 6 – трансформные разломы; 7 – области развития эвапоритов

палеоконтинентом и занимает пространство от Южного полюса до экватора. Балтика в начале ордовика располагается в относительно высоких широтах, а концу среднего ордовика перемещается в экваториальную зону. Лаврентия, включающая территории Северной Америки, Гренландии и части Шотландии, а также Сибирь на протяжении всего ордовика располагались в экваториальных широтах.

Континентальные блоки Авалония (Ньюфаундленд, Англия, Уэльс, южная часть Ирландии и часть Западной Европы), Сибумасу (Мьянма, западная часть Таиланда, западная часть Малайзии, Суматра), Аннамия (Индокитай), Северный Китай и Южный Китай, Тарим, Перуника (Богемия) окружают Гондвану на западе и востоке.

В окружении Гондваны находятся континентальные блоки меньших размеров, входящие в настоящее время состав мезозойско-кайнозойских и палеозойских складчатых сооружений Таврид и Понтид (Турция), Казахстана, Гималаев, Аргентинских Прикордильер и др. (см. рис. 1).

При общем сходстве всех глобальных палеогеографических реконструкций они отличаются меридиональным расположением палеоконтинентов, расстояниями между ними, присутствием, положением и направлениями перемещения отдельных континентальных блоков, а также положением древних зон спрединга и субдукции. На реконструкциях данные зоны помещаются в значительной степени на основе интерпретаций и часто не подкреплены данными о существовании комплексов океанической литосферы и островных дуг конкретного возрастного интервала.

Различия в палеогеографических картах во многом связаны с тем, насколько исследователи учитывают палеогеографические и биогеографические построения по конкретным регионам. Так, на реконструкциях Х. Скотиза [84] и Я. Голонки [50] показана крупная Кипчак–Тувино–Монгольская островная дуга, объединяющая все надсубдукционные комплексы Центрально-Азиатского пояса [88]. Однако существование такой структуры подвергается сомнению, т.к. противоречит имеющимся геологическими и палеонтологическими данными [35, 118]. В реконструкциях Т. Торсвика и Р. Кокса не были учтены опубликованные данные российских исследователей по Восточно-Европейской платформе [35, 106].

### РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ

Региональные палеогеографические реконструкции на ордовикский период в настоящее время созданы почти для всех континентов, палеобассейнов или блоков земной коры. Наиболее

детально в палеогеографическом отношении изучено восточное побережье палеоокеана Япетус и окружающие его континентальные блоки Лаврентии, Балтики, Иберо-Арморики, Перуники и Авалонии, где изучение ордовика имеет длительную историю. В многих, предложенных разными авторами региональных реконструкциях этого региона, положение и перемещение палеоконтинентов определяется биогеографическими характеристиками брахиопод, трилобитов, остракод и моллюсков [64, 117].

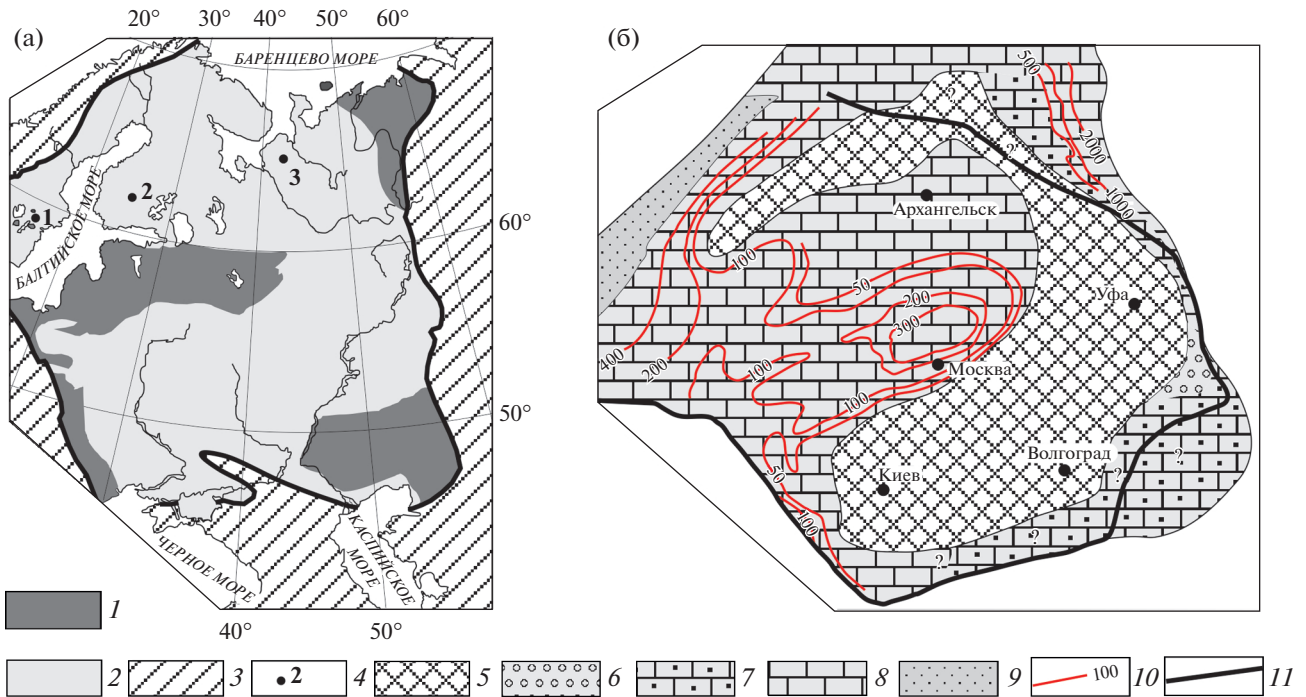
Региональные палеогеографические реконструкции Аргентинских Прикордильер, Канадской Арктики, Северного и Южного Китая в значительной степени опираются на биогеографические данные [15]. В то же время ордовикские палеогеографические реконструкции для Восточно-Европейской платформы и западной части Центрально-Азиатского орогенного пояса (палеозоиды Казахстана и Тянь-Шаня) до сих пор основаны на данных геологических и палеомагнитных исследований [53, 54, 58, 116, 118]. Фауна ордовика здесь относительно слабо изучена и редко используется в региональных палеогеографических построениях.

В связи с этим биогеографические характеристики конодонтов, которые хорошо изучены в этих регионах, могут быть дополнительным инструментом определения расстояния между отдельными частями палеобассейнов и уточнения палеогеографических реконструкций.

### ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ВОСТОЧНО- ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Согласно современным представлениям палеоконтинент Балтика был обособлен в ордовикское время от других крупных континентальных блоков и дрейфовал в северном направлении от относительно высоких широт в приэкваториальную зону, поворачивалась против часовой стрелки [31, 33, 87]. Расположение Балтики обосновано высоким уровнем эндемизма всех бентосных фаун, в том числе трилобитов и брахиопод, уменьшающимся к позднему ордовика, а смещение от высоких к низким широтам – палеомагнитными и лито-фациальными данными, указывающими на смену холодноводных пород на тепловодные [29].

В настоящее время ордовикские отложения распространены только в северо-западной и центральной частях Восточно-Европейской платформы (Балтоскандийский и Московский палеобассейны), на западной периферии платформы вдоль Донецо-Припятского вала (Подолія), на ее северо-востоке (Тимано-Печерский регион и Приполярный Урал) и юго-востоке (Прикаспийская



**Рис. 2.** Распространение ордовикских отложений на Восточно-Европейской платформе и ее палеогеографическая реконструкция.

(а) – ордовикские отложения Восточно-Европейской платформы (ВЕП); (б) – палеогеографическая реконструкция ВЕП для позднего ордовика (по [94]).

1–2 – области: 1 – распространения отложений ордовика (в настоящее время), 2 – отсутствия отложений ордовика (в настоящее время); 3 – складчатые сооружения обрамления ВЕП; 4 – местонахождения палеонтологических остатков ордовика в брекчиях метеоритных кратеров и кимберлитовых трубок: 1 – район Даларны в Южной Швеции, 2 – южная Финляндия (по [108]), 3 – Юго-Восточное Беломорье (по [10]); 5 – области суши; 6–10 – отложения: 6 – грубообломочные, 7 – карбонатно-терригенные, 8 – карбонатные, 9 – грауваковых турбидитов; 10 – изопакиты (м); 11 – граница ВЕП

синеклиза), где они известны по основному по геофизическим данным (рис. 2, а).

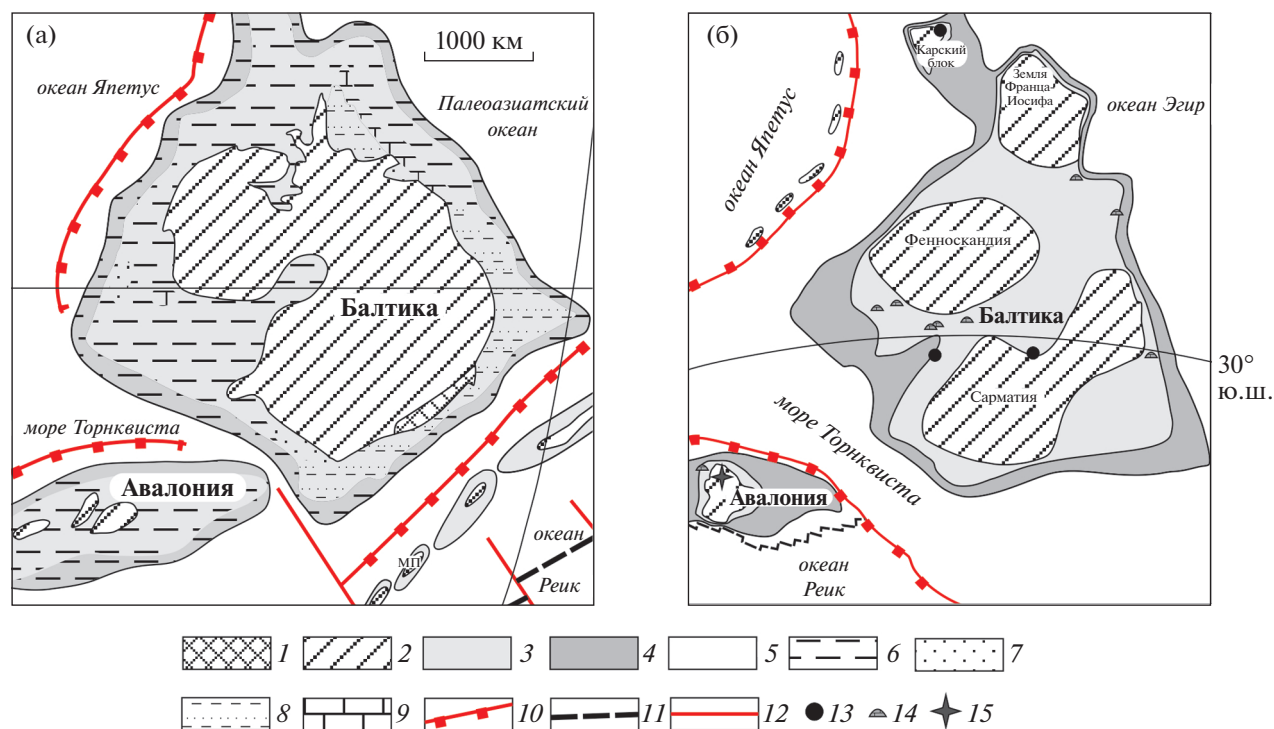
Однако в ордовике область осадконакопления была значительно больше и включала территорию Норвегии, Швеции и часть внутренних территорий Восточно-Европейской платформы. Доказательством этого является наличие пород ордовикского возраста в грабенах в окрестностях г. Осло (Норвегия), района Даларны (Швеция) и на юге Финляндии, где фауна ордовика сохранилась в обломочных породах девонского метеоритного кратера [82, 108]. Также среди ксенолитов кимберлитовых трубок Юго-восточного Беломорья встречаются многочисленные обломки карбонатных и терригенных пород ордовикского возраста [3]. Здесь на основании изучения конодонтов из ксенолитов была реконструирована мощная ордовикская часть осадочного чехла платформы, размытая в ходе позднепалеозойской геологической истории региона [10] (см. рис. 2, а).

Всех этих немногочисленных прямых свидетельств об обширном эпиконтинентальном бассейне в ордовике недостаточно для установления точных контуров возможных областей развития суши во внутренних частях платформы. Поэтому палеогеографические реконструкции разных ис-

следователей имеют значительные отличия [50, 69, 94, 105]. Кроме того, многие исследователи не учитывают весь комплекс данных по ордовикским отложениям на Восточно-Европейской платформе. Так, в реконструкции С. Сляупа с соавт. [94], не учитывается существование погруженного ордовика на о. Колгуев (северо-восток Восточно-Европейской платформы), а в реконструкциях других исследователей [50, 105] не учтены данные по Юго-восточному Беломорью (см. рис. 2, б; рис. 3). Данные по распространению фауны на платформе используют в своих палеогеографических построениях только Т. Торсвик и Р. Кокс [32, 104, 106], указывая на сходство фауны среднего ордовика Балтоскандии и Тимано-Печорской части платформы, а значит на существование морского бассейна, соединявшего в это время противоположные части платформы.

### ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА

Центрально-Азиатский складчатый пояс является наиболее крупной и сложно построенной



**Рис. 3.** Палеогеографические реконструкции Восточно-Европейской платформы (по данным [50, 106], с изменениями).

(а) – поздний ордовик; (б) – 460–450 млн лет.

1–2 – области суши: 1 – высокой, 2 – низкой; 3–4 – моря: 3 – мелководные, 4 – глубоководные; 5 – океанические бассейны; 6–9 – типы ордовикских отложений: 6 – аргиллиты, сланцы, 7 – песчаники, алевролиты, 8 – песчаники, сланцы, 9 – карбонаты; 10 – зоны субдукции; 11 – зоны спрединга; 12 – трансформные разломы; 13 – эвапориты; 14 – карбонатные рифогенные постройки; 15 – вулканиты

структурой Азии, сформировавшейся в результате геологической эволюции Палеоазиатского океана в течение неопротерозоя–начала мезозоя. В строении пояса участвуют многочисленные блоки с докембрийской корой, а также протяженные тектонические зоны, сложенные различными интенсивно дислоцированными палеозойскими комплексами [4].

За все годы изучения Центрально-Азиатского складчатого пояса было предложено огромное количество самых разных палеогеографических/палеотектонических моделей его развития в палеозое [7, 18, 40, 49, 53, 54, 58, 65, 116, 118–120].

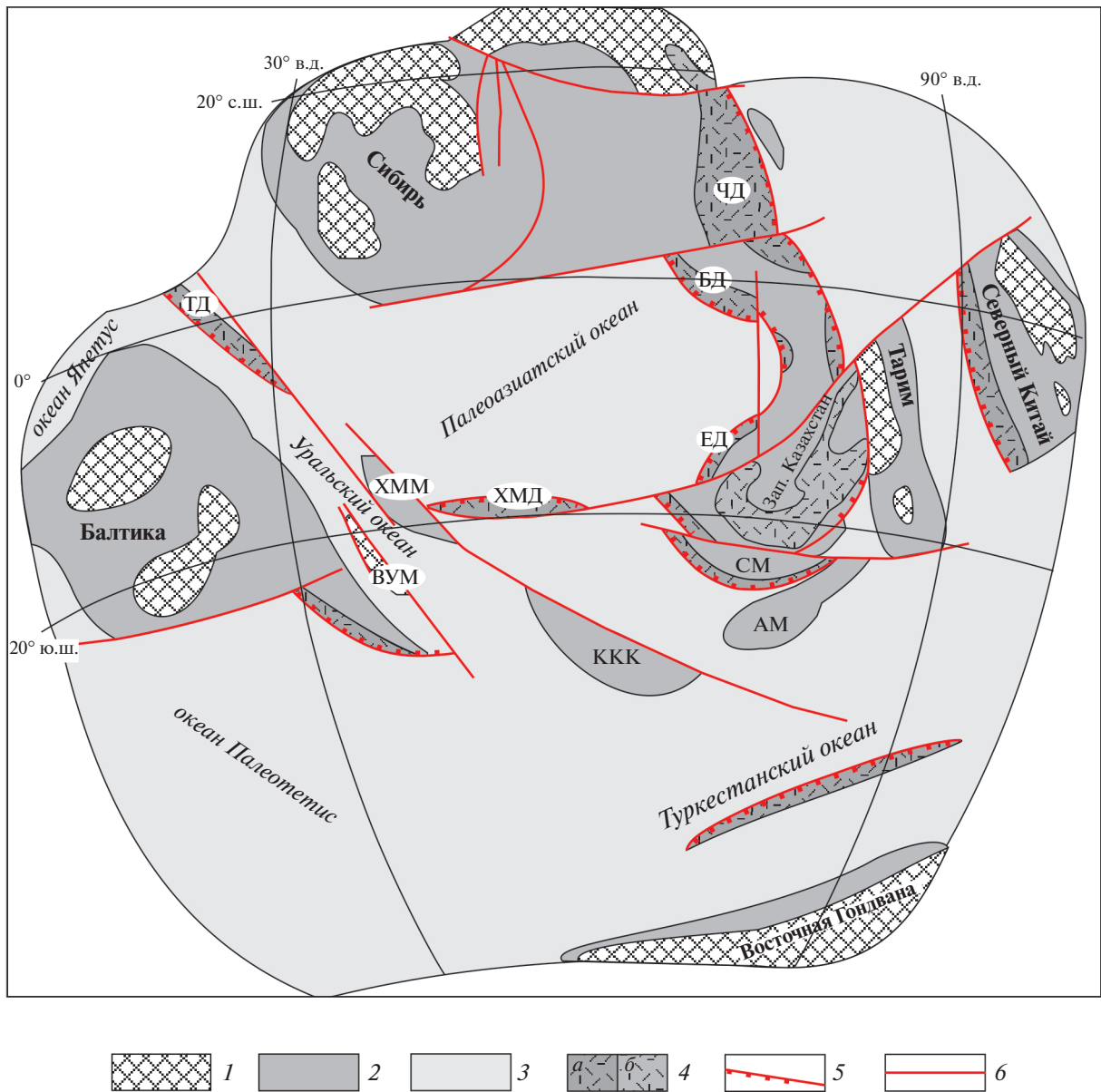
Некоторые палеогеографические модели западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса, включают и реконструкции для ордовикского периода [21, 40, 49, 54, 65, 77, 116, 118, 120].

Общей чертой всех реконструкций ордовика, является расположение палеозойд Казахстана в экваториальных широтах между восточным обрамлением Гондваны и палеоконтинентами Сибирь и Балтика в виде нескольких континентальных блоков с докембрийским фундаментом, окруженных рядом островных дуг (рис. 4, рис. 5, рис. 6, рис. 7). Реконструкции различаются коли-

чеством блоков, их названиями и взаимным расположением друг относительно друга.

В большей части палеогеографических моделей не ставится задача реконструировать точное палеогеографическое положение тех или иных структур Казахстана в геологическом прошлом. Эти модели в основном иллюстрируют локальные представления о тектонической эволюции региона и отображают собственные данные авторов моделей по геологии конкретных регионов. Биогеографические особенности фауны обычно не принимаются во внимание, как и не оцениваются расстояния между крупными палеоконтинентами и отдельными континентальными блоками (см. рис. 1, в).

К созданию палеогеографических реконструкций биогеографические данные активно привлекаются только Т. Торсвиком и Р. Коксом [46] (см. рис. 5). На основании сходства трилобитов Казахстана с фаунами Австралии и Северного Китая в раннем и среднем ордовике, отсутствия биогеографических связей с Южным Китаем в раннем и среднем ордовике и их появлением в позднем ордовике Таримский, Тянь-Шаньский, Чу-Илийский и Чингиз-Тарбагатайский блоки (соответствующие блокам на реконструкции Д. Шенгера [88]), были



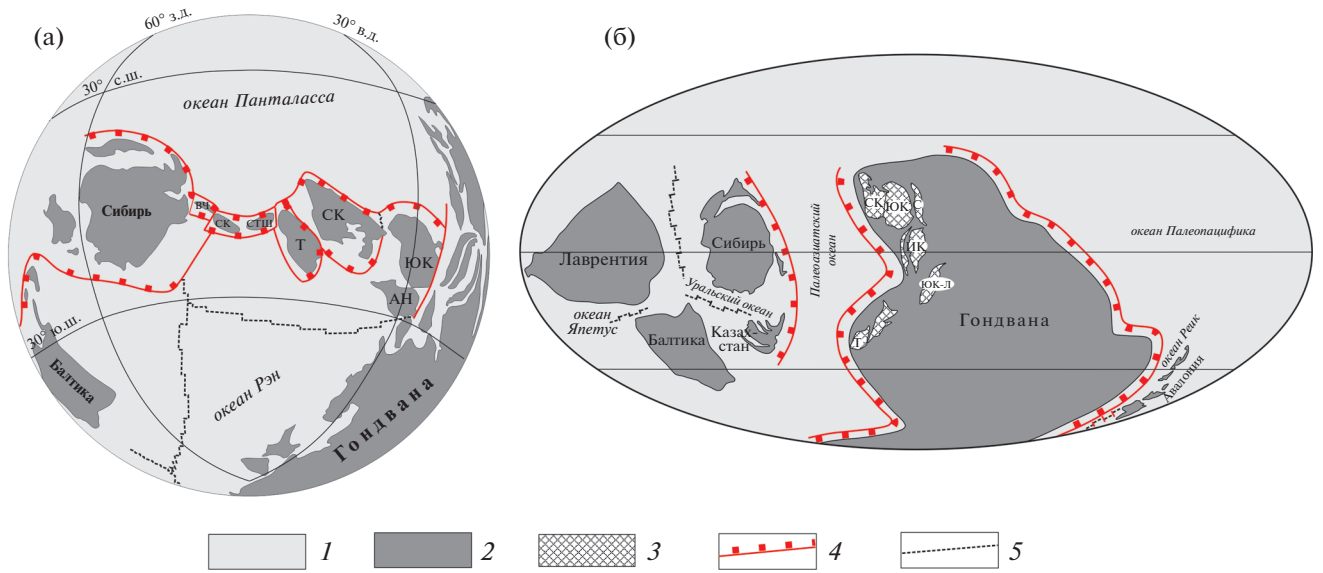
**Рис. 4.** Палинспастическая реконструкция для Северной Евразии для позднего ордовика (450 млн лет) по данным [54]. Микроконтиненты и блоки с континентальной корой: АМ – Алайский, СМ – Сырдарьинский, ХММ – Ханты-Мансийский, ВУМ – Восточно-Уральский, ККК – Карабогазский, Бечасынский, Амударьинский и Каракумский. Островные дуги: ТД – Тагильская, ХМД – Ханты-Мансийская, ЕД – Ерементавская, БД – Бошекульская, ЧД – Чингизская. 1 – области суши, лагунные и прибрежные бассейны; 2 – шельфовые и глубоководные бассейны, континентальные склоны и их подножья, рифы и соленосные бассейны; 3 – океанические бассейны; 4 – известково-щелочные вулканы и интрузивы: а – островных дуг, б – активных континентальных окраин; 5 – зоны субдукции; 6 – трансформные разломы, крупные сдвиги и континентальные рифты

расположены на значительном удалении от окраин Сибири и вблизи Австрало-Азиатской части Гондваны [34, 48, 62, 77, 105].

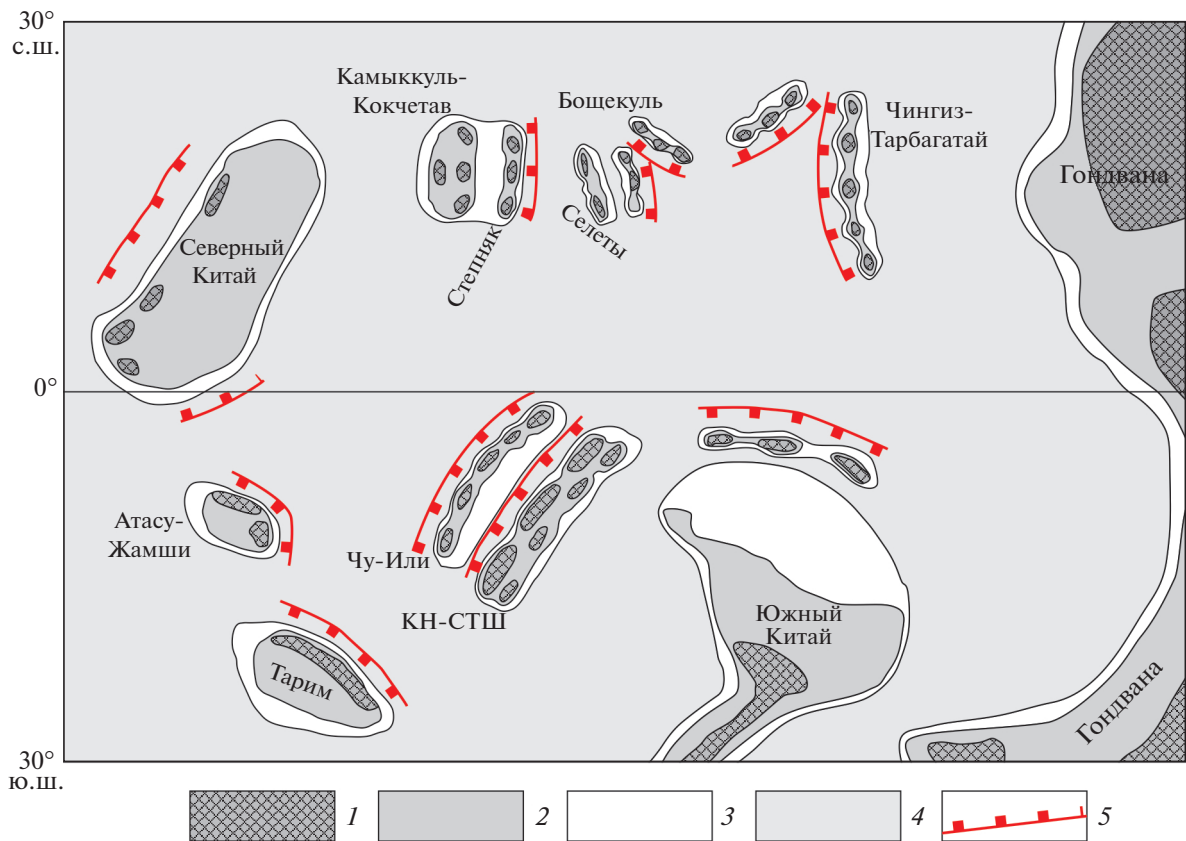
В реконструкциях Алтае-Саянский блок был размещен рядом с Гондваной в раннем и позднем ордовике, а Северный Китай помещен между Сибирью и блоками Казахстана [77]. Только в последней реконструкции были учтены разработки

других исследователей и Северный Китай перемещен к востоку от казахстанских блоков [35].

Общее сходство трилобитов и брахиопод Казахстана с фаунами Австрало-Азиатского сектора Гондваны, отмечаемое многими авторами, объяснялось не только близостью этих регионов, но и наличием преобладающих течений, которые предполагаются на основании палеоклиматиче-

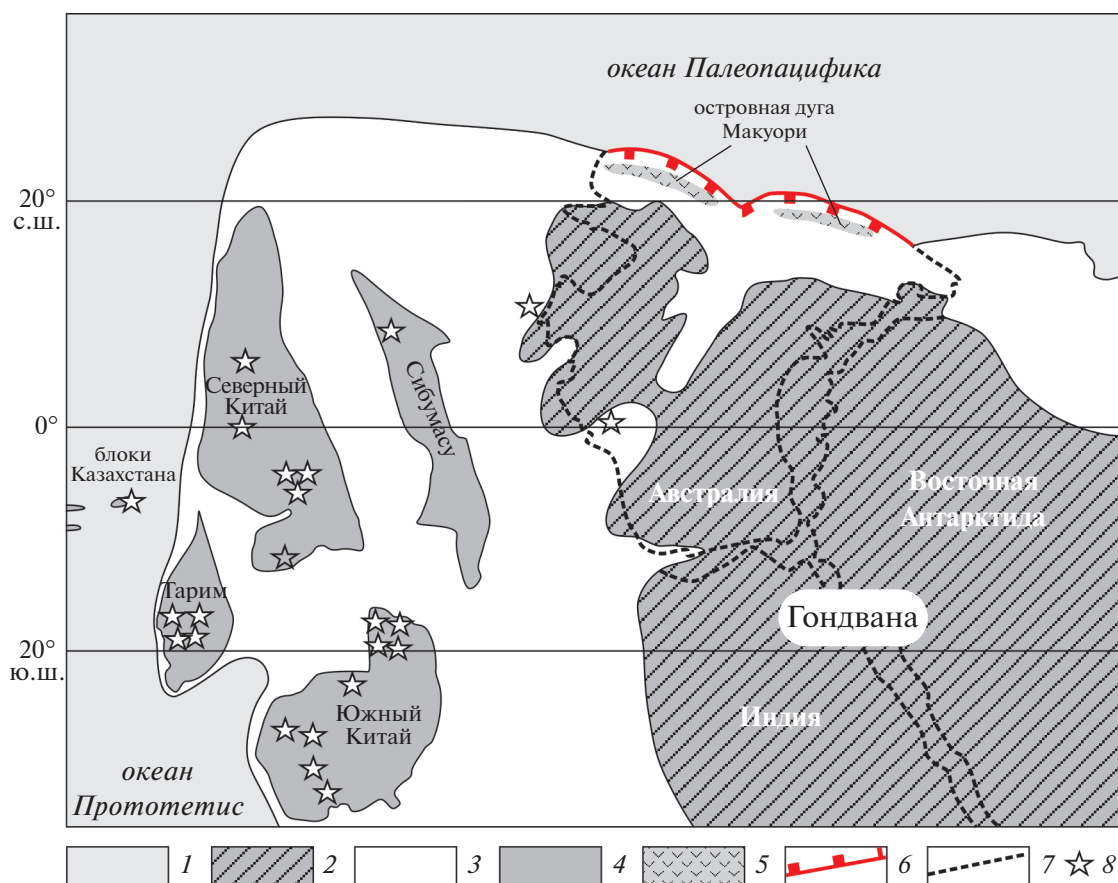


**Рис. 5.** Палеогеографические реконструкции ордовика Восточной Гондваны (по данным [40, 120], с изменениями). (а) – для среднего ордовика (460 млн лет); (б) – для интервала 500–420 млн лет.  
 Континентальные блоки и зоны: АН – Аннамия, ЮК – Южный Китай, СК – Северный Китай, Т – Тарим вместе с соседними мелкими блоками, ИК – Индокитай, ЮК–Л – Южный Куантанг и Лхаса, С – Сибумасу, ВЧ – Бошекуль-Чингизская, СК – Степняк-Кокчетавская и Северо-Тяньшаньская.  
 1 – океанические области; 2 – континенты, крупные блоки и зоны с континентальной корой; 3 – крупные континентальные блоки Восточной Азии в структуре северной окраины Гондваны; 4 – зоны субдукции; 5 – зоны спрединга



**Рис. 6.** Положение блоков Казахстана относительно Австрало-Азиатского сегмента Гондваны в позднем ордовике (455 млн лет) (по данным [74] с изменениями).  
 КН–СТШ – Каратау-Нарынская и Северо-Тяньшаньская группа блоков.  
 1 – области суши; 2–4 – бассейны: 2 – шельфовые мелководные; 3 – шельфовые глубоководные; 4 – океанические; 5 – зоны субдукции





**Рис. 7.** Палеогеографическая реконструкция Австрало-Азиатского сегмента восточной Гондваны для флювиального яруса нижнего ордовика, (по данным [122], с изменениями).

1 – океаны; 2 – области суши; 3 – морские бассейны; 4 – континентальные блоки Пери-Гондваны; 5 – островные дуги; 6 – зоны субдукции; 7 – современные границы континентов в составе Гондваны; 8 – местонахождения конодонтов – региональных эндемиков Австралоазиатской биогеографической провинции (*Serratognathus bilobatus*, *S. diversus*, *S. extensus* и др.)

ских и палеоокеанологических реконструкций [46, 48, 70, 72, 74–76] (см. рис. 6).

На основании находок в Малом Каратау (Южный Казахстан) регионально эндемичного представителя конодонтового рода *Serratognathus* блоки Казахстана помещались в относительной близости от Австрало-Азиатского сектора Гондваны [5, 122] (рис. 7).

Биогеографические данные также учитывались при реконструкции расположения континентальных блоков Восточной Гондваны. Удаленное друг относительно друга положение Северного и Южного Китая предполагалось на основании отмеченного в начале 1970-х гг. резкого различия ордовикской фауны [55].

Сходство позднекембрийских трилобитов, ордовикских моллюсков, строматопороидей, брахиопод, хитинозой и конодонтов служило доказательством палеогеографической близости Южного Китая и северо-западной Австралии [27].

В то же время Северный Китай и Тарим располагался между Лаврентией и Сибирью на значительном удалении от континентальных блоков Восточной Гондваны, в том числе, на основании предполагавшегося сходства ордовикских конодонтов Северного Китая и Сибири [35, 51].

Однако ни одна из предложенных к настоящему времени реконструкций не учитывает весь объем имеющихся геологических и биогеографических данных.

#### БИОГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ПО КОНОДОНТАМ ОРДОВИКСКИХ БАССЕЙНОВ

Конодонты являются одной из наиболее значимых для стратиграфии, многочисленных и широко распространенных фаунистических групп, позволяющих проводить расчленение и корреляцию ордовикских толщ широкого спектра фаций – от мелководных карбонатов эпиконтинен-

тальных морей и прибрежного шельфа до глубоководных кремнистых отложений пелагиали. Таксономический состав комплексов конодонтов ордовика относительно хорошо изучен на многих континентах. Однако до недавнего времени отсутствовали какие-либо четкие представления об образе жизни и обитании этой группы фауны, связи таксономического состава их комплексов с определенными фациями и общепринятые биогеографические построения [98].

Уже первые исследования конодонтов из центральных частей Североамериканской платформы показали их существенные отличия от разновозрастных фаун Скандинавии, Англии и Аппалачских гор [99]. На этом основании были выделены Мидконтинентальная и Северо-Атлантическая крупные биогеографические провинции, которые до настоящего времени широко используются в качестве биогеографических подразделений, отражающих скорее климатические характеристики палеобассейнов, чем их географическую приуроченность [18, 24, 79, 100, 101].

Хотя высказывались мнения, что эти две провинции, возможно, характеризуют глубины палеобассейнов, но большинство исследователей придавали большее значение именно температурному фактору [18, 20, 24, 60].

К Мидконтинентальной провинции были отнесены конодонты из центральной части Северной Америки, Сибирской платформы, Северного Китая и Австралии, а к Северо-Атлантической провинции конодонты северо-запада Восточно-Европейской платформы, Англии и Центральной Европы [22, 101]. С. Бергстрем в своих реконструкциях [22] объединил северо-запад Восточно-Европейской платформы и восточную складчатую окраину Северной Америки (Аппалачи) в единую Балтийскую провинцию. Согласно другому мнению эти регионы представляли различные Балтоскандийскую и Аппалачскую провинции [73].

Для среднего ордовика из Мидконтинентальной провинции была выделена провинция Северного Китая, а из Северо-Атлантической — Прекордильерская провинция, которая соответствовала Аппалачской провинции С. Полер и К. Барнса, а также включала конодонтовую фауну восточной и западной Гондваны [18].

С.В. Дубинина [5] выделила между холодноводными и тепловодными областями Северо-Атлантической и Мидконтинентальной провинций переходную область, к которой были отнесены Южный Казахстан, Западный Ньюфаундленд, Аргентина и Южный Китай. По другой классификации Северный Китай и Австралия выделялись в умеренно тепловодную Австрало-Азиатскую провинцию [114].

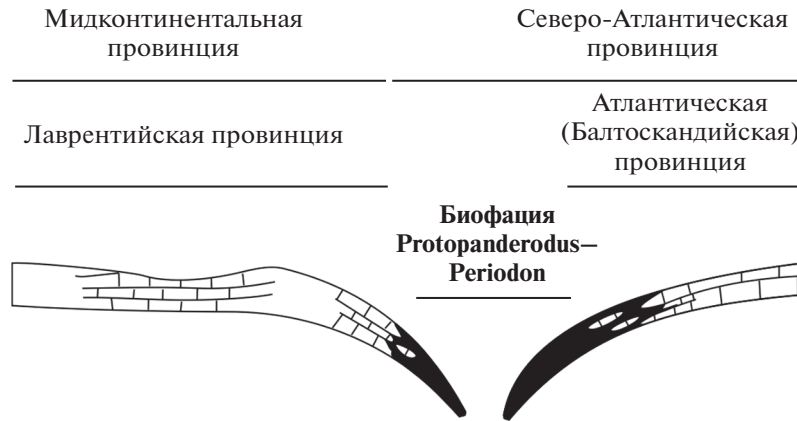
Накопление данных по конодонтам приводило к выделению новых биогеографических провинций, при этом их иерархии не придавалось большого значения. Применение терминов провинция, фаунистический регион, царство/область часто использовались условно.

Биогеографическим подразделениям традиционно давались географические названия. Единственная попытка назвать выделенные провинции по типичным таксонам конодонтов — “*Histioidella*” (Мидконтинентальная провинция) и “*Periodon*” (Северо-Атлантическая) не нашла своего продолжения [60]. Несколько раз при выделении биогеографических подразделений применялись методы математической статистики [22, 28, 101]. Эти попытки оказались непродуктивными и неоднозначными.

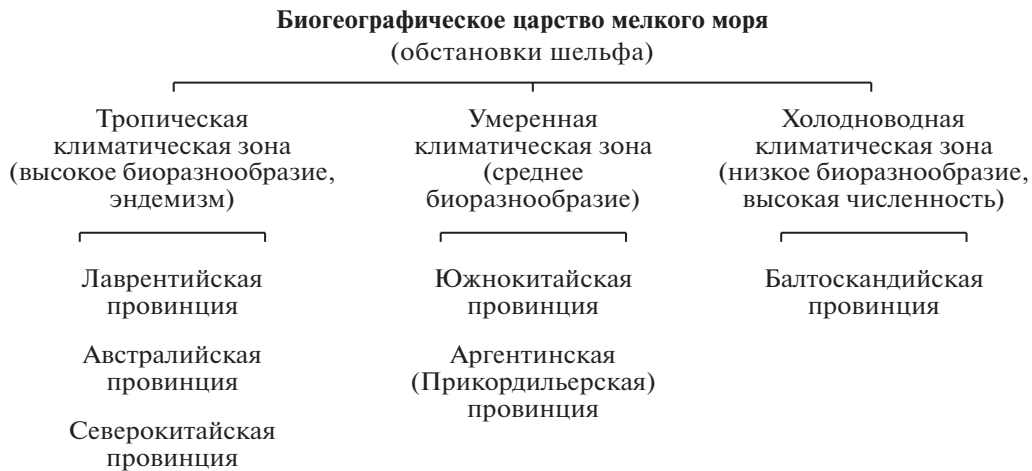
Первый шаг к современному биогеографическому районированию сделал Ян Расмуссен [80], который, при анализе таксономического состава конодонтов из Скандинавии и восточной части Северной Америки, заметил, что Северо-Атлантический облик комплексам из Северной Америки придает виды *Dapsilodus viruensis*, *Paroistodus horridus*, *Ansella* spp., *Periodon* spp., *Protopanderodus* spp., и “*Walliserodus*” spp., которые характерны и для северо-запада Восточно-Европейской платформы (рис. 8). Следовательно, виды широкого географического распространения, применявшиеся к комплексам относительно более мелководноморских фаун, создают ложное впечатление о провинциальности самих платформ. Это предположение привело к пониманию того, что для биогеографического анализа конодонтовых фаун необходимо вычленять из них космополитные/пелагические формы конодонтов [17].

Основная проблема в реализации этого подхода к биогеографическому районированию заключалась в отсутствии данных о том, какие виды конодонтов были пелагическими и имели широкое географическое распространение. К достоверно пелагическим видам относились только наиболее широко распространенные таксоны, в том числе, встречающиеся в наиболее глубоководных отложениях ордовика — кремнистых породах палеозойда Казахстана, юго-восточной Австралии и Шотландии [5, 16, 67, 102, 124].

К таким пелагическими видами конодонтов относятся *Oepikodus evae*, *Spinodus spinatus*, *Drepanodus arcuatus*, *Paroistodus horridus*, *Bergstroemognathus extensus*, *Paroistodus proteus*, *Paracordylodus gracilis*, некоторые виды родов *Periodon*, *Pygodus*, *Protoprioniodus*, *Protopanderodus*, *Histioidella*, *Ansella* [89]. Пелагический образ ряда других конодонтов — представителей рода *Panderodus*, *Drepanoistodus* и других конических форм — только предполагался, исходя из увеличения их численности в более глубоководных биофациях [73].



**Рис. 8.** Распространение биофации *Protopanderodus-Periodon* в окраинных морях Япетуса, (по данным [80], с изменениями).



**Рис. 9.** Биогеографическое районирование мелководной области раннего ордовика, (по данным [121], с изменениями).

Следующим шагом к созданию современного биогеографического районирования конодонтов стало предложение о выделении для раннего ордовика двух крупных биогеографических единиц по аналогии с биогеографической схемой современных акваторий – биогеографического царства мелководных морей с глубинами, не превышающими 200 м, и царства пелагиали открытых морей [121].

Каждое царство была разделено на тропическую, умеренно-тепловодную и холодноводную климатические зоны в зависимости от географического положения.

В областях мелководного моря были выделены провинции [121] (рис. 9):

- Балтоскандийская (в холодноводной зоне);
- Южно-Китайская и Аргентинская (в умеренно тепловодной зоне);
- Лаврентийская, Австралийская и Северо-Китайская (в тропической зоне). Считалось, что

мелководноморские (неритовые) фауны были в значительной степени эндемичными и таксономически разнообразными, а пелагиаль заселялась сообществами конодонтов с широким географическим или космополитным распространением и низким разнообразием [121].

Но, несмотря на появление теоретической базы для биогеографического районирования конодонтов, дальнейшие шаги по его созданию были невозможны из-за неясности, какие виды конодонтов являются пелагическими, а какие мелководными. Изучение глубоководных отложений окраин палеоконтинентов, в которых смешивались пелагические и неритовые конодонтовые фауны, пролило свет на проблему.

Только в последнее время список пелагических видов конодонтов стал расширяться, благодаря изучению этой группы фауны из кремнистых отложений Казахстана и Австралии. Так из кремнистых пелагических отложений юго-восточной Австралии было определено 28 видов и

3 таксона неясной видовой принадлежности [123]. В кремнистых породах ордовика палеозоид Казахстана было обнаружено 53 таксона конодонтов, из них 14 таксонов, определенных в открытой номенклатуре [12, 38, 102].

Хотя эти новые данные существенно дополнили характеристику экваториальной зоны открытоморской биогеографической области, общее таксономическое разнообразие конодонтов пелагиали пока считается более низким, чем разнообразие конодонтов неритовой зоны. Только на двух стратиграфических интервалах (флосский, низы дарривильского ярусов) количество найденных видов конодонтов сопоставимо с разнообразием конодонтов в неритовых отложениях [102].

Подтвердился и общий космополитный характер пелагических конодонтовых комплексов, хотя ряд таксонов, описанных из кремней Казахстана, неизвестны или редко встречаются в более мелководных отложениях [102, 123]. Эти таксоны возможно относятся к мезо- или эпипелагическим формам конодонтов.

## ГЛОБАЛЬНАЯ БИОГЕОГРАФИЯ КОНОДОНТОВ

Биогеографические построения как современных, так и ископаемых морских фаун основываются на географическом распространении эндемичных таксонов.

Для пелагической фауны современных океанов характерно широкое географическое распространение и очень низкий уровень эндемичности, который, как правило, определяется мезо- и батипелагическими видами [36]. В то же время количество эндемичных видов в мелководных морских бассейнах достигает 80% и более в зависимости от уровня изолированности бассейнов и общего количества таксонов [36].

Такая закономерность наблюдается и у конодонтов ордовика. Подавляющее количество таксонов конодонтов из кремнистых отложений Казахстана имеют пандемическое или космополитное распространение, тогда как мелководные отложения, особенно тепловодных бассейнов, например, Сибирской платформы, содержат иногда до 90% эндемичных форм [36].

Это подтверждает, что биогеографическое районирование этой группы фауны может соответствовать биогеографическому распространению современных планктонных организмов и определяться теми же палеогеографическими параметрами, как и в настоящее время, то есть, барьерами в виде суши, глубиной и соленостью бассейнов.

## Биогеографическое царство открытого моря

Биогеографическое царство открытого моря в ордовике характеризуется ассоциациями пелагических конодонтов, населявших области пелагиали океанов и морей и сохранившихся в глубоководных отложениях континентальных шельфов, разрезах океанических и островодужных комплексов. Для этого биогеографического подразделения предполагается существование трех широтных климатических зон, которые выделяются для биогеографического царства мелководного моря [121].

Все местонахождения кремнистых, преимущественно, биогенных (радиоляриевых) толщ пелагиали (Казахстан, Южный Урал, юго-восточная Австралия, южная Шотландия) приурочены к палеобассейнам, находившимся в ордовике в тепловодной климатической зоне (рис. 10).

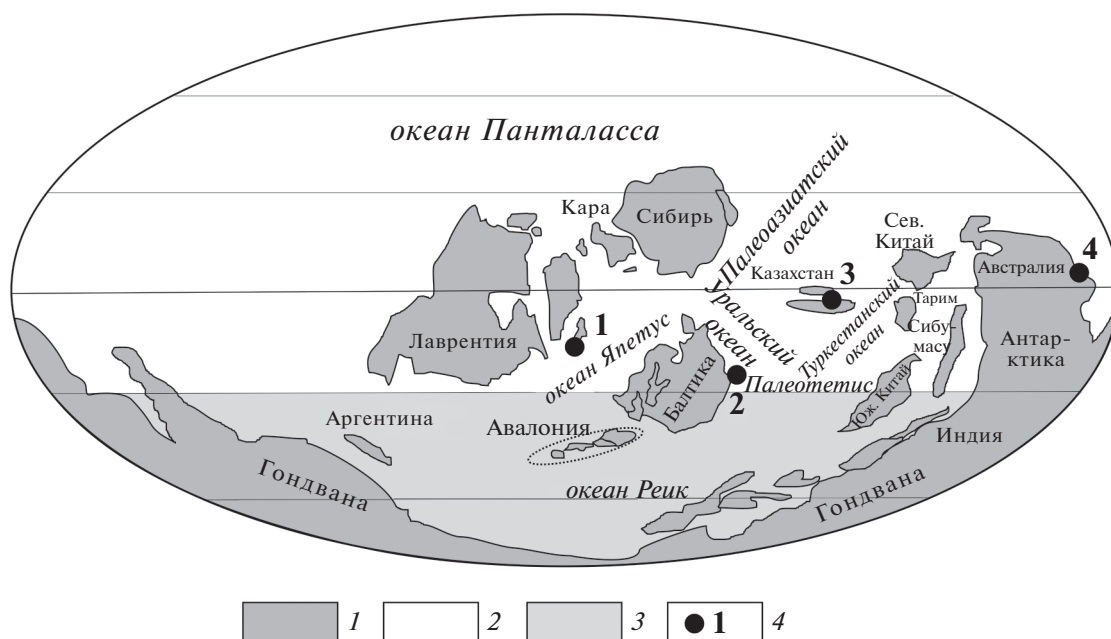
На расположение этих регионов в тропических широтах указывают не только палеомагнитные данные, но и присутствие радиоляритов, накопление которых как в настоящее время, так и в ордовике происходит в пределах экваториальной зоны [21, 37].

Осадки пелагиали ордовикского времени вне экваториальной зоны достоверно не известны, так как они, вероятно, сложены маломощными тонко-терригенными породами и не охарактеризованы органическими остатками. Состав пелагических конодонтов, обитавших в относительно высоких широтах, нам известен только из разрезов Балтики, Европы, Южного Китая и южной части Гондваны, где смешиваются пелагические и неритовые фауны конодонтов [15, 97].

Среди конодонтовых фаун раннего ордовика этих регионов не встречается ряд видов, многочисленных в кремнях Казахстана и глубоководных отложениях континентальных окраин Лаврентии и других палеобассейнов экваториальной зоны – это виды *Kallidontus serratus*, *K. corbatoi*, *Tropodus sweeti*, *Protopanderodus gradatus*, *Bergstroemognathus extensus*, *Prioniodus oepiki*, *Oepikodus intermedius*, *Acodus longibasis*, *Hirsutodontus* sp. [102].

Отмеченная разница в составе конодонтовых комплексов, по всей вероятности, определяет экваториальную и умеренно-тепловодную биогеографические климатические зоны (рис. 11).

При этом в раннем ордовике палеоконтинент Балтика находится близко к границе экваториальной зоны. В хорошо изученных отложениях северо-запада Восточно-Европейской платформы отсутствуют вышеперечисленные виды, однако на Южном Урале часть из них встречается в нижнеордовикских радиоляриевых кремнях, по видимому, сформированных в палеоокеане вблизи южного побережья Балтики [41].



**Рис. 10.** Глобальная палеогеографическая реконструкция для среднего ордовика, (по данным [84], с дополнениями) и местонахождения конодонтов океанической биогеографической области.

1 – континенты и блоки с континентальной корой; 2–3 – широтные биостратиграфические зоны: 2 – экваториальная, 3 – умеренно-тепловодная и холодноводная; 4 – местонахождения конодонтов в кремнистых породах: 1 – Южная Шотландия; 2 – Южный Урал; 3 – Казахстан; 4 – Восточная Австралия

Тепловодная и более холодноводная климатические зоны выделяются для открытых морей в позднем ордовике на основании географического распространения вида *Periodon grandis*, элементы которого многочисленны в глубоководных отложениях экваториальных палеобассейнов, включая Казахстан, очень редко встречаются на северо-западе Восточно-Европейской платформы и отсутствуют в Европе [8, 44, 45, 56]. Пока недостаточно данных для выделения биогеографических климатических зон в среднем ордовике.

Продолжая изучение конодонтов из кремнистых отложений экваториальной зоны, можно предполагать, что полный состав пелагических фаун конодонтов в точности еще не установлен и может быть значительно шире. Некоторые виды конодонтов, встречающиеся в мелководно-морских отложениях высокоширотных палеобассейнов Европы и Южного Китая (представители родов *Baltoniodus*, *Amorphognathus*, *Microozarkodina*), имеют широкое географическое распространение, но не встречены в пелагических отложениях Казахстана и других экваториальных регионов. Присутствие этих и других видов на палеоконтинентах, удаленных друг от друга, может объясняться их пелагическим образом жизни в умеренно-тепловодной и холодноводной климатической зоне.

#### Биогеографическое районирование мелководных бассейнов и региональные палеогеографические реконструкции

Биогеографическое районирование мелководно-морских конодонтов ордовика до сих пор не разработано. Попыткам провести такое районирование препятствовала большая дробность базовых биогеографических единиц, так как для каждого крупного палеобассейна или палеоконтинента выделялась своя биогеографическая провинция на основании характерных только для нее эндемичных таксонов конодонтов [121].

Объединение таких провинций в более крупные подразделения, например, такие как Австроазиатская провинция, не связанных с климатическими поясами, основывается на таксонах более широкого распространения с ареалами в несколько палеобассейнов. Именно такие таксоны определяют отсутствие географических преград или географическую близость палеобассейнов и дают основание для палеогеографических реконструкций.

**Палеоконтинент Балтика.** Конодонты ордовика Балтоскандийского палеобассейна, расположенного на северо-западной окраине Восточно-Европейской платформы, относятся к одной из наиболее хорошо изученных конодонтовых фаун [19, 23, 59, 61, 68, 81].

При этом в биогеографическом отношении этот бассейн уникален, так как достоверные реги-

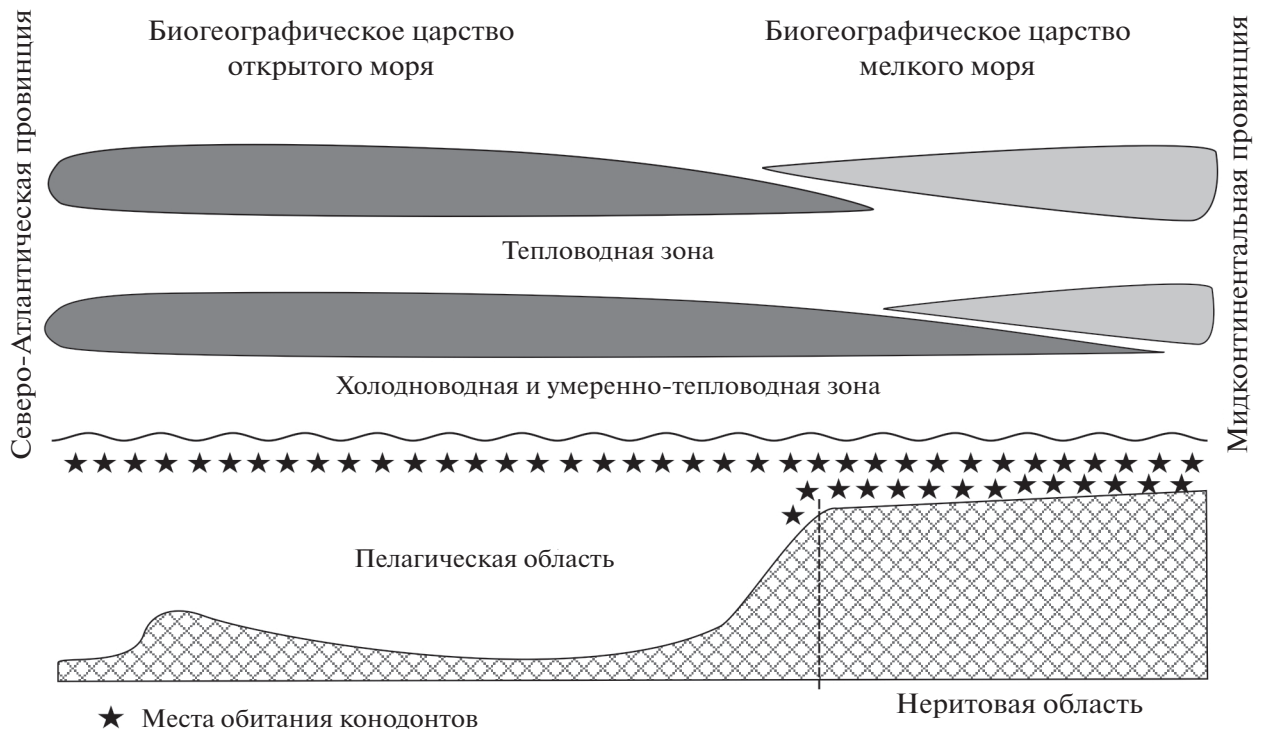


Рис. 11. Распространение биогеографических царств конодонтов от платформенных к абиссальным отложениям в разных климатических зонах.

ональные эндемики здесь до сих пор не обнаружены [82, 97]. Все родовые таксоны конодонтов Балтоскандийского палеобассейна встречаются и на других континентах, включая Южный Китай и Аргентину, а достоверное распознавание эндемичных видов затруднено либо недостаточной изученностью, либо необъективностью определения ископаемых таксонов.

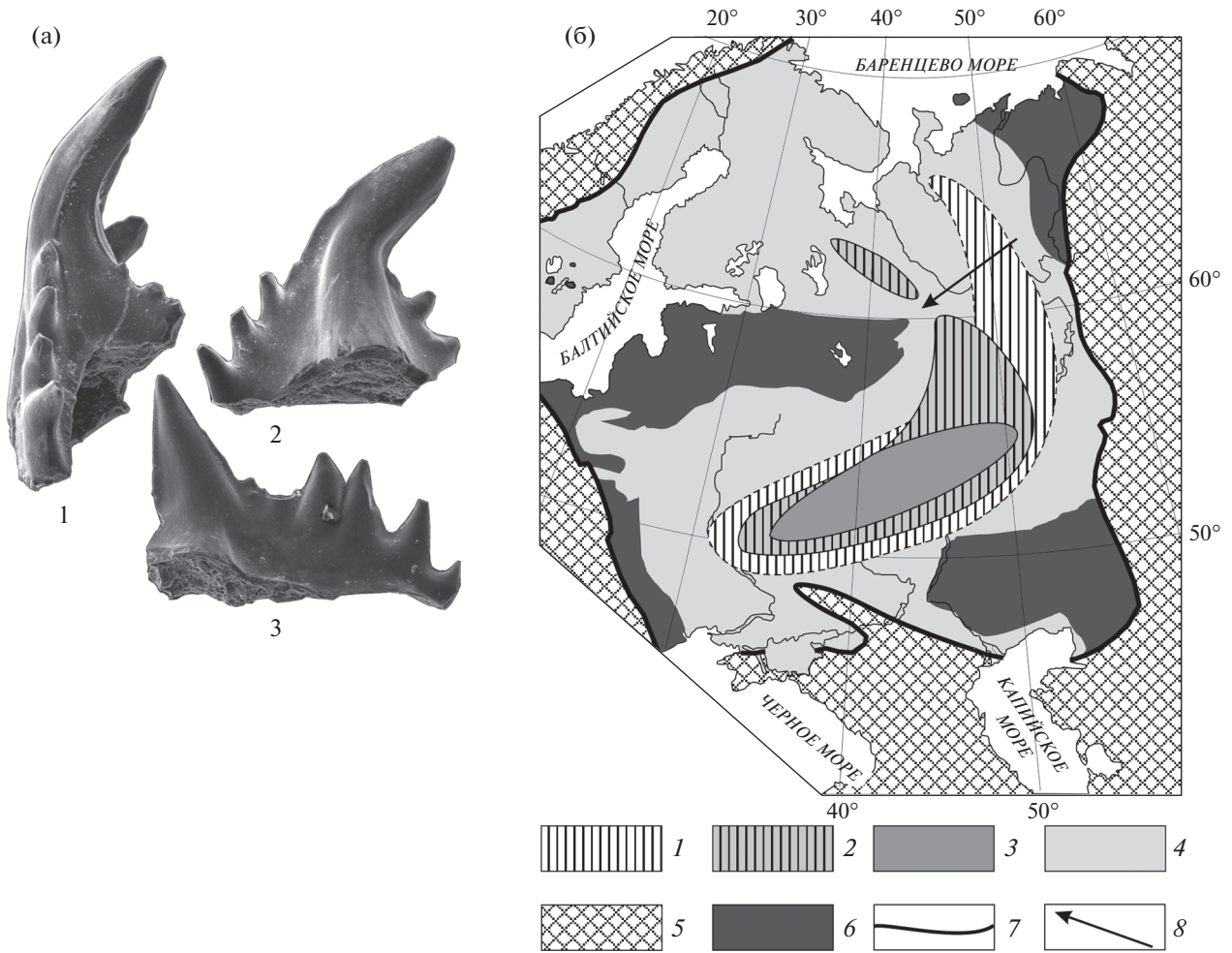
Менее изучены конодонты ордовика центральной части платформы (Московская синеклиза), Тимано-Печорского региона, Северного и Южного Урала [8, 10, 11, 13]. Имеющихся данных достаточно для понимания того, что юго-восточная окраина платформы была населена конодонтами, отличными от таковых в Балтоскандийском палеобассейне. Из ордовика Тимано-Печорского региона описан эндемичный для Восточно-Европейской платформы род *Pectonognathus*, филогенетическая линия которого существовавшая на протяжении всего ордовика, включает несколько последовательных видов [8].

В раннем ордовике его ареал был ограничен Тимано-Печорским регионом, а в среднем и позднем ордовике *Pectonognathus* распространяется во внутренние части палеобассейна. Пути распространения *Pectonognathus* позволяют предполагать, что мелководное эпиконтинентальное море на протяжении ордовика временно разделялось барьерами между разными частями палеобассейна.

Во флосское время конодонты Юго-Восточного Беломорья и северо-запада Восточно-Европейской платформы принципиально отличались от конодонтов Тимано-Печорского региона указывая на существование суши в районе современного Тиманского кряжа [10] (рис. 12). Заселение Юго-Восточного Беломорья конодонтами Тимано-Печорского региона, включая ранних представителей *Pectonognathus*, и их отсутствие в Балтоскандийском палеобассейне позволяет предполагать, что в дапинское время суша существовала в районе Ветреного пояса.

В середине дарривильского времени *Pectonognathus* появляется в отложениях центральной части платформы (Московская синеклиза), демонстрируя проникновение в бассейн центральной части платформы теплых вод с севера [11] (см. рис. 12, б). Таким образом, в позднем ордовике, вероятно, существовали временные проливы, соединяющие бассейны на северной и южной окраинах платформы и позволяющие свободное смешение фаун (см. рис. 12, б).

Проблема наличия палеогеографических связей Балтоскандийского бассейна и Приуральской части платформы в раннем и среднем ордовике, то есть существование моря, соединяющего западную и восточную окраины платформы, до сих пор решается неоднозначно. Немногочисленные данные по бентосной фауне (трилобиты и беззам-



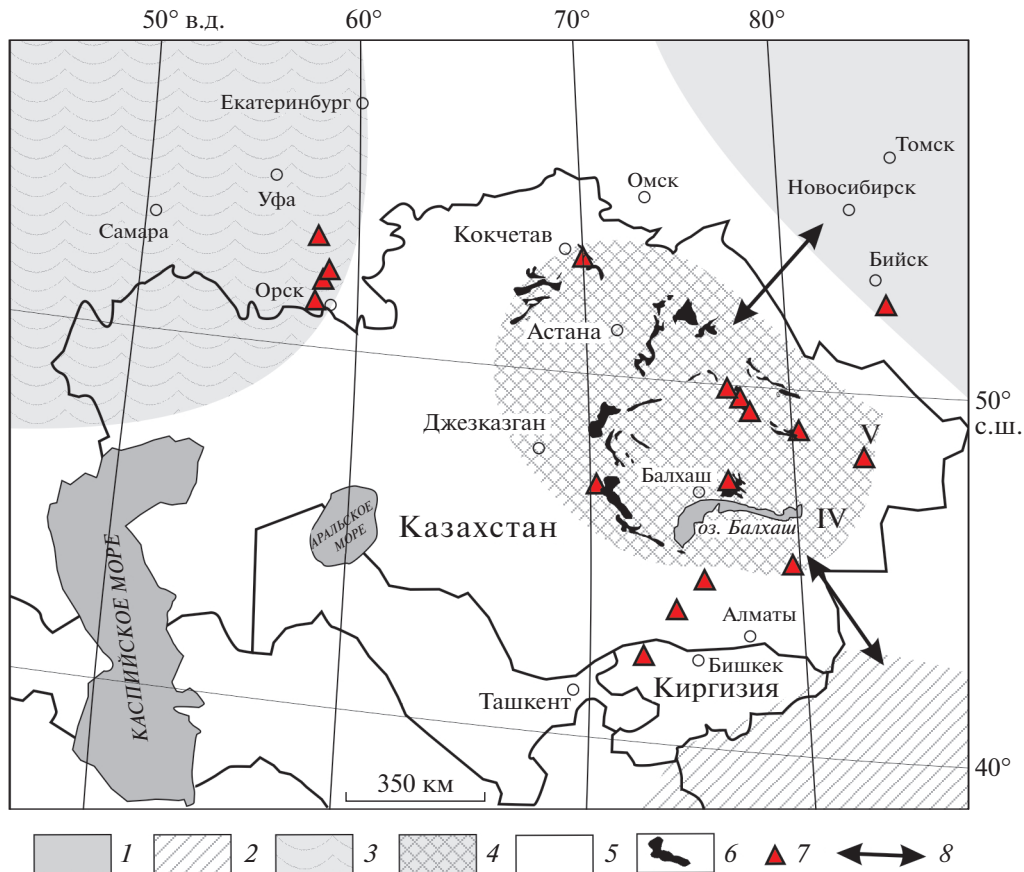
**Рис. 12.** Конодонты – региональные эндемики палеоконтинента Балтика и предполагаемые контуры суши в пределах Восточно-Европейской платформы (ВЕП) в разные эпохи ордовика (по данным [11], с изменениями и дополнениями). (а) – региональный эндемик – конодонт *Pectinognathus khoreyvericus* Melnikov: 1 – Sd, 2 – Pb и 3 – Pa элементы. (б) – области суши на Восточно-Европейской платформе в течение ордовика. 1–3 – предполагаемые области суши в ордовике: 1 – раннем, 2 – среднем, 3 – позднем; 4 – область отсутствия отложений ордовика (в настоящее время); 5 – складчатые сооружения обрамления ВЕП; 6 – области распространения отложений ордовика (в настоящее время); 7 – граница платформы; 8 – направление миграции фауны в ордовике на ВЕП

ковые брахиоподы) среднего ордовика Южного и Среднего Урала указывают на ее биогеографическое сходство с Балтоскандийским бассейном [1]. В то же время конодонты раннего ордовика Южного Урала свидетельствуют скорее об отсутствии связи бассейнов Балтоскандии и восточной окраины платформы в это время [13].

Происхождение, палеогеографическое расположение и время причленения к Восточно-Европейской платформе разных тектонических блоков Европы (Перуника, Арморика, Авалония, Малопольский блок) являются предметом дискуссий [91]. Решение ряда спорных аспектов палеогеографии этого региона основано, в том числе, на биогеографических характеристиках конодонтов.

Позднеордовикские конодонтовые фауны Европы разделяются на Балтоскандийскую, Британскую и Средиземноморскую провинции [101].

Средиземноморская провинция, охарактеризованная видами *Sagittodontina robusta* и *Scabbar-della altipes*, охватывает территории тектонических блоков Перуники и Арморики и считается наиболее холодной. Конодонты этой провинции, изученные из разрезов Испании, Франции, Сардинии, Германии и Польши, по своему таксономическому составу наиболее близки Гондванским позднеордовикским конодонтовым сообществам, описанным из Ливии [25, 42–45]. Этим подтверждается предположение о географической близости блоков Арморики к



**Рис. 13.** Биogeографическое районирование мелководноморских конодонтовых фаун Казахстана и окружающих регионов.

1–4 – биogeографические провинции: 1 – Сибирская; 2 – Австралоазиатская; 3 – Балтийская; 4 – Казахстанская; 5 – области, где конодонты ордовика не изучены и/или их биogeографическая принадлежность не выявлена; 6 – выходы ордовикских толщ в Казахстане на современном эрозионном срезе; 7 – местонахождения с изученными конодонтами; 8 – пути миграции конодонтовой фауны и близость палеобассейнов

окраинам западной Гондваны на протяжении всего ордовикского времени.

Палеogeографическая близость Малопольского блока Арморики к Гондване подтверждается присутствием в разрезах северо-западной Польши вида *Trapezognathus pectinatus*, известного из Северной Африки, и принципиальным различием в составе раннеордовикских фаун северо-западной Польши и Балтоскандии, которое предполагает существование широкого океана между этими палеобассейнами [26, 42].

Для Британской провинции, включающей блоки Авалонии (Шотландия, южная Ирландия, Бельгия), в позднем ордовике характерны элементы тепловодной конодонтовой фауны Северо-Американской платформы [30, 44, 101, 113].

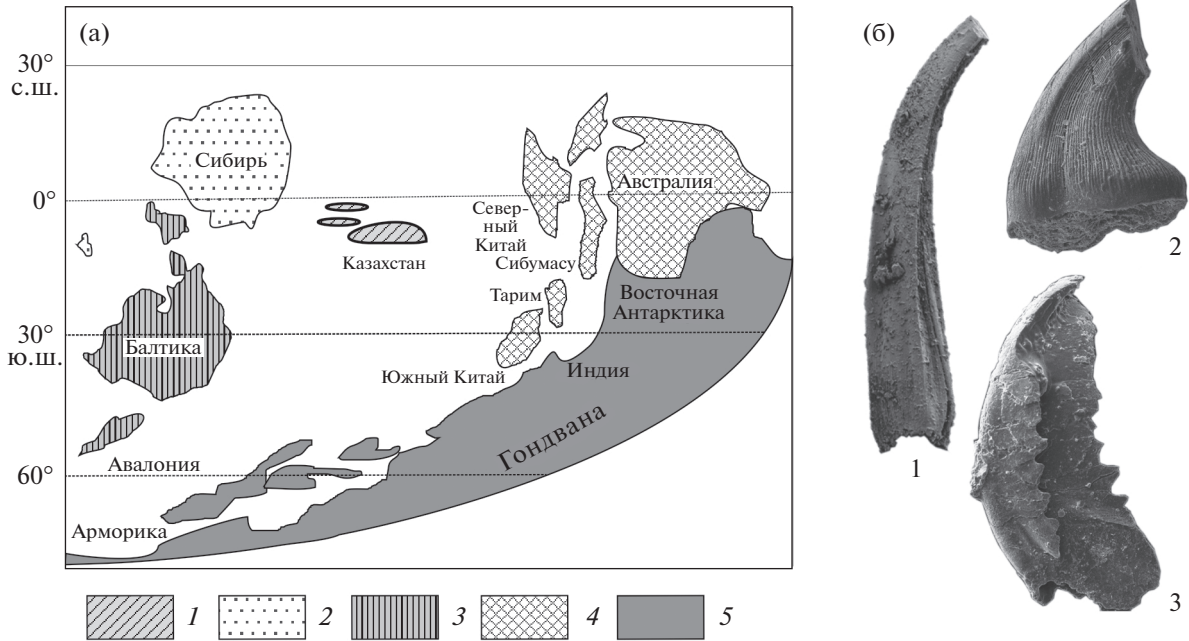
Это является одним из доказательств дрейфа блоков Авалонии в течении ордовика вблизи от окраин Лаврентии и присоединении к континентальному массиву Балтики только в самом конце ордовика или даже в начале силура [42, 91].

#### Перикратонные блоки Восточной Гондваны.

В первых исследованиях региона отмечалось биogeографическое сходство ордовикских конодонтов Австралии, Южного Китая и Тарима. Вначале была выделена Австралоазиатская биogeографическая провинция, объединяющая эти палеоконтиненты, а затем и Австралоазиатская суперпровинция, включающая тропическую зону Восточной Гондваны – Австралию и ее периферические блоки и Пери-Гондвану (Северный и Южный Китай, Тарим, Индокитай и Сибумасу) [71, 114].

Эта суперпровинция в раннем ордовике была охарактеризована представителями родов *Serratognathus*, *Bergstroemognathus* и *Rhipidognathus*, в начале позднего ордовика видами рода *Tasmanognathus*, а в конце позднего ордовика – *Taoqipognathus* и *Yaoxianognathus* [114]. В составе Австралоазиатской суперпровинции были выделены провинции, соответствующие климатическим зонам – тепловодные Австралийская и Северокитайская





**Рис. 14.** Биogeографические провинции на глобальной палеogeографической реконструкции среднего ордовика и конодонты – региональные эндемики Казахстанской и Австралоазиатской провинции. (а) – биogeографические провинции среднего ордовика на глобальной реконструкции, (б) – региональные эндемики – конодонты: 1 – *Naimanodus degtiarevi* Tolmacheva, по [14], 2 – *Cruxodus tretiakovi* Tolmacheva, по [12], 3 – *Panderodus? nogami* (Lee, 1975), по [14]. 1–4 – провинции: 1 – Казахстанская; 2 – Сибирская; 3 – Балтийская; 4 – Австралоазиатская; 5 – регионы с не установленной биogeографической принадлежностью конодонтов

(Северный Китай, Тарим и Корея), а также умеренно тепловодная Южнокитайская [121]. Казахстан был включен в состав Австралоазиатской суперпровинции на основании находки *Serratognathus* в Малом Каратау [122] (рис. 13).

Данные для формирования других представлений о биogeографии ордовикских конодонтов западной части Центрально-Азиатского пояса появились только недавно [12, 14]. Оказалось, что мелководные конодонтовые фауны региона включают виды широкого географического распространения, встречающиеся на окраине Лаврентии (Канадская Арктика) и Гондване, такие как *Aurilobus leptosomatus*, *Semiacontiodus? asymetricus*, *Panderodus? nogami*, *Scolopodus? mufushanensis* и др. [12, 14].

Вид *Panderodus? nogami* известный, в том числе, из Аргентины, также является регионально эндемичным таксоном Австралоазиатской биogeографической суперпровинции. Кроме того, в Казахстане и на западе Северного Тянь-Шаня найдены по крайней мере пять эндемичных видов, один из которых – *Naimanodus degtyarevi*, характерен для нижней части дарривильского яруса среднего ордовика Казахстана, Северного Тянь-Шаня и Горного Алтая [9, 14] (рис. 14).

Высокий уровень эндемичности мелководной конодонтовой фауны Казахстана является пока-

зателем ее как самостоятельной биogeографической единицы. При этом отмечается ее слабая связь с континентальными блоками Восточной Гондваны и с Сибирью. На биogeографическую связь, а значит и на относительную близость блоков Казахстана и Сибири указывает и находка в маматской свите хр. Чингиз в Восточном Казахстане вида *Lenaeodus cf. L. bifidus*, типичного для нижнего ордовика Сибирской платформы.

Недостаточная изученность мелководных конодонтов Казахстана пока не позволяет разработать достаточно детальные реконструкции взаимного палеogeографического расположения континентальных блоков и палеобассейнов западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вклад конодонтов в создание и уточнение глобальных палеogeографических реконструкций для ордовикского периода минимален из-за неясного биogeографического районирования, образа жизни и систематического положения этой группы фауны. Конодонты, несмотря на их общепризнанный высокий стратиграфический потенциал, до недавнего времени слабо использовались и в региональных палеogeографических построениях.

В настоящее время сформулированы принципы биогеографического районирования ордовикских конодонтовых фаун, основанные на разделении пелагических и неритовых сообществ. Появилось множество примеров успешного применения конодонтов в региональных и глобальных палеогеографических построениях.

Показано, что конодонты как планктонные или нектонные организмы, обитавшие в пелагиали океанов, дают возможность определять климатические характеристики палеобассейнов. В то же время, конодонтовые фауны, заселяющие мелководные эпиконтинентальные моря, наряду с бентосной фауной, позволяют оценивать биогеографическое сходство или различие палеобассейнов и их взаимное географическое положение. Таким образом, биогеографический анализ конодонтов имеет большие потенциальные возможности для его использования в палеогеографических построениях.

**Благодарности.** Авторы благодарят анонимных рецензентов за полезные комментарии и признательны редактору за тщательное редактирование.

**Финансирование.** Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-15-50324.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анцыгин Н.Я.* Тремадокские трилобиты Урала. — Екатеринбург: УГСЭ 2001. 248 с.
2. Атлас литолого-палеографических карт мира. — Поздний докембрий и палеозой континентов. — Под ред. А.Б. Ронова, В.Е. Хаина, К.Б. Сеславинского — Л.: МинГео СССР. ВСЕГЕИ. 1982. 70 с.
3. *Веричев Е.М., Волкова Н.А., Пискун Л.В. и др.* Акритархи ордовика севера Русской плиты // Изв. АН СССР. Сер. Геол. 1990. № 7. С. 152–155.
4. *Дегтярев К.Е.* Тектоническая эволюция раннепалеозойских островодужных систем и формирование континентальной коры каледонид Казахстана. — М.: ГЕОС, 2012 (Тр. ГИН РАН. 2012. Вып. 602), 288 с.
5. *Дубинина С.В.* Конодонты и зональная стратиграфия пограничных отложений кембрия и ордовика. — М.: Наука, 2000 (Тр. ГИН РАН. 2000. Вып. 517), С. 1–239.
6. *Зоненшайн Л.П., Городницкий А.М.* Палеозойские и мезозойские реконструкции континентов и океанов // Геотектоника. 1977. № 2. С. 3–23.
7. *Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натанов Л.М.* Тектоника литосферных плит территории СССР. — М.: Недра, 1990. Кн. 1. 328 с.
8. *Мельников С.В.* Конодонты ордовика и силура Тимано-Североуральского региона. — СПб.: ВСЕГЕИ, 1999. 136 с.
9. *Толмачева Т.Ю.* Новый представитель конодонтов из среднего ордовика Центрального Казахстана, Киргизии и Алтая // Палеонтологический журнал. 2013. № 2. С. 55–59.
10. *Толмачева Т.Ю., Алексеев А.С., Реймерс А.Н.* Конодонты в ксенолитах из кимберлитовых трубок юго-восточного Беломорья (Архангельская область): ключ к реконструкции стратиграфии и палеогеографии Восточно-Европейской платформы в ордовике // ДАН. 2013. Т. 451. № 1. С. 68–72.
11. *Толмачева Т.Ю., Зайцев А.В., Алексеев А.С.* Конодонты среднего и верхнего ордовика Московской синеклизы: новые данные по биостратиграфическому расчленению скв. Гаврилов-Ям-1 // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2013. Т. 21. № 4. С. 52–77.
12. *Толмачева Т.Ю.* Биостратиграфия и биогеография конодонтов ордовика западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса. — Под ред. А.С. Алексеева — СПб.: ВСЕГЕИ, 2014. 264 с. (Тр. ВСЕГЕИ. Нов. сер. 2014. Т. 356).
13. *Толмачева Т.Ю., Рязанцев А.В.* Конодонты раннего ордовика Сакмарской зоны Южного Урала и их биогеографическая характеристика // ДАН. 2017. Т. 476. № 6. С. 665–669.
14. *Толмачева Т.Ю., Дегтярев К.Е., Шатагин К.Н.* Конодонты среднего ордовика хребта Чингиз (Казахстан): таксономический состав комплекса найманской свиты и его биогеографическая принадлежность // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2019. Т. 27. № 1. С. 12–30.
15. *Albanesi G.L., Bergström S.M.* Early-Middle Ordovician conodont paleobiogeography with special regard to the geographic origin of the Argentine Precordillera: A multivariate data analysis // GSA Spec. Pap. 2010. Vol. 466. P. 119–139.
16. *Armstrong H.A., Floyd J.D., Barron H.F.* Conodont biostratigraphy of the Crawford Group, Southern Uplands. — British Geol. Surv. Res. Rep. 2001. RR/01/05. 36 p.
17. *Armstrong H.A., Owen A.W.* Euconodont paleobiogeography and the closure of the Iapetus Ocean // Geology. 2002. Vol. 30. No. 12. P. 1091–1094.
18. *Bagnoli G., Stouge S.* Paleogeographic distribution of Argentinian (Lower Ordovician) conodonts // Anales da Academia Brasileira de Ciências. 1991. Vol. 63. 171–183.
19. *Bagnoli G., Stouge S.* Lower Ordovician (Billingenian-Kunda) conodont zonation and provinces based on sections from Horns Udde, north Öland, Sweden // Boll. Soc. Paleontol. Ital. 1997. Vol. 35. No. 2. P. 109–163.
20. *Barnes C., Fåhræus L.* Provinces, communities and the proposed nektobenthic habit of Ordovician conodontophorids // Lethaia. 1975. Vol. 8. No. 2. P. 133–149.
21. *Bazhenov M.L., Levashova N.M., Degtyarev K.E., Van der Voo R., Abrajevitch A.V., McCausland P.J.A.* Unraveling the early-middle Paleozoic paleogeography of Kazakhstan on the basis of Ordovician and Devonian paleomagnetic results // Gondwana Research. 2012. Vol. 22. P. 974–991.
22. *Bergström S.M.* Relations between conodont provincialism and the changing palaeogeography during the Early Palaeozoic // Geol. Soc. Mem. 1990. Vol. 12. P. 105–121.

23. *Bergström S.M.* Middle and Upper Ordovician conodonts from the Fagelsang GSSP, Scania, southern Sweden // *Geologiska Foreningens I Stockholm Forhandlingar*. 2007. Vol. 129. P. 77–82.
24. *Bergström S.M., Sweet W.C.* Conodonts from the Lexington Limestone (Middle Ordovician) of Kentucky and its lateral equivalents in Ohio and Indiana // *Bull. Amer. Paleont.* 1966. Vol. 50. P. 271–441.
25. *Bergström S.M., Massa D.* Stratigraphic and biogeographic significance of Upper Ordovician conodonts from northwestern Libya // *Geol. Libya*. 1992. Vol. IV. P. 1323–1342.
26. *Bultynck P., Sarmiento G.N.*, Reworked Ordovician and autochthonous Siluro-Devonian conodonts from Khemis-n’Ga (Moroccan Meseta) – Depositional, environmental and palaeogeographic implications // *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*. 2003. Vol. 242. P. 257–283.
27. *Burrett C., Long J., Stait B.* Early-Middle Palaeozoic biogeography of Asian terranes derived from Gondwana // *Geol. Soc. London. Mem.* 1990. Vol. 12. P. 163–174.
28. *Charpentier R.R.* Conodonts through time and space // *GSA Spec. Pap.* 1984. Vol. 196. P. 11–32.
29. *Cocks L.R.M., Fortey R.A.* Faunal evidence for oceanic separations in the Palaeozoic of Britain // *J. Geol. Soc. London*. 1982. Vol. 139. P. 465–478.
30. *Cocks L.R.M., McKerrow W.S., Van Staal C.R.* The margins of Avalonia // *Geol. Magazine*. 1997. Vol. 134. P. 627–636.
31. *Cocks L.R.M., Fortey R.A.* The Lower Palaeozoic margins of Baltica // *Geologiska Foreningens Forhandlingar*. 1998. Vol. 120. P. 173–179.
32. *Cocks L.R.M., Torsvik T.H.* Earth geography from 500 to 400 million years ago: A faunal and palaeomagnetic review // *J. Geol. Soc. London*. 2002. Vol. 159. P. 631–644.
33. *Cocks L.R.M., Torsvik T.H.* Baltica from the late Precambrian to mid-Palaeozoic times: The gain and loss of a terrane’s identity // *Earth-Sci. Rev.* 2005. Vol. 72. P. 39–66.
34. *Cocks L.R.M., Torsvik T.H.* The dynamic evolution of the Palaeozoic geography of eastern Asia // *Earth-Sci. Rev.* 2013. Vol. 117. P. 40–79.
35. *Cocks L.R.M., Torsvik T.H.* Ordovician palaeogeography and climate change // *Gondwana Research*. 2021. Vol. 100. P. 53–72.
36. *Costello M.J., Tsai P., Wong P.S., Cheung A.K.L., Basher Z., Chaudhary C.* Marine biogeographic realms and species endemicity // *Nature Communications*. 2017. Vol. 8. P. 1057.
37. *Danelian T., Noble P., Pouille L., Maletz J.* Palaeogeographical distribution of Ordovician Radiolarian occurrences: Patterns, significance and limitations // *Geol. Soc. London. Mem.* 2013. Vol. 38. P. 399–405.
38. *Degtyarev K.E., Tolmacheva T.Yu., Tretyakov A.A.* Siliceous–volcanic associations of the Northern Balkhash ophiolite Zone (Central Kazakhstan): Biostratigraphy, sedimentation and tectonic evolution in the Middle-Late Ordovician // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2020. Vol. 551. 109748.
39. *Domeier M.* A plate tectonic scenario for the Iapetus and Rheic oceans // *Gondwana Research*. 2016. Vol. 36. P. 275–295.
40. *Domeier M.* Early Paleozoic tectonics of Asia: Towards a full-plate model // *Geosci. Frontiers*. 2018. Vol. 9. P. 789–862.
41. *Dubinina S.V., Ryazantsev A.V.*, Conodont Stratigraphy and Correlation of the Ordovician Volcanogenic and Volcanogenic Sedimentary Sequences in the South Urals // *Russ. J. Earth Sci.* 2008. Vol. 10. P. 1–31.
42. *Dzik J.* Ordovician conodonts and the Tornquist Lineament // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2020. Vol. 549. 109157.
43. *Ferretti A., Barnes C.R.* Upper Ordovician conodonts from the Kalkbank limestone of Thuringia, Germany // *Palaeontology*. 1997. Vol. 40. P. 15–42.
44. *Ferretti A., Serpagli E.* Late Ordovician conodont faunas from southern Sardinia, Italy: biostratigraphic and palaeogeographic implications // *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*. 1999. Vol. 37. 215–236.
45. *Ferretti A., Messori A., Bergström S.M.* Composition and significance of the Katian (Upper Ordovician) conodont fauna of the Vaux Limestone (‘Calcaire des Vaux’) in Normandy, France // *Estonian J. Earth Sci.* 2014. Vol. 63. P. 214–219.
46. *Fortey R.A., Cocks L.R.M.* Palaeontological evidence bearing on global Ordovician–Silurian continental reconstructions // *Earth-Sci. Rev.* 2003. Vol. 61. P. 245–307.
47. *Ghienne J.F., Le Heron D., Moreau J., Denis M., Deynoux M.* The Late Ordovician glacial sedimentary system of the North Gondwana platform // *Glacial Sediment. Process. Products*. 2007. Vol. 39. P. 295–319.
48. *Ghobadi P.M., Popov L.E., McCobb L.M.E., Perciva I.* New data on the Late Ordovician trilobite faunas of Kazakhstan: implications for biogeography of tropical Peri-Gondwana // *Cuadernos del Museo Geominero*. 2011. Vol. 14. P. 171–178.
49. *Golonka J.* Phanerozoic paleoenvironment and paleolithofacies maps: Early Paleozoic // *Geologica*. 2007. Vol. 35. No. 4. P. 589–654.
50. *Golonka J., Porębski S.J., Barmuta J., Papiernik B., Bębenek S., Barmuta M., Botor D., Pietsch K., Słomka T.* Palaeozoic palaeogeography of the East European Craton (Poland) in the framework of global plate tectonics // *Annales Societatis Geologorum Poloniae*. 2019. Vol. 89. P. 381–403.
51. *Huang B., Zhu R., Otofujii Y. et al.* The Early Paleozoic paleogeography of the North China block and the other major blocks of China // *Chinese Science Bulletin*. 2000. Vol. 45. 1057.
52. *Kanasewich E.R., Havskov J., Evans M.E.* Plate tectonics in the Phanerozoic // *Can. J. Earth Sci.* 1978. Vol. 15. P. 919–955.
53. *Khain E.V., Bibikova E.V., Salnikova E.B., Kroner A., Gibsher A.S., Didenko A.N., Degtyarev K.E., Fedotova A.A.* The Palaeo-Asian ocean in the Neoproterozoic and early Palaeozoic: new geochronologic data and palaeotectonic reconstructions // *Precambrian Research*. 2003. Vol. 122. P. 329–358.

54. *Kheraskova T.N., Didenko A.N., Bush V.A., Volozh Yu.A.* The Vendian-Early Paleozoic History of the Continental Margin of Eastern Paleogondwana, Paleosian Ocean, and Central Asian Foldbelt // *Russ. J. Earth Sci.* 2003. Vol. 5. No. 3. P. 165–184.
55. *Kobayashi T.* The Cambro-Ordovician faunal provinces and the interprovincial correlation // *J. Facult. Sci. Univ. Tokyo.* 1971. No. 18. P. 129–299.
56. *Leslie S.A., Goldman D., Repetski J.E., Maletz J.* Sea-Level Control on the Concentration of Ordovician Conodonts from Deep-Water Siliciclastic Settings. – In: *Pander International Conodont Symposium.* – Leicester. UK. 2006. Abstr. Vol. P. 53.
57. *Li Z.X., Bogdanova S., Collins A., Davidson A., De Waele B., Ernst R., Fitzsimons I., Fuck R., Gladkochub D., Jacobs J., Karlstrom K., Lu, S., Natapov L., Pease V., Pisarevsky S., Thrane K., Vernikovskiy V.* Assembly, configuration, and break-up history of Rodinia: A synthesis // *Precambrian Research.* 2008. Vol. 160. P. 179–210.
58. *Li S., Zhan S., Liu X., Cao H., Yu S., Somerville I., Yu S., Suo Y.* Closure of the Proto-Thethys Ocean and early Paleozoic amalgamation of microcontinental blocks in East Asia // *Earth Sci. Rev.* 2018. Vol. 186. P. 37–75.
59. *Lindstrom M.* Conodonts from the lowermost Ordovician strata of south central Sweden // *Geologiska Foreningens i Stockholm Forhandlingar.* 1955. Vol. 76. No. 4. 517–603.
60. *Lindstrom M.* Conodont palaeogeography of the Ordovician – In: *The Ordovician System.* – Proc. Palaeontological Association Symposium, Birmingham, September 1974 – Ed. by M.G. Bassett, (Univ. Wales Press & Nation. Museum of Wales, Cardiff. UK. 1976), P. 501–522.
61. *Lofgren A.* Arenigian and Llanvirnian conodonts from Jamtland, northern Sweden // *Fossils and Strata.* 1978. Vol. 13. P. 1–129.
62. *McCobb L.M.E., Popov L.E.* Late Ordovician trilobites from the Mayatas Formation, Atansor area, north-central Kazakhstan // *Transact. Royal Soc. Edinburgh.* 2016. Vol. 107. P. 33–52.
63. *McElhinny M., Powell C., Pisarevsky S.* Paleozoic terranes of eastern Australia and the drift history of Gondwana // *Tectonophysics.* 2003. Vol. 362. P. 41–65.
64. *McKerrow W.S., Cocks L.R.M.* Oceans, island arcs and olistostromes: the use of fossils in distinguishing sutures, terranes and environments around the Iapetus Ocean // *J. Geol. Soc. London.* 1986. Vol. 143. P. 185–191.
65. *Metcalfe I.* Paleozoic-Mesozoic history of SE Asia // *Geol. Soc. London. Spec. Publ.* 2011. Vol. 355. P. 7–35.
66. *Morel P., Irving E.* Tentative paleocontinental maps for the early Phanerozoic and Proterozoic // *J. Geol.* 1978. Vol. 86. P. 535–561.
67. *Murray S.I., Stewart I.R.* Palaeogeographic significance of Ordovician conodonts from the Lachlan Fold Belt, southeastern Australia // *Historical Biology.* 2001. Vol. 15. P. 145–170.
68. *Mannik P., Viira V.* Ordovician conodont diversity in the northern Baltic // *Estonian J. Earth Sci.* 2012. Vol. 61. P. 1–14.
69. *Nikishin A.M., Ziegler P.A., Stephenson R.A., et al.* Late Precambrian to Triassic history of the East European Craton: dynamics of sedimentary basin evolution // *Tectonophysics.* 1996. Vol. 268. P. 23–63.
70. *Nikitin I.F., Popov L.E., Bassett M.G.* Late Ordovician rhynchonelliformean brachiopods of north-central Kazakhstan // *Nation. Museum Wales Geol. Ser.* 2006. Vol. 25. P. 223–294.
71. *Nowlan G.S., McCracken A.D., McLeod M.J.* Tectonic and paleogeographic significance of Late Ordovician conodonts in the Canadian Appalachians // *Can. J. Earth Sci.* 1997. Vol. 34. P. 1521–1537.
72. *Percival I.G., Popov L.E., Zhan R., Ghobadi Pour M.* Patterns of origination and dispersal of Middle to Late Ordovician brachiopods: examples from South China, East Gondwana, and Kazakh terranes // *Cuadernos del Museo Geominero.* 2011. Vol. 14. P. 413–419.
73. *Pohler S.M.L., Barnes C.R.* Conceptual models in Conodont Paleogeology // *Courier Forschungsinstitut Senckenberg.* 1990. Vol. 118. P. 409–440.
74. *Popov L.E., Cocks L.R.M.* Late Ordovician brachiopods from the Dulankara Formation of the Chu-Ili Range, Kazakhstan: Their systematics, palaeoecology and palaeobiogeography // *Palaeontology.* 2006. Vol. 49. P. 247–283.
75. *Popov L.E., Bassett M.G., Zhemchuzhnikov V.G., Holmer L.E., Klishevich I.A.* Gondwanan faunal signatures from Early Palaeozoic terranes of Kazakhstan and Central Asia: Evidence and tectonic implications // *Geol. Soc. London. Spec. Publ.* 2009. Vol. 325. P. 23–64.
76. *Popov L.E., Cocks L.R.M.* Late Ordovician brachiopods from the Chingiz Terrane, Kazakhstan, and their palaeogeography // *J. Syst. Palaeontol.* 2014. Vol. 12. P. 687–758.
77. *Popov L.E., Cocks L.R.M.* Late Ordovician palaeogeography and the positions of the Kazakh terranes through analysis of their brachiopod faunas // *Acta Geologica Polonica.* 2017. Vol. 67. No. 3. P. 323–380.
78. *Pruss S.B., Finnegan S., Fischer W.W., Knoll A.H.* Carbonates in skeleton-poor seas: new insights from Cambrian and Ordovician strata of Laurentia // *PALAIOS.* 2010. Vol. 25. P. 73–84.
79. *Pyle L.J., Barnes C.R.* Taxonomy, evolution, and biostratigraphy of conodonts from the Kechika Formation, Skoki Formation, and Road River Group (Upper Cambrian to Lower Silurian), Northeastern British Columbia. – (Nation. Res. Council of Canada Res. Press, Ottawa, Canada. 2002), 227 p.
80. *Rasmussen J.A.* A reinterpretation of the conodont Atlantic Realm in the late Early Ordovician (early Llanvirn) // *Palaeontologia Polonica.* 1998. Vol. 58. P. 67–77.
81. *Rasmussen J.A.* Conodont biostratigraphy and taxonomy of the Ordovician shelf margin deposits in the Scandinavian Caledonides // *Fossils and Strata.* 2001. Vol. 48. P. 1–180.
82. *Rasmussen J.A., Stouge S.* Baltoscandian conodont biofacies fluctuations and their link to Middle Ordovician (Darrivillan) global cooling // *Palaeontology.* 2018. Vol. 61. No. 3. P. 391–416.

83. *Scotese C.R.* Atlas of Earth History. – Vol. 1 – Paleogeography. – (Texas, Arlington, USA. 2001. PALEOMAP Project), 52 p.
84. *Scotese C.R.* Plate tectonic evolution during the last 1.5 billion years: The movie – (Texas, Arlington, USA. 2018. PALEOMAP Project Rep. No. 112117A), 74 p.
85. *Scotese C., Bambach R., Barton C., Van der Voo R., Ziegler A.* Paleozoic base maps // *J. Geol.* 1979. Vol. 87. P. 217–277.
86. *Scotese C.R., Van der Voo R., Bonhommet N.* Plate reconstruction from Paleozoic paleomagnetism // *Geodynamics.* 1984. Vol. 12. P. 1–136.
87. *Scotese C.R., McKerrow W.S.* Ordovician plate tectonic reconstructions // *Can. Geol. Surv. Pap.* 1991. Vol. 90. P. 271–282.
88. *Şengor A.M.C., Natalin B.A., Sunal G., Van der Voo R.* The tectonics of the Altaids: Crustal growth during the construction of the continental lithosphere of Central Asia between ~750 and ~130 Ma ago // *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 2018. Vol. 46. P. 439–494.
89. *Serra F., Feltes N.A., Mango M., Henderson M., Albanesi G., Ortega G.* Darriwilian (Middle Ordovician) conoseradonts and graptolites from the Cerro La Chilca Section, Central Precordillera, Argentina // *Andean Geology.* 2020. Vol. 47. No. 1. P. 125–143.
90. *Servais T., Blicek A., Caridroit M., Chen X., Paris F., Tortello M.F.* The importance of plankton and nekton distributions in Ordovician palaeogeographical reconstructions // *Bulletin de la Société Géologique de France.* 2005. Vol. 176. No. 6. P. 531–543.
91. *Servais T., Sintubin M.* Avalonia, Armorica, Perunica: terranes, microcontinents, microplates or palaeobiogeographical provinces? // *Geol. Soc. London. Spec. Publ.* 2009. Vol. 325. P. 103–115.
92. *Servais T., Harper D.A.T.* The Great Ordovician Biodiversification Event (GOBE): definition, concept and duration // *Lethaia.* 2018. No. 51. P. 151–164.
93. *Sheehan P.M.* The Late Ordovician mass extinction // *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 2001. Vol. 29. P. 331–364.
94. *Shliaupa S., Fokin P., Lazauskieni J., Stephenson R.L.A.* The Vendian-Early Palaeozoic sedimentary basins of the East European Craton // *Geol. Soc. London. Mem.* 2006. Vol. 32. P. 449–462.
95. *Smith A.G., Briden J.C., Drewry G.E.* Phanerozoic world maps // *Spec. Pap. Palaeontol.* 1973. Vol. 12. P. 1–42.
96. *Stampfli G., Borel G.* A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanic isochrones // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2002. No. 196. P. 17–33.
97. *Stouge S., Bagnoli G., Rasmussen J.A.* Late Cambrian (Furongian) to Mid-Ordovician Euconodont Events on Baltica: Invasions and immigrations // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2020. Vol. 549. No. 3. 109151.
98. *Sweet W.C.* The Conodonta: morphology, taxonomy, palaeoecology, and evolutionary history of a long-extinct animal phylum. – (Clarendon Press, Oxford, UK. 1988), pp. 212.
99. *Sweet W.C., Turco C.A., Warner E., Wilkie L.C.* The American Upper Ordovician Standard. I. Eden conodonts from the Cincinnati region of Ohio and Kentucky // *J. Paleontol.* 1959. Vol. 33. P. 1029–1068.
100. *Sweet W.C., Bergström S.M.* Provincialism exhibited by Ordovician conodont faunas: Paleogeographic provinces and provinciality // *Soc. Econom. Paleontol. Mineral. Spec. Publ.* 1974. No. 21. P. 189–202.
101. *Sweet W.C., Bergström S.M.* Conodont provinces and biofacies of the Late Ordovician // *GSA Spec. Pap.* 1984. Vol. 196. P. 69–87.
102. *Tolmacheva T.Yu., Danelian T., Popov L.E.* Evidence for 15 m.y. of continuous deep-sea biogenic siliceous sedimentation in early Paleozoic oceans // *Geology.* 2001. Vol. 29. No. 8. P. 755–758.
103. *Tolmacheva T.Yu., Degtyarev K.E., Ryazantsev A.V.* Ordovician conodont biostratigraphy, diversity and biogeography in deep-water radiolarian cherts from Kazakhstan // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2021. Vol. 578. P. 110572.
104. *Torsvik T.H., Ryan P.D., Trench A., Harper D.A.T.* Cambro-Ordovician Palaeogeography of Baltica // *Geology.* 1991. Vol. 19. No. 1. P. 7–10.
105. *Torsvik T., Smethrust M.* Plate tectonic modelling: virtual reality with GMap // *Comput. Geosci.* 1999. Vol. 25. P. 395–402.
106. *Torsvik T., Cocks R.* Earth History and Palaeogeography. – (Cambridge Univ. Press. Cambridge. UK, 2017), pp. 317.
107. *Trotter J.A., Williams I.S., Barnes C.R., Lécuyer C., Nicoll R.S.* Did cooling oceans trigger Ordovician biodiversity? Evidence from conodont thermometry // *Science.* 2008. Vol. 321. P. 550–554.
108. *Uutela A.* Proterozoic and early Palaeozoic microfossils in the Karikkoselkä impact crater, central Finland // *Bull. Geol. Soc. Finland.* 2001. Vol. 73. Part. 1–2. P. 75–85.
109. *Vandenbroucke T.R.A., Armstrong H.A., Williams M., Zalasiewicz J.A., Sabbe K.* Ground-truthing Late Ordovician climate models using the paleobiogeography of graptolites // *Palaeoceanography.* 2009. Vol. 24. PA4202.
110. *Vandenbroucke T.R.A., Armstrong H.A., Williams M., Paris F., Sabbe K., Zalasiewicz J., Nölvak J., Verniers J.* Epipelagic chitinozoan biotopes map a steep latitudinal temperature gradient for earliest Late Ordovician seas: Implications for a cooling Late Ordovician climate // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2010. Vol. 294. P. 202–219.
111. *Vérard C.* Plate tectonic modelling: review and perspectives // *Geol. Magazine.* 2018. Vol. 156. No. 2. P. 208–241.
112. *Vérard C.* Panalesis: towards global synthetic palaeogeographies using integration and coupling of manifold models // *Geol. Magazine.* 2019. Vol. 156. Is. 2. P. 320–330.
113. *Verniers J., Pharaoh T.C., André L., Debacker T., De Vos W., Everaerts M., Herbosch A., Samuelsson J., Sintubin M., Vecoli M.* The Cambrian to Mid-Devonian basin development and deformation history of Eastern Avalonia east of the Midlands Microcraton: New data and a review // *Geol. Soc. London. Spec. Publ.* 2002. Vol. 201. P. 47–93.

114. *Webby B.D., Percival I.G., Edgecombe G., Vandenberg F., Cooper R., Pickett J., Pojeta Jr.J., Playford G., Winchester-Seeto T., Zhen Y.Y., Nicoll R.S., Ross J.R.P., Schallreuter R., Young G.* Ordovician biogeography of Australasia // *Assoc. Australian Palaeontol. Mem.* 2000. Vol. 23. P. 63–126.
115. *Wegener A.* Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. – (Friedrich Vieweg, Sohn, Braunschweig, Germany. 1929. 4th edn.), pp. 231.
116. *Wilhem C., Windley B.F., Stampfli G.M.* The Altaids of Central Asia: A preliminary innovative review // *Earth-Sci. Rev.* 2012. Vol. 113. P. 303–341.
117. *Williams M., Floyd J.D., Salas M., Siveter D.J., Stone P., Vannier J.* Patterns of ostracod migration for the ‘North Atlantic’ region during the Ordovician // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2003. Vol. 195. P. 193–228.
118. *Windley B.F., Alexeiev D., Xiao W., Kröner A., Badarch G.* Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic Belt // *J. Geol. Soc. London.* 2007. Vol. 164. P. 31–47.
119. *Xiao W.J., Kröner A., Windley B.F.* Geodynamic evolution of Central Asia in the Paleozoic and Mesozoic // *Int. J. Earth Sci.* 2009. Vol. 98. P. 1185–1188.
120. *Zhao G., Wang Y., Huang B. et al.* Geological reconstructions of the Eastern Asian blocks: from the breakup of Rodinia to the assembly of Pangea // *Earth Sci. Rev.* 2018. Vol. 186. P. 262–286.
121. *Zhen Y.Y., Percival I.G.* Ordovician conodont biogeography – reconsidered // *Lethaia.* 2003. Vol. 36. P. 357–369.
122. *Zhen Y.Y., Percival I.G., Zhang Y.* Floian (Early Ordovician) conodont-based biostratigraphy and biogeography of the Australasian Superprovince // *Palaeoworld.* 2015. Vol. 23. No. 1–2. P. 100–109.
123. *Zhen Y.Y., Percival I.G., Gilmore P., et al.* Conodont Biostratigraphy of Ordovician Deep-Water Turbiditic Sequences in Eastern Australia—A New Biozonal Scheme for the Open-Sea Realm // *J. Earth Sci.* 2021. Vol. 32. No. 3. P. 486–500.
124. *Zhylykaidarov A.* Conodonts from Ordovician ophiolites of central Kazakhstan // *Acta Palaeontol. Polonica.* 1998. Vol. 43. No. 1. P. 53–48.
125. *Ziegler A.M., Scotese C.R., McKerrow W.S., Johnson M.E., Bambach R.K.* Paleozoic paleogeography // *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 1979. Vol. 7. P. 473–502
126. Deep Time Maps, <http://deeptimemaps.com>, (Accessed May 12, 2021).
127. GMAR, [http://www.earthdynamics.org/earthhistory/gmap\\_info.html](http://www.earthdynamics.org/earthhistory/gmap_info.html), (Accessed May 12, 2021).
128. EarthByte, <https://www.earthbyte.org>, (Accessed May 12, 2021).
129. GPlates, <http://portal.gplates.org>, (Accessed May 12, 2021).

## Ordovician Paleogeography: Possibilities of Biogeographical Constructions from Conodonts

T. Yu. Tolmacheva<sup>a, b, \*</sup>, K. E. Degtyarev<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Karpinskii All-Russian Scientific Research Geological Institute (VSEGEI),  
Sredny prosp., bld. 74, 199106 St. Petersburg, Russia*

<sup>b</sup>*Geological Institute RAS, Pyzhevsky per., bld. 7, 119017 Moscow, Russia*

<sup>\*</sup>*e-mail: tatianna\_tolmacheva@vsegei.ru*

The article provides an overview of modern global paleogeographic reconstructions for the Ordovician period and regional paleogeographic models of the structures of the East European Platform and the western part of the Central Asian orogenic belt. The history of the development of the biogeography of conodonts and their biogeographic studies is outlined. It is shown that the biogeography of the Ordovician conodonts follows the principles of biogeography of the modern ocean allowing identification of areas/kingdoms of the open sea and shallow seas as main biogeographic subdivisions. It is shown that the biogeography of pelagic conodont faunas in the Ordovician is determined by climatic zonality. The biogeographic characteristics of the faunas of the shallow sea basins are confirmed by the level of endemism of pelagic conodont faunas, which makes it possible to assess the mutual geographical location of paleobasins. The contribution of the biogeographic zoning of conodonts to the development of ideas about the paleogeography of the East European Platform and the western part of the Central Asian orogenic belt is shown.

**Keywords:** paleogeographic reconstructions, regional paleogeography, biogeography, Ordovician, conodonts, paleocontinents, East European Platform, western part of the Central Asian orogenic belt