## Толмачева Татьяна Юрьевна

# Конодонты ордовика Восточно-Европейской платформы и западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса: биостратиграфия, биогеография, палеоэкология

Специальность: 25.00.02 – палеонтология и стратиграфия

### АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук

# Работа выполнена в ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им А.П. Карпинского»

Официальные оппоненты:

**С.В. Рожнов** (Палеонтологический институт РАН, г. Москва) Доктор биологических наук Член-корреспондент РАН

**В.Н. Пучков** (Институт геологии Уфимского научного центра РАН) Доктор геолого-минералогических наук Член-корреспондент РАН

**В.А. Аристов** (Геологический институт РАН) Доктор геолого-минералогических наук

Ведущая организация:

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН, Новосибирск

Защита состоится 23 октября 2013 года в 14<sup>30</sup> на заседании диссертационного совета Д 002.215.03 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Геологическом институте РАН по адресу: 119017, Москва, Пыжевский переулок, д. 7.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке ИГЕМ РАН

Автореферат разослан 23 сентября 2013 года

Ученый секретарь диссертационного совета, канд. геол.-мин. наук Т.Н.Палечек

#### ОБШАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность

Активное изучение конодонтов ордовика началось только немного более полувека назад, но их значение для биостратиграфического расчленения и корреляции ордовикских отложений является общепризнанным. Однако, несмотря на видимость высокого уровня изученности этой группы фауны, сведения по ее распространению и таксономической характеристике во многих регионах мира до сих пор остаются фрагментарными. В частности, до недавнего времени конодонты из ордовикских толщ российской части Восточно-Европейской платформы были известны в основном из работ С.П. Сергеевой (1963, 1972). Были слабо изучены конодонты из карбонатных отложений ордовика западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса. Кремнистые отложения ордовика в Казахстане и на Урале охарактеризованы только небольшим числом доминантных таксонов.

Данная работа посвящена изучению конодонтов из ордовикских отложений двух больших регионов — Восточно-Европейской платформы, где преобладали обстановки умеренно-тепловодного эпиконтинентального палеобассейна, ее восточной складчатой окраины и палеозоид Казахстана и Северной Киргизии, в сложнопостроенных структурах которых встречается весь спектр возможных фаций от прибрежных и мелководноморских до глубоководных толщ приэкваториальных океанов. Многие вопросы геологического строения и эволюции, сближенных в настоящее время комплексов Восточно-Европейской платформы, Урала и Казахстана остаются дискуссионными и могут быть решены только путем биостратиграфического датирования и выявления биогеографических особенностей населяющих их конодонтовых фаун.

Ордовикское время было началом эволюционного развития конодонтов, сопровождающегося резким увеличением биоразнообразия, обеспеченного быстрой и единовременной эволюцией элементов в аппаратах. Результатом этого является специфика таксономии конодонтов ордовика, для которой характерна многовариантность мультиэлементного состава аппаратов, многообразие форм и моновидовой состав многих родов. Быстрой эволюции и высокому разнообразию конодонтов способствовали и особенности ордовикского периода, такие как высокая раздробленность континентов при высоком стоянии вод и развитие обширных мелководных шельфовых бассейнов. Сохранившиеся, в том числе и в палеозоидах Казахстана отложения океанов и открытых морей представлены существенно биогенными кремнистыми толщами, входящими в состав офиолитовых и островодужных комплексов.

Изучение конодонтов и анализ их стратиграфического распределения позволяет выделить последовательности биостратиграфических подразделений для значительно более точного определения возраста и корреляции разнофациальных отложений на Восточно-Европейской платформе и в складчатых областях Казахстана, Урала и Горного Алтая. Актуальность создания биостратиграфических конодонтовых шкал для этих регионов подтверждается недавно полученными данными по конодонтам, позволившими значительно изменить возраст ряда литостратиграфических подразделений в разрезах Калининградской и Ярославской областей, Горного Алтая и Казахстана.

Кроме того, состав конодонтовых комплексов является базовой основой для биогеографических и биофациальных построений и, основанных на них, реконструкций палеогеографии и условий среды геологического прошлого. Для ордовика такие построения по конодонтам, в отличие от бентосной фауны до настоящего времени практически отсутствовали. Это частично связано с недостаточностью и недостоверностью фактических данных по таксономическому составу конодонтовых фаун во многих регионах мира, в том числе сведений о конодонтах из наиболее глубоководных океанических фаций. Являющиеся одним из объектов изучения кремнистые глубоководные отложения Казахстана и Урала не только дают возможность типизировать конодонтовую пелагическую фауну океанических бассейнов, но и содержат уникальные свидетельства трофических взаимоотношений в древних пелагических экосистемах.

Цель и задачи работы

Целью работы является создание детальной биостратиграфической основы для расчленения и корреляции разнофациальных отложений ордовика Восточно-Европейской платформы, Урала и Казахстана, разработка биогеографического районирования конодонтовых фаун и реконструкция палеогеографических особенностей развития регионов, установление уровня глобальных изменений климата и циркуляции океанических вод и его связи с биоразнообразием конодонтов, выявление образа жизни и питания этих организмов в пелагических биотах ордовикского времени.

### В задачи исследований входило:

- 1. Характеристика ранее малоизученной и неизвестной фауны конодонтов из отложений ордовика Восточно-Европейской платформы, Полярного и Южного Урала, Казахстана, Северного Тянь-Шаня и Горного Алтая. Оценка разнообразия конодонтов в разнофациальных обстановках.
- 2. Анализ распределения конодонтов в разрезах, выделение зональных подразделений или слоев с характерными комплексами и разработка последовательности биостратиграфических подразделений для карбонатных отложений Восточно-Европейской платформы, карбонатных и кремнистых пород Казахстана;
- 3. Обоснование представлений о биогеографии ордовикских конодонтов, типизация океанических и мелководных биогеографических областей, выделение биогеографических провинций по конодонтам ордовика Восточно-Европейской платформы и палеозоид Казахстана;
- 4. Установление особенностей климата и других параметров окружающей среды в ордовикское время, оценка связи биоразнообразия конодонтовых фаун с обстановками осадконакопления;
- 5. Изучение строения фекальных пеллет из кремнистых отложений нижнего ордовика Казахстана. Реконструкция возможных пищевых цепочек в пелагических сообществах ордовика.

#### Материал и методика изучения

Все результаты исследований, приведенные в диссертации, получены лично автором или при его непосредственном участии. Фактический материал по северозападу Восточно-Европейской платформы (Ленинградская, Калининградская области, о. Эланд) и западной части Центрально-Азиатского пояса (Казахстан, Горный Алтай, Северный Тянь-Шань) собран автором. Пробы на конодонты из скважин в Московской синеклизе и в Архангельской области были предоставлены А.С. Алексеевым и А.Н. Реймерсом. Доступ к скважинам о. Колгуев стал возможен благодаря Н.Н. Соболеву и Э.М. Преображенской. Дополнительный материал из ряда местонахождений верхнего ордовика Ленинградской области собран Г.С. Искюлем. Пробы из карбонатных пород найманской свиты хр. Чингиз (Восточный Казахстан) были отобраны К.Е. Дегтяревым и К.Н. Шатагиным. Образцы карбонатных пород хантейской свиты Полярного Урала переданы Н.Б. Кузнецовым, а карбонаты из ряда местонахождений на Южном Урале А.В. Рязанцевым и А.А. Беловой. Л.С. Колесник передала для изучения коллекцию раннеордовикских конодонтов Приполярного Урала. В качестве сравнительного материала были изучены коллекции ордовикских конодонтов А. Лофгрен (Швеция), Г.А. Абаимовой, Т.А. Москаленко (от Н.И. Изох), а также коллекции конодонтов Ирана, переданные Л.Е. Поповым. Кроме того, для сравнения использовались собственные коллекции конодонтов Шпицбергена, Сибирской платформы, Таймыра, Северной Земли и Новосибирских островов. В ряде случаев использовались геологические схемы участков и описания разрезов, выполненные К.Е. Дегтяревым, А.В. Рязанцевым, О.И. Никитиной, Е.С. Искюлем.

Для выделения конодонтов из карбонатных пород применялись традиционные методики дезинтеграции породы уксусной кислотой (12%). Выделение конодонтов из кремней проводилось с использованием концентрированной плавиковой кислоты. Конодонты и фекальные пеллеты в кремнистых породах изучались в ориентированных шлифах или тонких пластинках. Характеристика конодонтовых сообществ базировалась на таких параметрах, как плотность видов, таксономическое и экологиче-

ское разнообразие (индекс Шеннона-Уивера). Популяционный анализ конодонтов построен на интерпретации частотного распределения конодонтов по размеру и кривых смертности.

Научная новизна

Установлен таксономический состав ранее малоизвестной и неизученной фауны конодонтов из отложений ордовика западной и центральной части Восточно-Европейской платформы, Казахстана, Полярного и Южного Урала, Алтая и Северного Тянь-Шаня. Определено стратиграфическое распространение видов, и уточнен возраст ряда региональных и местных стратиграфических подразделений.

Впервые предложено биостратиграфическое расчленение по конодонтам для Восточно-Европейской платформы и западной части Центрально-Азиатского пояса. Местные зональные шкалы, состоящие из 21 и 7 интервал-зоны, разработаны для западной (Ленинградская область) и центральной (Ярославская область) частей Восточно-Европейской платформы. Для Казахстана предложено две провинциальные биостратиграфические шкалы — зональная последовательность из 13 подразделений для глубоководных фаций и 11 подразделений (слоев с фауной) для мелководных отложений.

Впервые определены биогеографические особенности конодонтовых фаун ордовика центральной и северо-восточной части Восточно-Европейской платформы, ее восточного складчатого обрамления и палеозоид Казахстана. В пределах платформы выделено две контрастные биогеографические провинции, граница между которыми постепенно, в течении ордовика смещается на юг и исчезает в конце позднего ордовика. Впервые выявлено биогеографическое сходство конодонтовых фаун Казахстана, Северной Киргизии и Алтая с фаунами восточной Гондваны (Южный и Северный Китай, Австралия, Тарим).

Впервые по глубоководным отложениям обоснован экстремально теплый климат в раннем ордовике и его постепенное похолодание с установлением циркуляционной системы океанов в ранней трети флоского века. Это намного раньше, чем предполагалось ранее на основании изучения литологических особенностей и фауны отложений шельфов и континентальных склонов.

Впервые были детально изучены многочисленные фекальные пеллеты конодонтов и других организмов из конденсированных кремнистых разрезах верхнего кембрия и нижнего ордовика, и выдвинуто предположение о возможных трофических связях конодонтов с мелкими пелагическими членистоногими.

#### Апробация работы и публикации

По теме диссертации опубликована 61 работа, в том числе 31 статья в изданиях из списка ВАК и рецензируемых изданиях за рубежом.

Основные положения работы были неоднократно доложены на региональных, общероссийских и международных конференциях, совещаниях и симпозиумах в том числе: 34 Геологическом Конгрессе (Австралия, 2012); VIII и XI Международных Симпозиумах по ордовикской системе (Прага, 1999, Мадрид, 2011); VI Европейском Симпозиуме по конодонтам (Варшава, 1998); I Международном Симпозиуме по конодонтам (Лейстер, Англия, 2006); ежегодных сессиях «Палеострат» (Москва, 2011, 2012); конференциях по балтийской стратиграфии (Уппсала, 1997; Санкт-Петербург, 2005; Таллинн, 2008); научных совещаниях «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса: от океана к континенту» (Иркутск, 2010, 2011); ежегодных сессиях Всероссийского палеонтологического общества (Санкт-Петербург, 1995, 2006-2012) и многих других.

#### Практическое значение

Изложенные в диссертации и публикациях автора результаты могут быть использованы для усовершенствования региональных стратиграфических схем ордовика Восточно-Европейской платформы, Урала и Казахстана. Новые биостратиграфические схемы этих регионов служат дополнительным инструментом датирования, расчленения и корреляции осадочных и вулканогенно-осадочных толщ ордовикского возраста. Уточненные датировки ряда региональных и местных стратиграфических

подразделений ордовика уже приняты или будут учтены в региональных схемах, легендах серий и отдельных листов геологических карт нового поколения. Палеогеографические и палеофациальные реконструкции могут быть использованы для обзорных палеогеографических, тектонических и других специализированных карт.

### Объем и структура работы

Диссертация состоит из семи глав, введения, заключения, списка цитируемой литературы и приложений (предметного указателя фауны, фототаблиц и объяснений к ним). В работе рассматриваются методы изучения конодонтов в разнофациальных отложениях, приводится описание разрезов, местонахождений, состав конодонтовых комплексов, проводится анализ стратиграфического и географического распространения конодонтовых фаун, обосновываются выделенные биостратиграфические подразделения, отмечаются биогеографические особенности конодонтовых фаун и строения осадочных толщ, используемые для предложенного биогеографического районирования, палеогеографических и палеоэкологических реконструкций. В работу включены систематические описания конодонтов и палеонтологические таблицы, сгруппированные по местонахождениям. Диссертация имеет объем 638 стр., содержит 154 рисунка и 88 фототаблицы. Список литературы включает 400 наименований.

### Основные защищаемые положения

- 1. Ранее неизвестные и малоизученные конодонтовые фауны из разнофациальных отложений ордовика Восточно-Европейской платформы и западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса включают около 200 видов 55 родов, в том числе четыре новых рода и семь видов. Увеличение разнообразия конодонтовых сообществ идет в направлении от мелководных к глубоководным фациям внешнего шельфа и островодужных комплексов и от высоких к экваториальным широтам. Таксономическое альфа-разнообразие конодонтов мелководноморских фаций не принципиально превышает разнообразие глубоководных фаун.
- 2. Для ордовика Восточно-Европейской платформы разработаны две местные зональные шкалы по конодонтом: для восточной части Балтоскандийского палеобассейна (Ленинградская область), состоящая из 21 интервал-зоны, и для центральной части платформы (Ярославская область), представленная 7 зонами для среднего верхнего ордовика. Для глубоководных отложений палеозоид Казахстана предложена провинциальная зональная шкала, включающая 13 конодонтовых зон; для мелководноморских отложений биостратиграфическая шкала из 11 подразделений в ранге слоев с фауной.
- 3. В ордовикском палеобассейне развитом на Восточно-Европейской платформе по конодонтам установлены две биогеографические провинции Тимано-Североуральская на севере и Балто-Скандинавская на западе. Конодонтовая фауна Южного Урала в биогеографическом отношении близка к Балто-Скандинавской провинции. Конодонтовые фауны Казахстана, Северной Киргизии и Алтая относятся к отдельной Западно-Азиатский провинции Австрало-Азиатской надпровинции.
- 4. Отложения конденсированных глубоководных отложений Казахстана в интервале от позднего кембрия до ранней части флоского века раннего ордовика формировались в бескислородных обстановках с пониженной циркуляцией водных масс характерной для «парникового» периода. Установление циркуляционной системы, сопровождающееся обогащением кислородом донных вод и похолоданием, началось с ранней трети флоского яруса (зона *Prioniodus oepiki*).
- 5. Подавляющее большинство видов ордовикских конодонтов, являясь планктонными пелагическими организмами, питались мелкими членистоногими и молодью других видов конодонтов включаясь в сложные пищевые цепочки с селективным выеданием популяций по размеру (= возрасту) особей.

### Благодарности

Диссертационная работа выполнена в ФГУП Всероссийский научноисследовательский геологический институт им А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ), при постоянной поддержке всего коллектива и заведующих отделом стратиграфии и палеонтологии Т.Н. Корень и А.Н. Олейникова (до 2000 г.). Автор благодарен своим коллегам из отдела стратиграфии и палеонтологии О.Л. Коссовой, И.О. Евдокимовой и Г.В. Котляр за всестороннюю поддержку и полезные

консультации на разных этапах написания диссертации.

Полевые работы со сбором нового фактического материала проходили с постоянной помощью и участием сотрудников ГИН РАН К.Е. Дегтярева, А.В. Рязанцева, А.В. Дронова, а также О.И. Никитиной (Геологический ин-т им К.И. Сатпаева, г. Алматы), Л.Е. Попова (Национальный музей Уэльса, г. Кардифф, Великобритания), Л.Е. Холмера (Университет г. Уппасала, Швеция), которым автор искренне и сердечно признателен.

Исследования были бы невозможны без уникального материала по Московской синеклизе и Юго-Восточному Беломорью, переданного в распоряжении автора А.С. Алексеевым и А.Н. Реймерсом. Автор благодарен Л.С. Колесник за переданные ею

коллекции конодонтов из кибатинской свиты (р. Пага, Полярный Урал).

Работа в таком объеме стала возможна только благодаря всем тем, кто во время своих полевых работ отбирал пробы на конодонты в разных регионах России, Казахстана и других стран. За это автор глубоко признателен сотрудникам ГИН РАН К.Е. Дегтяреву, А.В. Дронову, А.В. Рязанцеву, Н.Б. Кузнецову, А.Б. Кузьмичеву, М.К. Данукаловой, а также коллегам из других институтов Н.Н. Сенникову и А.В. Тимохину (ИНГГ СО РАН), Н.Н. Соболеву, А.Н. Ларионову, М.А. Шишкину и Г.С. Исколю (ВСЕГЕИ), А.М. Тебенькову и Н.Ю. Костевой (ПМГРЭ), Л.Е. Попову (Нац. Музей Уэльса, Великобритания) и М. Глобари-Пур (Университет г. Галистан, Иран).

Работы по теме диссертации проводились при финансовой поддержке грантов РФФИ (09-05-01033, 10-05-00848, 10-05-00973 и других), грантов Шведского королевского Общества (1998–2003), Норвежских исследовательских программ (Fellowship Program 2005/2006 for Northwestern Russia), Американского палеонтологического общества (PalSIRP) за 2011 г.

# Глава I. История исследований ордовикских конодонтов и методы их изучения в разнофациальных отложениях

История изучения конодонтов началась с Христиана Пандера, который в неконсолидированных песчаных отложениях леэтсеской свиты в окрестностях Санкт-Петербурга обнаружил микроскопические зубообразные элементы фосфатного состава (Pander, 1856), чья систематическая принадлежность до сих пор является спорным вопросом (Donoghue et al. 2000; Turner et al., 2010). Присутствие этих элементов неоднократно отмечалось в отложениях ордовика в Эстонии (Таттекапп, 1924; Орік, 1927, 1929, 1936), однако детальное изучение конодонтов на северо-западе Восточно-Европейской платформы началось только во второй половине XX века (Сергеева, 1963; 1966; 1974; Вийра, 1966, 1970, 1974 и др.). Позднее данные по конодонтам этого региона были дополнены немногочисленными публикациями (Боровко, Сергеева, 1981; Боровко и др., 1985; Попов и др., 1985; Kaljo et al., 1986; Bergstrom, 1988).

В Тимано-Печорской провинции и на Урале конодонты стали объектом изучения начиная с 70-х годов, но только немногие материалы были опубликованы (Наседкина, 1975; 1985; Наседкина, Пучков, 1979; Наседкина, Бороздина, 1991; Ордовик Приполярного Урала..., 1991; Мельников, 1999; Kolesnik, 2005). Относительно недавно стали изучаться конодонты из кремнистых отложений Южного Урала (Иванов

и др., 1989; Мавринская, 2005; Dubinina, Ryazantsev, 2008).

Первооткрывателем конодонтов в кремнистых породах ордовика Казахстане является Н.М. Гридина (Гридина, Машкова, 1977), вслед за которой конодонты были обнаружены почти во всех кремнистых отложениях региона (Новиков и др., 1978; Герасимова и др., 1984; Двойченко, Абаимова, 1984; Курковская, 1985; Дубинина и др., 1996; Обут и др., 2006, и многие другие).

В то же время, карбонатные отложения оставались слабо изученными; конодонты из них представлены только в немногочисленных работах (Барсков и др., 1989; Zhylkaidarov, 1998; Дубинина, 2000). По Горному Алтаю и Северному Тянь-Шаню вплоть до недавнего времени публиковались только списки конодонтов.

Для выделения конодонтов из карбонатных пород разработаны традиционные и широко применяемые методики дезинтеграции породы уксусной или муравьиной кислотой. Химическое выделение конодонтов из кремнистых пород использовалось редко (Zhylkaidarov, 1998; Обут и др., 2006), так как применимо к конодонтам только хорошей степени сохранности. Конодонты в кремнистых и терригенных породах обычно изучались на сколах и поверхностях напластования, реже на ориентированных параллельно им спилах. Такой способ изучения конодонтов в кремнях не дает представления о морфологии элементов, а также не позволяет получить большие по количеству элементов коллекции конодонтов, сопоставимые с таковыми из карбонатных пород. Точная диагностика видов при этом возможна только для доминирующих форм. В целом, коллекции конодонтов из кремнистых пород проигрывали в полноте материала и, соответственно, не позволяли исследователям оценить полный таксономический состав комплексов (Двойченко, Абаимова, 1984).

В ходе исследований по теме работы, конодонты из кремнистых пород извлекались с помощью концентрированной плавиковой кислоты. Представительный комплекс конодонтов удалось получить из нескольких местонахождений нижнего и низов среднего ордовика Юго-Западного Прибалхашья, в которых конодонты сохранили свой первичный фосфатный состав. Для изучения состава и структуры фекальных пеллет, а также получения статистических данных по размерам конодонтов в тафоценозах для популяционного и палеоэкологического анализов изготавливались специальные ориентированные тонкие пластины или шлифы.

# Глава II. Характеристика конодонтовых комплексов из отложений ордовика Восточно-Европейской платформы и западной части Центрально-Азиатского пояса

В главе излагаются сведения по изученным местонахождениям и разрезам с конодонтами, дается фаунистическая и литологическая характеристика отложений, приводится распределение конодонтов по разрезам. Таксономические составы конодонтовых комплексов, представленные в этой части работы, лежат в основе всех дальнейших биостратиграфических, биогеографических и палеогеографических построений. Важным результатом является уточнение или изменение возраста литостратиграфических подразделений на основании впервые изученных во многих местонахождениях конодонтов. Наиболее ощутимый вклад в представления о стратиграфическом строении погребенных ордовикских и силурийских отложений дало изучение конодонтов в Калининградской и Ярославской областях. Возраст ряда кремнистых и карбонатных толщ в Казахстане и на Алтае был впервые определен благодаря конодонтам. Обнаружение конденсированных кремнистых разрезов в Казахстане принципиально изменило представление о геологической истории и строении кремнисто-терригенных и кремнисто-вулканогенных образований в регионе.

## II.1. Стратиграфия и комплексы конодонтов Восточно-Европейской платформы и ее восточного обрамления

Отложения ордовикского возраста распространены в западной части Восточно-Европейской платформы (страны Скандинавии, Прибалтики, северо-запад России), в центральной (Ярославская область), северной (Тимано-Печорский регион, о. Колгуев и Приполярный Урал) и юго-восточной (Прикаспийская впадина) (Рис. 1).

Обнажены ордовикские породы только в окрестностях Санкт-Петербурга, на Приполярном, Полярном и Южном Урале. В других районах ордовикские отложения погружены до глубин 2000 м и более. Толщи этого возраста представлены разнообразными фациями от мелководных песчаников до относительно глубоководных сланцевых последовательностей. Мощность ордовика колеблется от 80-150 м на северо-западе ВЕП, до 400-600 м в восточной части Московской синеклизы (Ярославской области). Территория западной и центральной части платформы представляла собой единый палеобассейн, состоящий из Балтоскандийской и Московской частей разделенных Ловатским валом (Никанорова, 1977). В данной работе рассматриваются только конодонты из восточной части Балтоскандийского палеобассейна, распо

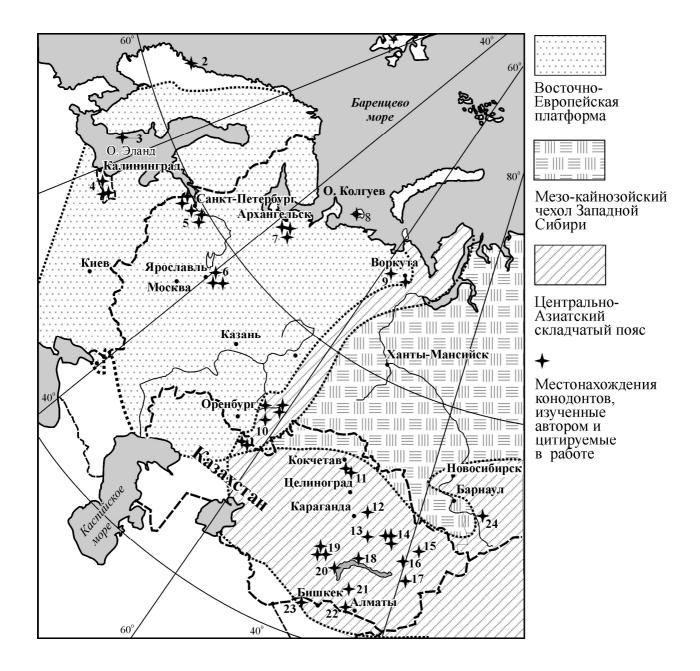


Рис. 1. Схема западной части Евразии с границами Восточно-Европейской платформы и западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса и местонахождениями изученной фауны конодонтов. 1. о. Шпицберген; 2. р-н Трондхейма; 3. о. Эланд; 4. Калининградская обл.; 5. Ленинградская обл.; 6. Ярославская обл.; 7. Архангельская обл.; 8. о. Колгуев; 9. Полярный Урал; 10. Южный Урал; 11. Восточно-Ишкеольмесский район; 12. Бощекульский район; 13. Юго-Западное Предчигизье; 14. хр. Чингиз; 15. хр. Тарбагатай; 16. юго-восточная часть хр. Чингиз; 17. Текелийский район; 18. Северное Прибалхашье; 19. Северная Бетпакдала; 20. Юго-Западное Прибалхашье; 21. Чу-Илийские горы; 22. Хребет Кендыктас; 23. западная часть Киргизского хребта; 24. Горный Алтай

ложенной на территории Ленинградской области. Отложения ордовика Московской синеклизы были изучены в нескольких скважинах — Гаврилов-Ям-1, Рыбинская-1, Марьино-1. Северная часть платформы охарактеризована конодонтами из ксенолитов карбонатного состава, сохранившихся в кимберлитовых трубках Юго-Восточного Беломорья. Также изучен керн из скважин о. Колгуев и отдельные местонахождения конодонтов из Приполярного, Полярного и Южного Урала.

### II.1.1. Северо-западная часть Восточно-Европейской платформы

Ордовик Ленинградской области

Отложения ордовика в Ленинградской области обнажены к югу от Санкт-Петербурга, вдоль линии Балтийско-Ладожского глинта в виде полосы широтного направления, шириной от 3-5 до 50 км. Породы, мощность которых в приглинтовой полосе варьирует от 100 до 200 м, залегают практически горизонтально с небольшим уклоном в южном направлении. В западных, наиболее полных разрезах ордовик представлен всеми отделами, на востоке области обнажается только его нижний и средний отделы. Тремадокский и нижняя часть флоского яруса сложены толщей нелитифицированных терригенных осадков. Более молодые отложения представлены преимущественно карбонатами — до нижней части верхнего ордовика умереннотепловодными, а с верхов сандбийского яруса — тепловодными и тропическими (Дронов, 1998).

На территории Ленинградской области конодонты нижнего и среднего ордовика были изучены в разрезах ее центральной и восточной части по р. Сясь, Волхов, Лава, Тосна, Йоповка, в карьере Путилово (Tolmacheva et al., 2001; 2003). Конодонты верхнего ордовика в карьерах запада области: Алексеевском, Печурки, Вруда, Волосово, Елизаветинский. В послойно изученных существенно конденсированных отложениях тремадокского, флоского и дапинского ярусов с аномально большим количеством Cordvlodus **Baltoniodus** конодонтов выделены 30НЫ OT linstromi ДО norrlandicus/Lenodus antivariabilis охарактеризованные комплексами, включающими от 25 видов конодонтов в нижней части латорпского горизонта до 12-15 в волховском (Tolmacheva, 2001). Отложения от кундаского до идавереского горизонта (Lenodus variabilis – Amorphognathus tvaerensis) содержат значительно меньшее количество конодонтов при видовом разнообразии около 10–12 видов. Конодонты в мощных доломитах, известняках и известковых алевролитах йыхве-раквереского интервала практически отсутствуют и были получены только из нескольких стратиграфических уровней в каждом горизонте. Комплексы из этих отложений по своему таксономическому составу принципиально отличаются от более открытоморских фаун Эстонии и западной Балтоскандии. Более древние, до позднесандбийские конодонты типичны для Балтоскандийского палеобассейна и в его биофациальной зональности рассматриваются как одни из наиболее мелководных биофаций.

В главе представлено стратиграфическое распространение таксонов в изученных разрезах, охарактеризованы изученные комплексы конодонтов; границы региональных подразделений, обоснованные комплексами бентосной фауны (трилобитами, брахиоподами) и литологическими маркерами, получили свою характеристику по конодонтам (Корень, Толмачева, 2004) (Рис. 2).

### Ордовик Калининградской области

Отложения ордовика в Калининградской области погребены на глубинах от 1000 м до 2500 м и сложены преимущественно карбонатно-терригенной толщей, мощность которой варьирует от 60 м до 150 м. Возраст местных литостратиграфических подразделений был обоснован редкими граптолитами, брахиоподами, остракодами и хитинозями (Загородных, 2001). Только недавно здесь впервые были изучены конодонты среднего-позднего ордовика (от зоны Eoplacognathus pseudoplanus до зоны Amorphognathus ordovicicus) (Толмачева, 2011). Опробовано три скважины: скв. Бабушкино-1 Нестеровской площади, скв.1 Неманской площади и скв. 1 Северо-Гусевской площади, стратотипические для бабушкинской, луговской, ракитинской и третьяковской свит. Породы содержат конодонтов биофации Baltoniodus, комплекс которых типичен для Балтоскандии и хорошо изучен в разрезах Швеции и Эстонии (Löfgren, 1978; Dzik, 1994; Viira, 2008 и др.). По конодонтам был изменен возраст свит: бабушкинская свита, вместо волховского горизонта сопоставлена с поздней кундой и ранним азери, луговская свита, отнесенная ранее к кунде, соответствует верхней части азериского горизонта, ракитинская свита по конодонтам сопоставляется с верхами азери, третьяковская свита ограничена ласнамягийским и низами ухакуского горизонта, чернышевская свита сопоставляется с верхами ухакуского и низами

комплексы	конодонтов (Толмачева и др., 2013)	lcriodella cf. 1. suberba, Plectodina sp., 2. malauchia sp.,	r anaeroans sp. Pectinognathus khoreyverrcus, Plectodina cf.	de acuteda, le roiodella et. Statberba. Statifere la carinata, Statifere la carinata, Suberectus	Phragmodus cf. P. flexuosus, Ansella cf. A. nevadensis,	Errancodon ci. Errancodon ci. Plectodina cf. P. aculeata Triangulodus rudis	Erraticodon cf. E. balticus Acodus sp. A., Pectinograthus cf. F. mbelicus, Scandodus cf.	5. furnishi Baltoniodus sp.	Scolopodus striatus, Drepanoistodus forceps Protopanderodus sp.	on the forther	Corayouas angulatus, Variabiloconus sp.		
о-Восточн	TINTOR OT TO THE	Icr. I. s Para	Pe Pre	7.52.4%Q s	Ph Ph PP PP PP PP PP PP PP PP PP PP PP P	Erval E. ba Bleat Pleat P. acs Trian	E   E   E   E   E   E   E   E   E   E	S. B.	Sco Dre for Pro		Name And		
аврилов-Ям) Зоны по	конодонтам (Толмачева и др., 2013)	ć	Icriodella superba	Pectinognathus khoreyvericus	Ph. polonicus	Sag. kielcensis Eo. suecicus	B.norrlandicus			яки известняки оломиты известняки			гащенные
Ярославская область (скв.	Мог Мог ТА	ć	ъщ Варлы- пинская	Митинская Кубенская Кубенская	Ухакус. Калинская	Азор Тунская — 22м	Кумая Нефе — 10м		Условное обозначения ————————————————————————————————————	Доломитизированные известняки  Красноцветные песчанистые известняки  Алевритистые известняки и доломиты  Известняки, биокластические известняки			Ариллиты и алевролиты окогащенные органическим веществом ————————————————————————————————————
ть Ленинградской области Зоны	1 ранголиты		Phragmodus undatus	Amplexograptus baltoscandicus  2 Archetimacogr antiquus Imeatus Nemagaptus nemagaptus	10 Balton variabilis 10 Balton variabilis 11 Balton prevariabilis 12 Balton prevariabilis 13 Balton prevariabilis 14 Balton variabilis 15 Balton variabilis 15 Balton variabilis 16 Balton variabilis 17 Balton variabilis 18 Balton variabilis 18 Balton variabilis 19 Balton variabilis 19 Balton variabilis 10 Balton variabilis	Tong, foliaceus Eplacognathus suecicus Eoplacognathus	9 M ienodus variabilis Undulograptus B. narlandass! L. anthr. B. narlandass! L. anthr. A. M. Parva	-1-1	000	MAJAKA P	HA3UEBCKAAF Palt. detrifer	MOHODEKAA KOHOPEKAA TOCHEHCHCHAA TOCHEHCHAA TOCHEHCHAA TOCHEHCHAA TOCHEHCHAA TOCHEHCHAA TOCHEHCHAA TOCHEHCHAA TOCHEHCHAA TOCHEHCHAA TOCHEHCHAA TOCHEHCHAA TOCHEHCHAA TOCHEHCHAA TOCHEHCHAA TOCHEHCHAA TOCHEHCHAA TOCHEHCHAA TOCHEHCHAA TOCHEH	Cord orders
Ретиональная шкала встверо-запада ВЕП Воны по конодонтам ГОРИЗОНТ мини Vitro 2005		ПИРГУСКИЙ F 1c  BOPMCИСКИЙ F p  Amorphognathus  HAБАЛАСКИЙ F 1a  Amorphognathus	ОАНДУСКИЙ В ІІІ	$\frac{\text{Кеиласкии D}_{\Pi}}{\text{Йыхвиский D}_{I}}$ ИДАВЕРЕСКИЙ С $\frac{1}{\ \mathbf{r}\ ^{2}}$ КУКРУЗЕСКИЙ С $\frac{1}{\ \mathbf{r}\ ^{2}}$		C <sub>I</sub> b sen IIa Ep	КУНДАСКИЙ jenulojianus В III jenulojianus В mori varialias В norivalias. ann	B <sub>II</sub> Baltoniodus navis B. triangularis	жий	B <sub>1</sub> Prioniodus elegans Paroistodus proteus	ВАРАНГУСКИЙ Paltodus A <sub>III</sub> deltifer	ПАКЕРОРТСКИЙ Cordylodus angulatus A II C. lindstroemi	Cord mahesi Troconodonus
тдел ОСП	ВЕРХНИЙ Катийский (мин. лет)  Сандбийский Жатийский (мин. лет)  В ф. детораст  Сандбийский (мин. лет)					ОРДОВИКСКАЯ СРЕДНИЙ СКИЙ БИЛИН- СКИЙ  Дапин- СКИЙ  Дапин- В В В В В В В В В В В В В В В В В В В			<b>йинжин</b> Тремадокский Флоский			ВЕРХНИЙ Байский	

Рис. 2. Стратиграфическая схема верхнего кембрия и ордовика западной и центральной части Восточно-Европейской платформы и реконструированная осадочная последовательность Юго-Восточного Беломорья

кукрузеского горизонтов, тогда как ранее она датировалась кукрузе и идавере. Граница среднего и верхнего ордовика, приходящаяся на верхнюю треть чернышевской свиты, условно распознается во всех скважинах по появлению *Amorphognathus*.

## **II.1.2.** Центральная часть Восточно-Европейской платформы

Ордовик Ярославской области

В центральной части Восточно-Европейской платформы (Московская синеклиза) ордовикские отложения мощностью от 60 до 400 м залегают на глубинах от 1500 до 2400 м (Станкевич, 1961; Опорные..., 1963 и др.). Расчленение ордовика основывалось на геофизических методах, определение возраста - на акритархах, бентосной фауне (брахиоподы, остракоды, мшанки и трилобиты) и редких граптолитах (Алихова, 1969; Умнова, 1975; Аристова, Иванова, 1977; Дмитровская, 1989; Прокофьев, Кузнецов, 1982; Сенников, Обут, 2002). Систематическое изучение конодонтов почти не проводилось (Ивашковский и др., 1970; Протасевич, 1989; Барсков и др., 1990). Только недавно из керна скв. Гаврилов-Ям-1, Марьинская-1, Рыбинская-1 и Лежская-1 были выделены и изучены конодонты (Толмачева и др., 2013). В работе представлены новые данные о таксономическом составе конодонтовых комплексов и их разнообразии в ордовикских отложениях Московской синеклизы. Важным результатом стало уточнение возраста свит по конодонтам (Рис. 2). Нефедовская свита, относившаяся ранее к волховскому горизонту (дапинский ярус), по конодонтам соответствует кундаскому горизонту (низы дарривильского яруса). В средней части вышележащей вексинской свиты, считавшейся ранее кундаской, найдены конодонты, маркирующие нижнюю границу азериского горизонта. В отложениях митинской свиты, возраст которой наиболее дискуссионен, обнаружены конодонты, позволяющие отнести ее к йыхвискому и кейласкому горизонтам сандбийского яруса (верхний ордовик). Долгое время являлся спорным вопрос о возрасте варлыгинской и пошехонской свит (Постановления..., 1992). Нижняя часть варлыгинской свиты, которая согласно стратиграфической схеме субрегиона относится к нижнему силуру, теперь по конодонтам сопоставляется с оандуским и раквереским горизонтами (нижняя часть катийского яруса, верхний ордовик). В верхней части варлыгинской свиты были найдены телодонты рода Sandivia позднего катия.

### **II.1.3.** Северная часть Восточно-Европейской платформы

Ордовик Юго-Восточного Беломорья

Из ксенолитов карбонатного состава кимберлитовых трубок на территории Юго-Восточного Беломорья впервые были выделены конодонты. Редкость и плохая сохранность макрофоссилий и акритарх в ксенолитах не позволяли ранее установить объем ордовика, отсутствующего здесь в осадочном чехле платформы. По конодонтам, изученным более чем в 90 ксенолитах, установлено, что в ордовике на этой территории были развиты отложения от тремадокского до катийского яруса включительно (Рис. 2). Фауна флоского и низов дапинского века представлена видами Scolopodus striatus Pander, Drepanoistodus forceps Lindström, Baltoniodus sp. и Drepanoistodus cf. D. basiovalis (Sergeeva). Позднедапинский комплекс конодонтов включает Acodus sp. A., Pectinognathus cf. P. nibelicus Melnikov и Scandodus cf. S. furnishi Lindström. Раннедарривильские комплексы характеризуются видами Triangulodus rudis sp. nov. и Erraticodon balticus Dzik, позднедарривильские-раннесандбийские -Phragmodus cf. P. flexuosus Moskalenko, Pectinognathus khoreyvericus Melnikov, Ansella cf. A. nevadensis Fahraeus et Hunter и другими. Присутствие Aphelognathus в четырех ксенолитах свидетельствует об их позднесандбийском-катийском возрасте. Раннекатийский возраст комплекса с P. khoreyvericus, P. cf. P. aculeata и Aphelognathus sp. определяется присутствием элементов рода Icriodella, чье первое появление характерно для раннего катия.

Ордовик на о. Колгуев представлен глубоко погребенной мощной (до 4280 м) толщей сероцветных, а в верхней части красноцветных алевролитов, аргиллитов и песчаников. Отложения вскрыты двумя глубокими скважинами, в одной из которых - скв. Бугринская-1 в инт. 4082,55 до 4087,8 м наблюдается повышенная карбонат-

ность. Из этой карбонатно-терригенной пачки выделен комплекс конодонтов с Rossodus sp. 1, Scolopodus cf. S. subrex (Ji et Barnes), Variabiloconus variabilis (Lindström), V. bassleri (Furnish) и Ulrichodina sp., и определен возраст этого стратиграфического интервала, ранее считавшийся ранним тремадоком. По конодонтам эти отложения сопоставляются с зоной Rossodus manitouensis верхней части тремадокского яруса Мидконтинентальной провинции.

### II.1.4. Восточное обрамление Восточно-Европейской платформы

Ордовик Приполярного Урала

Конодонты из нижнего ордовика Полярного Урала были изучены из разреза кибатинской свиты на р. Пага (Хайминско-Пагинский район западной части Лемвинской зоны) и харапэшорской свиты на р. Нгосавэйяхо (Байдарацкий аллохтон, Лемвинская зона). Согласно ранее полученным данным глауконитовые известняки кибатинской свиты в среднем течении р. Пага содержат конодонтов верхней части тремадокского и дапинского ярусов (Kolesnik, 2005). Переизучение конодонтов из этой коллекции показало, что около 60% элементов в наиболее богатом позднетремадокском комплексе относятся к Acodus cf. A. longibasis McTavish. Реже встречаются Prioniodus sp., Scolopodus sp., Paroistodus cf. P. proteus (Lindström), Drepanodus arcuatus Pander. Одновозрастная позднетремадокская- раннефлоская конодонтовая фауна из известняков харапэшорской представлена видами Tropodus cf. T. comptus Branson et Mehl, Acodus sp., Decoriconus peselephantis s.l. (Lindström), Prioniodus sp., Paracordylodus gracilis Lindström, Drepanodus arcuatus, Drepanoistodus sp., Paroistodus proteus, Paroistodus cf. P. parallelus (Pander), Protoprioniodus sp., Acodus cf. A. longibasis, Oelandodus cf. O. elongates (Lindstrom). Возраст комплекса – самые низы флоского яруса, зона Paroistodus proteus. Доминирующим таксоном, как и в кибатинской свите является Acodus cf. A. longibasis.

Конодонты низов среднего ордовика были выделены из карбонатов нижней части хантейской свиты из местонахождения на берегу р. Лек-Елец к югу от антиклинали Енганэ-Пэ (Варганов и др., 1973; Наседкина, 1985). Хантейская свита среднепозднеордовикского возраста здесь сложена карбонатными И карбонатными породами, из которых получен комплекс с доминированием Acodus eletsicus Tolmacheva (60%). Примерно по 10% составляют Erraticodon balbanicus (Melnikov), Protopanderodus cf. varicostatus (Sweet et Bergström) и Drepanoistodus cf. D. basiovalis. Виды Parapanderodus striatus (Graves et Ellison), Pseudooneotodus mitratus (Moskalenko), Histiodella holodentata (Ethington et Clark), Semiacontiodus sp., Acodus? sp. и Lenodus sp., представлены единичными экземплярами. Раннелланвирнский возраст определяется по сонахождению Histiodella holodentata и Lenodus sp. Часть форм (Acodus eletsicus, Erraticodon balbanicus, Protopanderodus cf. P. varicostatus) эндемичны для Приполярного и Полярного Урала.

Ордовик Южного Урала

Самый древний комплекс конодонтов, изученный на Южном Урале, получен из трех местонахождений куагачской свиты, представленной базальтами и редкими телами известняков, и распространенной в западной части Сакмарской зоны в Казахстанской (Актюбинской) части Южного Урала. На восточном крыле она перекрывается торангульской толщей туфогенно-осадочных песчаников, в основании которых наблюдается пачка конгломератов с валунами известняков и вулканитов. Из трех местонахождений куагачской свиты выделены: 1 - немногочисленный комплекс конодонтов нижнего ордовика зоны *Prioniodus elegans*, в котором помимо номинального таксона присутствует *Drepanodus arcuatus*, *Spinodus spinatus* (Hadding), *Cornuodus longibasis* (Lindström), и *Paroistodus proteus*; 2 - комплекс конодонтов среднего ордовика? с доминированием *Cornuodus longibasis* (до 95%) и *Decoriconus* cf. *peselephantis* s.l., *Drepanodus* sp., *Lenodus*? sp.; 3 - таксономически бедный комплекс зоны *Oepikodus evae*, где вместе с видом-индексом зоны встречены *Drepanodus arcuatus*, *Lundodus gladiatus* Serpagli, *Decoriconus peselephantis*, *Paroistodus* cf. *proteus*), *Scolopodus* cf. *striatus*, *Cornuodus longibasis*, *Drepanoistodus* sp. Bospact свиты по новым

данным рассматривается как поздний тремадок - флоский век. Ранее установленные дапинские датировки свиты нуждаются в подтверждении.

Выходы известняка караколь-михайловской толщи у р. Караколь в Сакмарской зоне Южного Урала известны с 30-х годов (Андреева, 1972; Анцыгин, 1977; Наседкина, 1975). Их позднеаренигский-раннелланвирский возраст был обоснован бентосной фауной (Варганов и др., 1973), однако по новым сборам конодонтов установлено, что караколь-михайловские известняки формировались с дапинского до начала сандбийского веков. Раннедарривильский комплекс содержат Cornuodus longibasis (до 75%), Baltoniodus norrlandicus (Löfgren), Paroistodus originalis (Sergeeva), Costocodus ethingtoni (Fahraeus), Periodon macrodentata (Graves et Ellison), Ansella sp. и др. (14 видов). В позднедарривилском комплексе доминируют элементы рода Protopanderodus (до 80% комплекса) и встречаются Decoriconus peselephantus, Periodon aculeatus Наdding и др. В одном из самых богатых конодонтами образцов присутствуют редкие элементы Pygodus anserinus (Lamont et Lindström), которые наряду с Protopanderodus robustus (Наdding) характерен для отложений верхов дарривильского и низов сандбийского яруса.

Конодонты позднего ордовика были выделены из доломитов набиуллинской свиты на р. Белой, санбдийско-лландоверийский возраст которой был определен по конодонтам и граптолитам, в том числе, ранее описанным в данном разрезе (Якупов, Мавринская, Абрамова, 2002). Из нижней части разреза получен многочисленный, но таксономически бедный комплекс (10 видов) с преобладанием элементов Scabbardella altipes (Henningsmoen) (~58%), Protopanderodus liripipus Kennedy, Barnes et Uyeno (~25%) и Amorphognathus ordovicicus Branson et Mehl (~10%). Кроме них встречены Gamachignathus ensifer McCracken, Panderodus gracilis (Branson et Mehl), Hamarodus europaeus (Serpagli), Pseudooneotodus mitratus, Walliserodus amplissimus (Serpagli), Paroistodus sp. и Belodina sp.. На основании присутствия относительно многочисленных Dichodella exilis и Amorphognathus ordovicicus возраст комплекса определяется, как средняя часть зоны Amorphognathus ordovicicus верхнего катия.

Из валунов известняков торнагульской свиты выделено 14 видов, включающих Periodon grandis (Ethington), Nordiodus italicus Serpagli, Strachanognathus parvus Rhodes, Spinodus spinatus, Walliserodus amplissimus, Panderodus gracilis, Hamarodus europaeus, Scabbardella altipes, Protopanderodus liripipus, Pseudooneotodus mitratus, Belodina sp., Amorphognathus sp., Decoriconus sp., Paroistodus sp. Возраст комплекса – поздний катий по присутствию Nordiodus italicus, в Европе встречающегося на ранее середины ашгиллского яруса.

# II.2. Комплексы конодонтов западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса

Ордовикские отложения западной части Центрально-Азиатского пояса участвуют в строении тектонически сближенных комплексов островных дуг и микроконтинентов, разделенных офиолитовыми зонами, имеющими сложное покровно-складчатое строение. Осадочные толщи этого возраста представлены широким спектром фаций от мелководных косослоистых песчаников и водорослевых известняков до аргиллитов и глубоководных радиоляриевых кремней. Последние содержат остатки преимущественно пелагической фауны, главным образом конодонтов, элементы которых исключительно многочисленны на многих стратиграфических уровнях. В тепловодных, преимущественно водорослевых, известняках Казахстана, Алтая и Северной Киргизии конодонты, напротив, чаще отсутствуют, и редко обнаруживаются в больших количествах.

# **II.2.1. Кремнисто-терригенные и кремнисто-вулканогенные комплексы Центрального и Северного Казахстана**

Кремнистые, кремнисто-вулканогенные и терригенно-кремнистые комплексы встречаются во многих структурно-формационных зонах Казахстана, где они включены в состав сложно дислоцированных комплексов, формировавшихся в бассейнах

с океанической корой, на склонах и у подножий островодужных сооружений, в рифтогенных структурах.

При общем обилии конодонтов в кремнистых породах, детальные таксономические работы и биостратиграфические построения долгое время были невозможны, так как в современной структуре очень редко сохраняются протяженные кремнистые разрезы. С конца 80-х годов и до настоящего времени найдено только около десяти разрезов, в которых возможно проследить стратиграфическое распространение таксонов. Такие разрезы были изучены в Юго-Западном Прибалхашье, Ерементауском и Бощекульском и Восточно-Ишкеольмесском районах и в Юго-Западном Предчингизье.

Бурунтауская и Сарытумская зоны Юго-западного Прибалхашья

В юго-восточной части Бурунтауской и Сарытумской зон кремнистые породы входят в состав бурубайтальской и майкульской свит (Токмачева и др., 1974; Цай и др., 2001; Никитин и др., 1990; Никитин, 2002). Отложения бурубайтальской свиты и характерные для них комплексы конодонтов были изучены в пяти разрезах (Рис. 3), (Тоlmacheva et al., 2001; 2004). Наиболее полный разрез свиты мощностью 110 м был изучен в карьере баритового месторождения Чиганак, где прослежена непрерывная последовательность от зоны *Cordylodus angulatus* тремадокского яруса до зоны *Ру- godus serra* позднего дарривилия. В интервале флоского, дапинского и дарривильского ярусов выделены комплексы конодонтов, насчитывающие от 10 до 17 видов.

В двух разрезах «Памятника природы» (р. 9706 и 89101) прослеживается последовательность конодонтовых зон от зоны *Eoconodontus notchpeakenisis* верхнего кембрия до зоны *Paroistodus horridus* среднего ордовика (из разреза выпадает верхняя часть флоского и дапинской ярус). В этих разрезах конодонты встречаются почти в каждом слое; часто элементы образуют природные группировки, интерпретируемые как фекальные пеллеты.

В разрезе «Раковой горки», где помимо конодонтов были обнаружены граптолиты и мелкие пелагические членистоногие рода *Caryocaris*, прослежено распространение конодонтов от верхнего кембрия до нижней части дапинского яруса. Разрез характеризуется

специфическими фациями, которые связаны с присутствием маломощных баритов на уровне зоны *Prioniodus oepiki*.

В разрез гор Котнак, расположенных в северо-западной части Сарытумской зоны, наиболее полно представлена только нижняя часть свиты, охватывающая интервал от верхнего кембрия до зоны *Cordylodus angulatus*. Во фрагментарном разрезе верхней части свиты условной мощности 45 м выделяется последовательность конодонтовых зон от *Acodus longibasis* до *Oepikodus evae*.

Разрезы бурубайтальской свиты в районе месторождения Чиганак и «Памятника природы» отличаются от других разрезов свиты литологическими особенностями и спецификой сохранности конодонтов. Это объясняется непосредственной близостью стратиформных тел баритов, формирование которых связывается с деятельностью конседиментационных гидротермальных низкотемпературных источников на дне бассейна. Такая интерпретация подтверждается наличием полиметаллической минерализации в основании баритовых линз, их относительно локальным распространением в пограничных отложениях кембрия и ордовика, а также большой фациальной изменчивостью вмещающих пород.

Наиболее мощные (до 30 м) линзы барита, одна из которых разрабатывается на месторождении Чиганак, датируются самым началом ордовика (до зоны Cordylodus angulatus) по возрасту перекрывающих отложений. Маломощные линзы барита, возраст которых варьирует от позднего кембрия до зоны Prioniodus oepiki, во всех изученных местонахождениях залегают на полосчатых черно-белых кремнях с нехарактерным для кремнистых отложений комплексом фауны, включающим граптолитов, мелких пелагических артропод и реже остракод. В разрезах, не содержащих линзы баритов, этим стратиграфическим интервалам соответствуют серые или желтые слоистые кремни, с многочисленными фекальными паллетами, состоящими из конодонтовых элементов и артропод.



Рис. 3. Корреляция разрезов кремнистой бурубайтальской свиты в Юго-Западном Прибалхашье (Центральный Казахстан)

Жалаир-Найманская, Ирадырская и Бощекульская зоны

Относительно протяженный кремнистый разрез кушекинской свиты (северозапад Жалаир-Найманской зоны) сложен кварцевыми песчаниками, углистокремнистыми алевролитами, аргиллитами и фтанитами с ранне- и среднеордовикскими граптолитами (Келлер, Лисогор, 1954; Никитин, 1972; Цай, 1979; 1995; Никитин, Аполлонов и др., 1980). Первые конодонты здесь были найдены в 1988 г (Цай, 1995, опред. А.М. Жилкайдарова). Это один из немногих разрезов в Казахстане, где конодонты встречаются с граптолитами, что дает возможность контролировать возраст конодонтовых комплексов по другой ортостратиграфической группе (Дубинина и др., 1996). В этом мощном (230 м) разрезе прослежено распространение конодонтов зоны *Оерікоdus evae - Periodon flabellum/ Р. macrodentatas* и охарактеризована нижняя граница среднего ордовика.

В Ирадырской зоне Северного Казахстана кремнистые и кремнисто-базальтовые толщи расчленены на три свиты: ишкеольмесскую, сазинскую и ирадырскую. В начале 80-х годов во всех трех свитах были собраны конодонты *Paracordylodus gracilis*, а в ирадырской свите также и *Oepikodus evae*, на основании которых эти толщи были отнесены к различным частям раннего аренига (Борисенок, 1985). Изучение разрезов ишкеольмесской и ирадырской свиты в северной части Ирадырской зоны к юго-востоку от г. Степногорска — в окрестностях гор Борлыколь, Коныршокы и пос. Коксал показало, что для обоих свит характерен широкий возрастной диапазон от верхнего кембрия до зоны *Prioniodus oepiki* середины флоского яруса нижнего ордовика (Толмачева, Дегтярев, 2012).

В Бощекульской зоне кремнистые породы входят в состав ержанской свиты, перекрывающейся флишоидной еркебидаикской свитой, в которой собраны граптолиты нижней части верхнего ордовика (Никитин, 1972). К началу 90-х годов во многих разрезах ержанской свиты, в том числе в районе горы Семизбугу, были собраны конодонты верхней части дарривильского яруса среднего ордовика (Рязанцев, 2005). В результате сборов конодонтов и изучения нескольких разрезов свиты ее возраст был расширен до верхов сандбийского яруса. В верхней части разреза (восточный склон г. Семизбугу) в серых кремнях и кремнистых алевролитах собран позднесандбийский комплекс конодонтов с *Periodon grandis, Hamarodus europaeus, Scabardella altipes* и редкими элементами *Pygodus. На севере Бощекульской зоны (к юго-юго-востоку* от горы Аксак-Коянды) в верхах разреза ержанской свиты в серых и белых кремнях и кремнистых туффитах также обнаружен комплекс конодонтов с количественным преобладанием элементов *Periodon grandis*.

## II.2.2. Карбонатные породы из терригенных, вулканогенных и кремнистотерригенных комплексов Казахстана, Киргизии и Горного Алтая

Конодонты из карбонатных относительно мелководных отложений западной части Центрально-Азиатского пояса до настоящего времени были одним из «белых пятен» конодонтовых фаун ордовика. Таксономические описания и фотографии конодонтов позднего кембрия - флоского яруса раннего ордовика приведены только для разреза Батырбай Малого Каратау (Дубинина, 2000). В других публикациях присутствуют либо отдельные изображения (Барсков и др., 1989; Изох, 2007) либо списки обнаруженных форм (Стратиграфические схемы Казахстана...., 1991; Никитин и др., 1993). В результате целенаправленного поиска и опробования большого количества разных типов известняков, богатые комплексы конодонтов были выявлены в 25 местонахождениях на территории распространения палеозоид (Рис. 1).

#### Чингиз-Тарабагатайская зона Восточного Казахстана

Самый древний комплекс раннеордовикских конодонтов выделен из карбонатных прослоев и линз кремнисто-терригенно-туфогенной толщи верхнего кембрия нижнего ордовика на р. Кольденен (центральная часть Чингиз-Тарбагатайской зоны). Эта толща мощностью 100 м со стратиграфическим несогласием залегает на известняках верхней части чингизтауской свиты майского яруса среднего кембрия (Геология СССР..., 1972; Дегтярев и др., 1999). В кремнях и известняках нижней части толщи были собраны конодонты позднего кембрия (Тоlmacheva et al., 2006). В кремнях

верхней части разреза наряду с мелкими параконодонтами найдены *Cordylodus proavus* Müller и *Variabiloconus* sp. Из карбонатных конкреций извлечены элементы параконодонтов, *Hirsutodontus* sp. и *Loxodus bransoni* зоны *Cordylodus angulatus* раннего тремадока.

Известняки нижней части маматской свиты — это единственное местонахождение в Чингиз-Тарбагатайской зоне, которое содержит трилобитов и брахиопод тремадокского возраста (Fortey, Cocks, 2003). Конодонты были обнаружены на двух биостратиграфических уровнях: в зоне *Paltodus* верхнего тремадока и зоне *Acodus* sp. 2 верхнего тремадока — нижней части флоского яруса. В комплексе доминирует эндемичная форма *Acodus* sp. 2, присутствуют *Paltodus* cf. *P. pristinus* (Viira) и *Paroistodus* cf. *P. proteus*. В верхней зоне найден *Lenaeodus* cf. *L. bifidus* Abaimova, 1971 - вид, который встречается на территории Сибирской платформы, Северо-Востоке России и на Аляске.

В центральной части г. Чингиз дапинский и низы дарривильского ярусов представлены кремнисто-терригенной найманской свитой, сложенной тефроидами, туффитами, песчаниками, фтанитами, известняками и конгломератами мощностью 900—1200 м. Ее возраст обоснован находками граптолитов, а также редкими трилобитами и брахиоподами (Никитин, 1972; Орлова, 1993). Конодонты были обнаружены только в верхней части разреза карбонатной пачки, сложенной циклично переслаивающимися известняками и фтанитами. Выделенный комплекс конодонтов является одним из наиболее таксономически разнообразных в Казахстане и включает более 30 видов, среди которых доминируют виды *Periodon macrodentatus* (Graves et Ellison) и *Paroistodus horridus* (Barnes et Poplawski) (75%). В значительно меньшем количестве присутствуют *Histiodella? levis* sp. nov., *Histiodella kristinae* Stouge, *Spinodus spinatus, Parapanderodus striatus* (Graves et Ellison), *Juanognathus variabilis* Serpagli, *Appalaphognathus* sp., *Anodontus longus* (Stouge et Bagnoli), *Semiacontiodus? mufushanensis* (An et Ding), *Panderodus? nogami* (Lee), *Ansella jemtlandica* (Lofgren) и другие.

В известняках бестамакской свиты в верховьях р. Чаган еще с 50-х годов известно одно из наиболее богатых фауной ордовика (трилобиты, брахиоподы, радиолярии, граптолиты) местонахождений в Чингиз-Тарбагатайской зоне (Никитин, 1960; 1962; 1972). Базальные слои бестамакской свиты образованы аркозовыми песчаниками, перекрытыми мощной до 200–250 м толщей известняков. Карбонатная толща сложена почти немыми светло-серыми и белыми массивными водорослевыми известняками. Все фаунистические остатки, в том числе и конодонты, сконцентрированы в верхней части карбонатной толщи вблизи контакта с терригенными отложениями. Выделен таксономически относительно бедный комплекс (11 видов) включающий *Periodon grandis* (70%), *Strachanognathus parvus*, *Panderodus* sp., *Belodina compressa* (Branson et Mehl), *Paroistodus? nowlani* Zhen, Webby, Barnes, 1998, *Yaoxianognathus? tunguskaensis* (Moskalenko) и др. На основе конодонтов был пересмотрен возраст известняков, которые ранее по присутствию граптолита *Nemagraptus gracilis* считался лландейльско-раннекарадокским. Однако конодонты указывают на верхнюю часть сандбийского яруса (средний карадок)

Хребет Кендыктас Южного Казахстана

Карбонатные породы в бассейне рек Агалатас Майбулак и Ргайты в хребте Кендыктас выделены в агалатасскую свиту позднетремадокского возраста. Известняки агалатасской свиты подстилаются серо-зеленоцветными аргиллитами и алевролитами кендыктасской свиты нижнего тремадока и перекрываются пестрыми и красноватыми алевролитами, песчаниками и известняками раннефлоской курдайской свиты. Эти толщи были многократно описаны Б.М. Келлером, Т.Б. Рукавишниковой (1961), К.А. Лисогор (1961) и Л.Е. Поповым (2001) и др. Из нижней части агалатасской свиты был выделен комплекс конодонтов слоев с *Rossodus* sp. и *Paltodus* sp., из верхней зоны *Paroistodus proteus* верхнего тремадока – низов флоского яруса.

Урумбайская зона Северного Казахстана

В Урумбайской зоне Северного Казахстана южнее ур. Жаганар конодонты получены из известняков, которые ранее включались в состав зорьевской свиты (Борисенок, 1985). В результате изучения этой территории установлено, что карбонатные

породы представляют собой разного (от 10 м до 0,5 м) размера линзовидные тела, залегающие среди эффузивов среднего и основного состава, туфов и туфогравелитов. Известняки представлены серыми и коричневато-серыми песчанистыми и водорослевыми, реже плитчатыми, разностями и содержат дарривильский мелководный комплекс, включающий *Periodon aculeatus, Parapanderodus striatus, Protopanderodus?* nogami, Histiodella? levis, Juanognathus variabilis, Naimanodus degtyarevi Tolmacheva, Anodontus longus.

Коксу-Текелийский район Джунгарского Алатау

Верхняя часть тасбулакской свиты Коксу-Текелийского рудного района Джунгарского Алатау сложена переслаиванием серых известняков и темно-серых до черных фтанитов, углисто-кремнистых и углисто-глинистых сланцев. Ранее присутствие конодонтов ранне-среднедарривильского возраста, как и других групп фауны, отмечалось И.Ф. Никитиным (1993). Из пачки переслаивания известняков со фтанитами был получен таксономически разнообразный раннедарривильский комплекс конодонтов, включающий Spinodus spinatus, Paroistodus horridus, Panderodus? nogami, Periodon cf. P. aculeatus, Histiodella? levis и др.

Чу-Илийские горы Южного Казахстана

Известный и хорошо изученный разрез узунбулакской свиты среднего и верхнего ордовика с богатыми и разнообразными комплексами фауны расположен в юговосточной части Чу-Илийских гор в Южном Казахстане (Келлер и др., 1956; 1958; Никитин, 1972; Nikitin et al., 2006; Никитина и др., 2008, и др.). В разрезе свиты преобладают терригенные и карбонатные породы мелководноморских фаций. Преимущественно водорослево-строматопоровые известняки содержат очень небольшое количество конодонтов, однако представительный комплекс удалось выделить из пласта известковых песчаников в верхней части свиты (т. 156) в долине р. Узунбулак. Среди конодонтов доминируют элементы Periodon macrodentata составляющие около 40% от всего количество конодонтов. Кроме этого вида встречены Aurilobodus leptosomatus An, Semiacontiodus? mufushanensis, Loxodus cf. L. dissectus An, Histiodella? levis, Paroistodus horridus, Erraticodon sp., Panderodus? nogami, Parapanderodus striatus, Ansella jemtlandica и другие.

### Джалаир-Найманской зона (Юго-Западный Казахстан)

Один из наиболее известных разрезов карбонатных пород ордовика в северозападной части Жалаир-Найманской зоны относится к терригенно-карбонатной караканской свите, которая согласно залегает на кремнисто-терригенных отложениях кушекинской свиты (Никитина и др., 2008). Из крупной линзы известняков, известной как «Караканский увал», были получен богатый комплекс конодонтов, включающий виды Erraticodon sp., Panderodus? nogami, Ansella sp., Periodon macrodentata, Paroistodus horridus, Histiodella? levis, Juanognathus variabilis, Protopanderodus sp., Costiconus sp., Dzikodus sp. подтверждающий раннедарривильский возраст известняков, ранее установленный по трилобитам и брахиоподам.

Акжальская свита выделяется, в том числе, на территории южнее г. Байгоры как самое древнее подразделение ордовика залегающее с угловым несогласием на докембрийских и кембрийских толщах (Никитин, 1972). Из редких прослоев известняка преимущественно терригенно-вулканогенной свиты выделены виды зоны *Oepikodus evae* верхней части флоского яруса: *Oelandodus elongates* (Lindström), *Tropodus sweeti* (Serpagli), *Lundodus gladiatus* (Lindström), *Periodon flabellum* Lindström, *Cornuodus longibasis*, *Bergstroemognathus extensus* (Graves et Ellison) и др.

#### Западная часть Киргизского хребта (Северный Тянь-Шань)

Конодонты нижнего и среднего ордовика обнаружены в известняках кенташской свиты на южном склоне в западной части Киргизского хребта в бассейне ручьев Кенташ и Чонг Кок-Кыя. Свита сложена преимущественно вулканогенными и вулканогенно-осадочными породами с линзами и прослоями известняков. Различные части этой свиты ранее относились к толщам нижнего, среднего и верхнего ордовика, а также нижнего девона (Апаяров и др., 2008; Стратифицированные и интрузивные...,

1982). Полученные новые данные по конодонтам позволили уточнить ее возраст (Дегтярев и др., 2012). Из известняков нижней подсвиты выделены конодонты верхов тремадокского и самых низов флоского яруса нижнего ордовика, среди которых возраст определяют Paroistodus proteus, Tropodus australis (Serpagli), Drepanoistodus latus Pyle et Barnes, Tropodus? sweeti. В средней подсвите кенташской свиты присутствует более молодой комплекс нижней части флоского яруса, включающий Bergstroemognathus extensus, Tropodus australis, Oelandodus elongatus, Paroistodus proteus, Cornuodus longibasis, Juanognathus variabilis, Prioniodus cf. P. elegans Pander, Kallidontus cf. K. serratus Pyle et Barnes, Protopanderodus gradatus и др. (23 вида). Верхняя часть кенташской свиты была охарактеризована конодонтами нижней части дарривильского яруса Panderodus? nogami, Ansella robusta (Ethington et Clark), Histiodella holodentata, Naimanodus degyarevi и др.

### Горный Алтай

Конодонты пограничного интервала кембрия и ордовика обнаруженные в камлакской свите Бийско-Катунской зоны позволили уточнить возраст свиты, а также добринского и таянзинского горизонтов, ранее считавшимся ордовикскими на основании трилобитов и брахиопод (Петрунина и др., 1984). Свита сложена переслаиванием алевролитов, песчаников, конгломератов с пачками светло-серых и красных известняков. В нижней части свиты установлена зона *Proconodontus* позднего кембрия. Из известняков средней части среднекамлакской подсвиты выделены характерные конодонты самых верхов верхнего кембрия *Cordylodus caseyi* Druce et Jones, *Hispidodontus* cf. *H. triangularis* (Abaimova), *Cordylodus proavus*, *Hirsutudontus simplex* (Druce et Jones), а из верхней части среднекамлакской подсвиты – конодонты зоны *Iapetognathus fluctivagus* самых низов ордовика: *Iapetonudus* sp., *Iapetognathus* sp. и *Cordylodus lindstromi* Druce et Jones. В верхнекамлакской подсвите найдены *Cordylodus angulatus* Pander. Изучение разреза свиты показало, что граница кембрия и ордовика, которая ранее на Горном Алтае принималась в основании добринского горизонта, приходится на середину вышележащего таянзинского горизонта.

Конодонты нижней части дарривильского яруса были выделены из известняков воскресенской свиты в ее типовом разреза на водоразделе ручьев Бараний и Воскресенка в Чарышско-Инской зоны. Разнообразный и многочисленный комплекс конодонтов, включающий следующие виды Semiacontiodus? mufushanensis, Acodus eletsicus, Protoprioniodus sp., Cooperignathus sp., Tangshanodus tanshanensis, Periodon cf. P. flabellum, Parapanderodus striatus, Juanognathus jaanussoni Serpagli, Triangulodus larapintinensis Crespin, Anodontus longus, Naimanodus degtiarevi, Panderodus? nogami, а также ряд таксонов определенных в открытой номенклатуре.

# II.3. Экологическое и таксономическое разнообразие конодонтов в отложениях ордовика Восточно-Европейской платформы и западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса

Для оценки разнообразия конодонтовых сообществ использовались два традиционных параметра - видовое и экологическое разнообразие или выравненность сообщества определяемые по распределению численности отдельных таксонов. Видовое разнообразие оценивалось через таксономическое разнообразие, то есть количество видов задокументированных в пробе Такое понятие разнообразия отвечает, в некотором приближении (в сторону бета-разнообразия), понятию альфаразнообразия современных сообществ (Whittaker, 1960, 1972).

В изученных конодонтовых комплексах 70-80% численности составляют элементы только 3—4 видов, между которыми соотношение меняется по разрезу. Такое экологическое равновесие характерно для практически всех фаунистических сообществ. Предполагается, что высокая степень доминантности или слабая степень выравненности характерны для фаун, испытывающих стресс в ходе каких-либо абиотических или биотических событий (Scrosati, Heaven, 2007). Для оценки выровненности конодонтовых сообществ дапинского – нижней части дарривильского яруса использовался индекс Шеннона-Уивера (Pielou, 1974; Peet, 1974; Sagar, Singh, 1999), в зна-

чение которого большой вклад вносят редкие виды, встречающиеся в единичных экземплярах.

Разнообразие конодонтов находится в обратной зависимости от скорости осадконакопления в результате объединения в одном слое предковых и потомковых форм, а также за счет суммирования бета- и альфа-разнообразия сообществ при их неоднократном пространственном смещении из-за постоянных изменений обстановок окружающей среды в интервале рассматриваемого времени (Tomasovych, Kidwell, 2009). В результате достоверность оценки разнообразия конодонтов определяется размером полученной выборки конодонтов, то есть размером пробы и количеством содержания в ней конодонтов. Экспериментальные данные, оценивающие связь количества видов и выделенных конодонтовых элементов (Tolmacheva et al., 2001), показали, что биоразнообразие конодонтов является скрытым при коллекции конодонтов менее чем 400-500 экземпляров.

В наиболее хорошо изученных разрезах северо-западной части Восточно-Европейской платформы таксономическое разнообразие (альфа-разнообразие) конодонтовых сообществ в среднем не превышает 20–25 видов в нижнем ордовике и 12–15 видов в верхнем. В крайне мелководных отложениях (тосненская, изварская и врудская свиты) содержатся таксономически бедные комплексы конодонтов, насчитывающие единичные виды.

В флоском веке раннего ордовика в Балтоскандии наблюдается примерно одинаковое разнообразие конодонтов в пределах изученных фаций. В дарривильское и сандбийское время максимальное разнообразие конодонтов приходится на относительно средние глубины удаленной части шельфа (средняя Швеция).

На севере Восточно-Европейской платформы и на Урале выборка конодонтов в большинстве проб недостаточна для выявления полного или приближенного к полному таксономическому составу конодонтовых фаун. Комплекс конодонтов из караколь-михайловских известняков, насчитывающий 15 видов в нижней части дарривильского яруса, отражает альфа-разнообразие характерное для относительно глубоководных фаун.

Таксономическое разнообразие конодонтов в ордовике палеозоид Казахстана колеблется от 3—4 видов в мелководных карбонатах до 30—35 видов в глубоководных известняках внешней кромки шельфа (узунбулакская свита) и островодужных комплексов (найманская свита). Альфа-разнообразие конодонтов из кремнистых отложений нижнего ордовика сопоставимо с разнообразием более мелководных комплексов и с конденсированными одновозрастными отложениями Восточно-Европейской платформы и составляет примерно 18—25 видов. Однако уже в среднем ордовике таксономический состав конодонтов из мелководных пород Казахстана значительно превышает альфа-разнообразие глубоководных сообществ. В целом увеличение разнообразия прослеживается в направлении от мелководных отложений к глубоководным фациям внешнего шельфа и островных дуг и от высоких к экваториальным широтам.

Анализ динамики экологического разнообразия конодонтовых комплексов (индекс Шеннона-Уивера) в разрезе волховской свиты показал отсутствие зависимости равновесности сообществ от небольших фациальных изменений, на которых построена кривая уровня моря для этой части региона (Дронов и др., 1998). Появление в разрезе резко доминантных сообществ (подошве «бутка», «зеленый» слой «дикарей» и др.) не сопровождается какими-либо заметными изменениями литологии отложений.

# Глава III. Биостратиграфическое расчленение по конодонтам ордовика Восточно-Европейской платформы и западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса

В настоящее время построение зональных шкал по конодонтам возможно только для северо-западной и центральной части Балтоскандийского палеобассейна, где конодонты наиболее хорошо и полно изучены. Для этой территории предлагаются две местные конодонтовые зональные последовательности. Для приглинтовой восточной части Балтоскандийского палеобассейна (Ленинградская область) зональная шкала

состоит из 21 интервал-зоны, местная зональная шкала центральной части Восточно-Европейской платформы (Московский палеобассейн) включает 7 зон. Современный уровень изученности Тимано-Печорского региона и Полярного Урала недостаточен для выделения каких-либо биостратиграфических подразделений. Ничего не добавляют нового к уже предложенному по отдельным интервалам ордовика биостратиграфическому расчленению Южного Урала (Dubinina, Ryazantsev, 2008) новые данные по конодонтам. Для ордовика палеозоид Казахстана разработано две провинциальные биостратиграфические шкалы: зональная последовательность из 13 подразделений для глубоководных фаций и 11 подразделений (слоев с фауной) для мелководных отложений (Рис. 4).

### III.1. Конодонтовые зональные последовательности ордовика северозападной и центральной частей Восточно-Европейской платформы

Биостратиграфическое расчленение по конодонтам осуществлялось уже с самого начала систематического изучения этой группы фауны на Восточно-Европейской платформе (Lindstrom, 1956). К 70-м годам последовательность зон центральной части Балтоскандийского палеобассейна (средней Швеции) имеет уже более или менее современный облик и базируется на мультиэлементных таксонах (Lindstrom, 1971; Bergstrom, 1971; Lofgren, 1978). В созданную шкалу по возможности закладывался филогенетический принцип; она, за некоторым исключением, основана на первом появлении местных видов в их филогенетических линиях. Часть зон была обоснована событийным появлением фауны.

К настоящему времени местные зональные шкалы разработаны для ордовика норвежских каледонид, Швеции и Эстонии (Rasmussen, 2001; Bergstrom, 2012; Lofgren, 2005; Mannik, 2007; Viira, 2010. Хотя основной каркас этих шкал построен на первом появлении видов линий *Baltoniodus, Eoplacognathus, Amorphognathus, Ру-доди*я, они отличаются в деталях, связанных с доминированием и соответственно с возможностью обнаружения в комплексах тех или иных таксонов.

Для российской части Балтоскандийского бассейна последовательность зон предлагалась только для интервала нижнего и низов среднего ордовика (Сергеева, 1963; Боровко и др., 1985; Tolmacheva et al., 2001; Tolmacheva, Fedorov, 2001), тогда как конодонты верхов среднего и верхнего ордовика оставались до последнего времени неизвестными.

# III.1.1. Местная зональная шкала северо-западной части платформы (восток Балтоскандийского палеобассейна)

Предлагаемая зональная шкала по конодонтам основана на полных, непрерывных и хорошо изученных разрезах ордовика приглинтовой полосы Ленинградской области (Рис. 5). В ее основу заложена шкала северо-западной части Эстонии (Nolvak et al., 2006; Mannik, 2007; Viira, 2012; Mannik, Viira, 2012), которая давно разработана и, в основной своей части, может быть использована на территории Ленинградской области. На некоторых стратиграфических уровнях в связи с фациальными различиями номинальные виды конодонтовых зон Эстонии отсутствует или присутствуют только в очень небольшом количестве. Для этих интервалов (верхние части дарривильского и сандбийского ярусов, нижняя часть катийского яруса) выделяются местные зоны по таксонам, наиболее характерным для рассматриваемой части палеобассейна. В интервале волховского горизонта использована зональная последовательность, разработанная на разрезах о. Эланд (Швеция) (Stouge, Bagnoli, 1997). В этой шкале вместо акме-зоны Paroistodus originalis (Lofgren, 1978; 1995; 2000) используется интервал-зона Microzarkodina parva. В большинстве случаев, за исключением нижнего ордовика, где литостратиграфические подразделения разделяются длительными стратиграфическими перерывами, границы конодонтовых зон не совпадают с границами региональных подразделений, выделенных по бентосным группам фауны и отражающими этапность в развитии палеобассейна. Горизонты ордовика северозапада Восточно-Европейской платформы, изначально выделенные по комплексам

$\overline{C}$	СШ	I					одразделения п	ю кс	нодонтам			
					очно-Европейс	кая платформ	кил	Запад Централы	зиатского пояса			
Система		Ярус	Средняя Швеция Bergstrom et al., 2012 Lofgren, 1994,1997, 2000 Zhang, 1998a		Эстония Nolvak et al., 2006, Mannik, Viira, 2012	Ленинградская область (зоны) Ярославская область (зоны)		Корреляция	Глубоководные отложения (зоны, слои с фауной)	Корре- ляция	Мелководные отложения (слои с фауной)	
ОРДОВИКСКАЯ	Верхний	Хирнант- ский	Oz. hassi		Noixodontus	(зены)	(зены)	1				
			Amorphognathus ordovicicus		Amorphognathus ordovicicus							
		Катийский	Amorphognathus superbus		Amorphognathus superbus		<i>Icriodella</i> sp.					
		K	?		Am. ventilatus	Phragmodus undatus					Yaoxianognathus sp.	
		Сандбийский	B. aloba	utus	Верхний уровень Baltoniodus Верх. В. alobatus	Semiacontiodus keili	Pectinognathus		Слои с Periodon			
			B. varial	bilis	B. alobatus  B. gerdae	- Am. tvaerensis	khoreyvericus		grandis		Y.? tunguskaensis	
		Ü	Am. inaeq		B. variabilis  Am. inaequalis  S.? kielcensis	B. variabilis	r - 6,		Pygodus anserinus			
	Средний	Дарривильский	S. ? Ktelce  S. ? Ktelce  E. lindstre  Baltop. roli	oemi bustus	E. lindstroemi E. protoramosus Baltop. robustus Baltop. reclinatus Yangt. foliaceus	B. prevariabilis E. lindstroemi ? Yangt. foliaceus	Ph. polonicus		Pygodus serra		Pygodus serra	
			Eplacognai suecicus	thus	Eplacognathus suecicus	Eplacognathus suecicus	Sag. kielcensis Eo. suecicus		Periodon aculeatus			
			Eoplacogna pseudoplan Yangt. crass		Eoplacognathus pseudoplanus  Yangt. crassus	Eoplacognathus pseudoplanus Lenodus	D 1.		Paroistodus horridus		Histiodella? levis	
			Lenodus vari	iabilis	L. antivariabilis/	variabilis	B.norrlandicus		Periodon flabellum/		Cooperignathus	
		кий	Tr. que		B. norrlandicus	B. norr- landicus Lr. quadr.						
		Дапинский	P. origin		P. originalis  Baltoniodus	M. parva  Baltoniodus navis			P. macrodentata			
			navis B. triangularis		navis B. triangularis	B. triangularis						
		Флоский	Oepikodi evae		Oepikodus evae	T. diprion  Oepikodus evae			Oepikodus evae		Oepikodus evae	
		Ф			Prioniodus elegans	Prioniodus elegans			Pr. elegans			
			O. elongo	atus/	cregans	cieganis		 	Prioniodus oepiki		Acodus sp. 3	
	Нижний	Тремадокский	P.? deltat		Paroistodus	<i>Paroistodus</i>			Acodus longibasis			
			D. aff.	D.	proteus	proteus					Acodus sp. 2	
			P. dell P. prist		Paltodus	Paltodus						
		L	P. prist	tinus	deltifer	deltifer			Rossodus		Paltodus	
			Cordylodus Cordylodus angulatus angulatus		Cordylodus angulatus			Cordylodus angulatus		Cordylodus angulatus		
			C. lindstroemi		C. lindstroemi	C. lindstroemi			C. lindstromi		C. lindstromi	

Рис. 4. Биостратиграфические подразделения по конодонтам для ордовика восточной части Балтоскандии (Ленинградская, Ярославская области) и западной части Центрально-Азиатского пояса (Казахстан, Северная Киргизия, Горный Алтай)

бентосной фауны, в основном трилобитам и литологическим маркерам были обоснованы конодонтами. Зональная шкала включает 21 интервал-зону.

**Зона** *Cordylodus lindstromi* определяется в интервале от первого появления *Cordylodus lindstromi* до первого появления *Cordylodus angulatus*. Выделяется в разрезе по р. Сясь в объеме нижней части тосненской свиты; мощность зоны 5 м. Для этого интервала характерно низкое таксономическое разнообразие; в комплекс помимо номинального таксона входят *Cordylodus casyei* Druce et Jones, *Cordylodus proavus* и переотложенные элементы из нижележащих отложений. Нижняя граница зоны совпадает с поверхностью перерыва внутри пакерортского горизонта и нижней границей ордовикской системы.

**Зона** *Cordylodus angulatus*. Основание зоны — первое появление *Cordylodus angulatus* Pander. Выделяется в разрезе на р. Тосна, где мощность зоны в объеме верхней части тосненской свиты составляет 2 м. В комплекс зоны кроме номинального таксона и *Variabiloconus variabilis* входят переотложенные элементы из нижележащих отложений, в том числе кембрийские *Eoconodontus notchpeakensis* (Miller) и *Westergeerdodina*.

**Зона** *Paltodus deltifer* определяется в интервале от первого появления *Paltodus deltifer* (Lindstrom) до первого появления *Paroistodus proteus*. Выделяется в разрезе по р. Лава в объеме назиевской свиты мощностью 10 см. В зональный комплекс входят *Paroistodus numarcuatus* (Lindstrom) и *Drepanodus arcuatus*, составляющие до 90% комплекса (Tolmacheva et al. 2001). В связи с поверхностями перерыва в кровле и подошве назиевской свиты зона соответствует варангускому горизонту.

Зона Paroistodus proteus определяется в интервале от первого появления Paroistodus proteus до первого появления Prioniodus elegans. Выделяется в разрезе по р. Лава (лакитская пачка леэтсеской свиты, мощность 0.65 м). Среди наиболее характерных таксонов Prioniodus? deltatus (Lindstrom), Oelandodus elongatus, Paracordylodus gracilis, Periodon primus Stouge et Bagnoli и Prioniodus? robustus Lindstrom. Четыре вида являются доминантными и образуют до 70% всего количества элементов: Paroistodus proteus, Drepanoistodus cf. D. forceps, и Drepanodus arcuatus. В верхах зоны появляются Drepanoistodus forceps и Diapharodus sp. (Tolmacheva et al. 2001). Основание зоны совпадает с нижней границей латорпского горизонта и нижней границей флоского яруса.

**Зона Prioniodus elegans**. Основание зоны - первое появление Prioniodus elegans. Выделяется в разрезе по р. Лава (лакитская, мяэкульская пачки леэтсеской свиты, мощность 0.70 м). Более 80% комплекса образуют виды Paroistodus proteus, Drepanoistodus forceps и Drepanodus arcuatus. Среди характерных таксонов Scolopodus striatus, Oistodus lanceolatus Pander, Stolodus stola (Lindstrom), Scandodus furnishi, Acodus crassus Pander (Tolmacheva et al. 2001).

**Зона** *Oepikodus evae.* Основание зоны – первое появление *Oepikodus evae.* Выделяется в разрезе по р. Лава (верхняя часть мяэкульской – низы васильковской пачки). Среди характерных форм *Scolopodus striatus, Oistodus lanceolatus, Protopanderodus rectus* (Lindstrom), *Acodus longiramis* sp. nov. и *Periodon flabellum.* В нижней части зоны доминирует *Drepanoistodus forceps* (30-45%) и *Oepikodus evae* (>40%). В верхах зоны элементов вид-индекс исчезает.

Зона Trapesognathus diprion. Основание зоны — первое появление Trapezognathus diprion (Lindstrom), которые в относительно больших количествах обнаруживается только в нижней части зоны. Выделяется в разрезе по р. Лава (васильковская пачка). Для зоны характерно низкое таксономическое разнообразие при высокой доминантности Drepanoistodus forceps (>80%). Среди других видов Oistodus lanceolatus, Scolopodus striatus, Decoriconus peselephantis, Cornuodus longibasis и Drepanodus arcuatus. Acodus teretis sp. nov., Parapanderodus sp., Jumudontus gananda Serpagli характерны для этого интервала, но их находки единичны.

**Зона** *Baltoniodus triangularis*. Основание зоны — первое появление *Baltoniodus triangularis* (Lindstrom). Выделяется в разрезе по р. Лава (нижняя часть волховской свиты; мощность 5 см). Комплекс зоны составляют кроме номинального таксона ряд форм широкого стратиграфического распространения: *Drepanoistodus forceps, Protopanderodus rectus, Scolopodus striatus, Decoriconus peselephantis* и *Drepanodus arcua* 

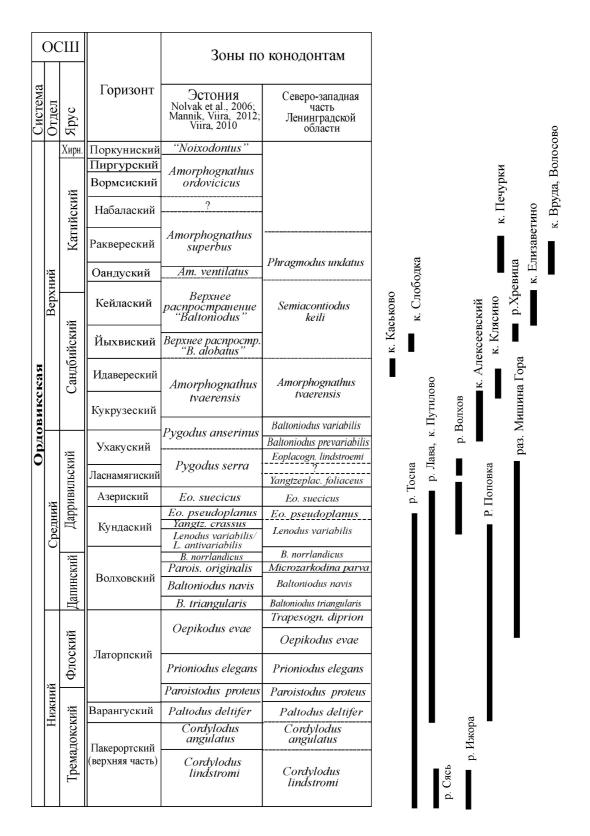


Рис. 5. Местная зональная шкала северо-западной части платформы (восток Балтоскандийского палеобассейна) и стратиграфические интервалы, которые представлены в изученных разрезах

tus. Доминируют элементы *Drepanoistodus forceps* (-80%) (Tolmacheva, Fedorov, 2001). Нижняя граница зоны соответствует нижней границе волховского горизонта.

**3она** *Baltoniodus navis*. Основание зоны — первое появление *Baltoniodus navis* (Lindstrom). Выделяется в разрезе по р. Лава. Для нижней части зоны характерно сильно доминирование *Drepanoistodus forceps* (70%). В верхах зоны резко увеличива-

ется количество элементов Paroistodus originalis. Среди других характерных таксонов Microzarkodina flabellum (Lindstrom), Triangulodus brevibasis (Sergeeva), Drepanoistodus basiovalis, Paroistodus originalis и Trapezognathus quadrangulum Lindström.

**Зона** *Microzarkodina parva*. Основание зоны – первое появление *Microzarkodina parva* (Lindstrom). Выделяется в разрезе на р. Лава (волховская свита). Среди характерных таксонов *Triangulodus brevibasis*, *Drepanoistodus basiovalis*, *Semiacontiodus cornuformis* (Sergeeva). В комплексах зоны устойчиво доминируют элементы *Paroistodus originalis* и *Baltoniodus navis*.

Зона Baltoniodus norrlandicus. Основание зоны — первое появление Baltoniodus norrlandicus (Löfgren). Выделяется в разрезе по р. Лава (верхняя часть волховской свиты). Доминируют виды Baltoniodus norrlandicus, Microzarkodina parva и Drepanoistodus basiovalis (80%), в меньшем количестве встречаются Scalpellodus gracilis (Sergeeva), Semiacontiodus cornuformis, Protopanderodus rectus, Trapezognathus quadrangulum. Для верхней части характерны Lenodus antivariabilis (An). Элементы Semiacontiodus cornuformis и Baltoniodus norrlandicus в самых верхах подзоны составляют не менее 60% от всего комплекса.

Зона Lenodus variabilis. Основание зоны — первое появление Lenodus variabilis (Sergeeva). Выделяется в разрезе по р. Лава (обуховская и низы синявинской свиты). Для этого интервала характерны виды, проходящие из нижележащих отложений: Drepanodus arcuatus, Cornuodus longibasis, Protopanderodus rectus, Paroistodus originalis, Drepanoistodus basiovalis; среди впервые появившихся Semiacontiodus davidi Löfgren. Доминируют элементы вида-индекса и Baltoniodus norrlandicus (до 80%). Нижняя граница зоны совпадает с основанием кундаского горизонта.

**Зона** Eoplacognathus pseudoplanus. Основание зоны — первое появление Eoplacognathus pseudoplanus (Viira). Выделяется в разрезе по р. Лава. В комплексе доминируют элементы Baltoniodus medius (Dzik) (50–70 %), Semiacontiodus cornuformis и Drepanodus arcuatus, составляя вместе до 90% всех конодонтовых элементов. Кроме того, характерными таксонами являются Costiconus nakholmensis (Hamar), Dapsilodus viruensis (Fåhraeus), Protopanderodus calceatus Bagnoli et Stouge, Sagittodontina kielcensis (Dzik), Microzarkodina ozarkodella Lindstrom.

**Зона** *Eoplacognathus suecicus*. Основание зоны — первое появление *Eoplacognathus suecicus* Bergström. Выделяется в разрезах по р. Волхов. В комплексе доминируют элементы вида-индекса и *Baltoniodus medius*, в меньших количествах присутствуют *Triangulodus alatus* (Dzik), *Drepanodus reclinatus* (Lindstrom), *Costiconus ethingtoni*, *Erraticodon balticus*. Нижняя граница зоны совпадает с основанием азериского горизонта.

**Зона Yangtzeplacognathus foliaceus**. Основание зоны — первое появление Yangtzeplacognathus foliaceus (Fåhraeus). Выделяется в разрезах по р. Волхов. Этот интервал охарактеризован конодонтами Eoplacognathus robustus Bergstrom, Pseudooneotodus mitratus, Drepanoistodus aff. D. suberectus (Branson et Mehl), Panderodus sulcatus (Fahraeus), Protopanderodus rectus, Costiconus ethingtoni.

**Зона** *Eoplacognathus lindstroemi*. Основание зоны определено по появлению *Eoplacognathus lindstroemi* (Hamar), кроме которого в комплексе присутствуют *Costiconus ethingtoni, Triangulodus alatus, Erraticodon balticus, Panderodus sulcatus, Drepanoistodus basiovalis, Baltoniodus medius*. Выделяется в разрезах по р. Волхов. Последний вид доминирует в комплексе, составляя до 60%.

**Зона** *Baltoniodus prevariabilis*. Основание зоны — первое появление *Baltoniodus prevariabilis* (Fåhraeus), кроме которого встречаются *Cahabagnathus sweeti* (Bergström), *Pseudooneotodus mitratus*, *Semiacontiodus carinatus* Dzik, *Besselodus semisymmetricus* (Hamar), *Eoplacognathus lindstroemi*, *Amorphognathus* cf. *A. inaequalis* и др. Выделяется в разрезе р. Волхов.

**Зона** Amorphognathus tvaerensis. Выделяется в разрезе Алексеевского карьера. Основание зоны – первое появление Amorphognathus tvaerensis Bergstrom, кроме которого в комплекс входят Panderodus sulcatus, Drepanoistodus suberectus, Venoistodus balticus Lofgren, Semiacontiodus carinatus, Baltoniodus variabilis. В верхах кукрузеской и идавереской части зоны доминируют элементы номинального таксона, составляя

до 90% всего комплекса. Виды *Baltoniodus*, на которых основано зональное расчленение этого интервала в Швеции, здесь представлены единичными экземплярами.

**Зона** Semiacontiodus keili. Выделяется в разрезе карьера Слободка (хревицкая и елизаветинская свиты). Основание зоны определено появлением Semiacontiodus keili sp. nov., кроме которого встречаются Drepanoistodus suberectus, Venoistodus balticus, Plectodina sp., Pectinognathus sp.

**Зона** *Phragmodus undatus*. Выделяется в карьере Печурки (верхи елизаветинской, хирмузеская и рягавереская свиты). Основание зоны не вскрыто, определено по появлению *Phragmodus undatus* Branson et Mehl. Для этого интервала характерны *Icriodella suberba* Rhodes, *Drepanoistodus suberectus, Panderodus gracilis, Panderodus serratus* Rexroad.

# III.1.2. Местная зональная шкала центральной части платформы (Московский палеобассейн)

Биостратиграфическая шкала ордовика Московского бассейна разработана на основании распространения конодонтов в скв. Гаврилов-Ям 1 с учетом данных по скв. Лежа-1, Рыбинская-1 и Марьинская-1. В стратиграфическом интервале среднего и верхнего ордовика выделено 7 комплексных зон по наиболее характерным видам. Предложенное ранее биостратиграфическое расчленение разреза скв. Гаврилов-Ям-1 (Постановления..., 1992; Мельникова, Дмитровская, 1997) основывалось на бентосной фауне; на них же опиралась новая система горизонтов, границы и объемы некоторых из которых отличались от горизонтов Балтоскандии (Постановления..., 1992). В связи с уточнением по конодонтам возраста свит, значительно изменился и возраст основанных на них местных горизонтов. Кроме того, неопределенность границ литостратиграфических подразделений, существование разных вариантов их выделения и редкость бентосной фауны в некоторых скважинах делает распознавание и использование горизонтов по бентосной фауне проблематичным.

Изучение конодонтов позволило привязать разрез к региональной шкале Балтоскандии, в которой горизонты обоснованы конодонтами и легко распознаются в отложениях разных фаций. Предварительные данные по другим скважинам (Пестовская-1, Любимская-1), которые находятся в процессе обработки, подтверждают возможность прослеживания выделенных подразделений на территории Московского палеобассейна.

**Зона** *Baltoniodus norrlandicus* в разрезе скважины соответствует объему кундаского горизонта нижнего дарривилия. Интервал зоны охватывает верхнюю часть нефедовской и нижнюю часть вексинской свит. Зональный комплекс включает виды Lenodus variabilis, Baltoniodus norrlandicus, Semiacontiodus davidi, Semiacontiodus cornuformis, Drepanoistodus basiovalis, Microzarkodina ozarkodella. Первое появление Baltoniodus norrlandicus в Скандинавии и Ленинградской области наблюдается стратиграфически ниже в волховском горизонте, однако его сонахождение с вышеперечисленными видами делает данный комплекс легко распознаваемым.

**Зона** *Eoplacognathus suecicus* в разрезе скважины соответствует нижней части азериского горизонта, дарривильского яруса. Нижняя граница зоны определяется по первым находкам элементов *Eoplacognsthus suecicus*, который сосуществует в комплексе конодонтов из нижележащих отложений. Горизонту отвечает стратиграфический интервал средней части вексинской свиты.

**Зона** Sagittodontina keilcensis соответствует верхней части азериского горизонта — нижней части ласнамягийского горизонта, дарривильского яруса. Горизонту отвечает стратиграфический интервал средней части вексинской — нижней части лунской свит. Комплекс определяется видами Sagittodontina keilcensis, Baltiniodus medius, Panderodus sulcatus, Triangulodus alatus, Erraticodon sp. и другие, которые отсутствуют в нижележащих отложениях.

**Зона Phragmodus polonicus** соответствует верхней части ласнамягиского и ухакускому горизонту верхней части дарривильского яруса. Отвечает верхам лунской и скалинской свите. Выделяется по появлению номинального таксона и его доминированию в комплексе. В нижней части зоны он сосуществует с Sagittodontina

keilcensis, triangulodus alatus, Baltiniodus medius; в верхней части — с Baltoniodus prevariabilis и Pectinognathus pectinatus Melnikov.

**Зона** *Атмогрноgnathus* соответствует кукрузескому горизонту нижней части сандбийского яруса верхнего ордовика. Нижняя граница зоны определяется первым появлением видов этого рода, которое примерно совпадает с нижней границей верхнего ордовика и используется для ее практического определения при отсутствии граптолитов. В предложенном здесь расчленении скважины зона охватывает верхи скалинской и низы кубенской свиты. Комплекс включает виды *Baltoniodus variabilis*, *Semiacontiodus carinatus*, *Pectinognathus* cf. *P. pectinatus*.

Зона *Pectinognathus khoreyvericus* соответствует идаверескому, йыхвискому и кейласкому горизонтам верхнего ордовика. В разрезе охватывает верхи кубенской и митинскую свиты. Нижняя граница определяется появлением *Pectinognathus khoreyvericus* Melnikov. Зональный комплекс включает таксоны переходящие из нижележащих отложений. Зона выделяется также в разрезе скв. Рыбинская -1.

**Зона** *Icriodella superba* соответствует оандускому и ракверескому горизонтам верхнего ордовика. Выделяется в объеме нижней части варлыгинской свиты. Определяется по появлению номинального таксона. Комплекс характеризуется видами *Panderodus gracilis, Plectodina* sp.

# III.2. Провинциальные биостратиграфические шкалы западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса

К концу 80-х годов в Казахстане был накоплен огромный объем фактического материала по точечным сборам конодонтов в основном из кремнистых отложений нижнего и среднего ордовика и выделены комплексы конодонтов (Курковская, 1985; Двойченко, Абаимова, 1987), которые вошли в региональную стратиграфическую схему Казахстана (Решения..., 1991). Первый вклад в создание зональной шкалы для более мелководных отложений был сделан С.В. Дубининой, которая выделила ряд зон и слоев с конодонтами в интервале верхнего кембрия – середины флоского яруса нижнего ордовика Малого Каратау (Дубинина, 2000). Задача обоснования и уточнения региональной шкалы Казахстана, базирующейся на бентосных группах фауны, в настоящее время не может быть решена с помощью конодонтов. Это связано с тем, что в кремнистых, как и во многих изученных карбонатных отложениях отсутствуют какие-либо сопутствующие группы фауны, позволяющие прямое прослеживание границ региональных стратонов. Кроем того, в типовых разрезах горизонтов конодонты не изучены или не обнаружены. Предложенная зональная последовательность для кремнистых/глубоководных отложений Казахстана основана на ряде непрерывных перекрывающихся разрезов, а слои с фауной для мелководных отложений – на отдельных выходах и местонахождениях карбонатных пород (Рис. 6).

### III.2.1. Зональная шкала глубоководных отложений

Только недавно, с началом изучения разрезов кремнистых толщ и послойных сборов конодонтов стало возможным выделение зональных последовательностей для глубоководных отложений (Tolmacheva et al., 2001, 2004). В качестве зональных таксонов использованы представители филогенетических линий *Pygodus, Periodon, Prioniodus, Cordylodus*, на которых частично построены все провинциальные шкалы Северо-Атлантической биогеографической провинции, включая Балтоскандию (например, Armstrong et al., 2001; Pyle, Barnes, 2003; Mannik, Viira, 2012).

Поскольку, в отличие от последних, предложенная шкала основана на видах открытоморского/океанического бассейна, она может быть использована для расчленения и корреляции отложений всех глубоководных бассейнов. К достоинствам шкалы относится исключительная легкость ее использования для определения возраста и высокий коррелятивный потенциал, к недостаткам — относительно небольшая разрешающая способность. Зональная шкала построена на первом появлении характерных таксонов, за исключением акмезон *Periodon flabellum* и *Periodon aculeatus*, где другие характерные виды не встречаются или обнаруживаются в незначительном количестве, недостаточном для диагностики таксонов. Общее распространение конодонтов в кремнистых отложениях показано на Рис. 7.

**Зона** *Cordylodus lindstroemi* выделена в разрезе бурубайтальской свиты. Основание зоны – первое появление *Cordylodus lindstroemi*. Помимо номинального таксона встречаются *Cordylodus proavus, Hirsutodontus* sp., *Eoconodontus notchpeakensis*, мелкие конические элементы прото- и параконодонтов.

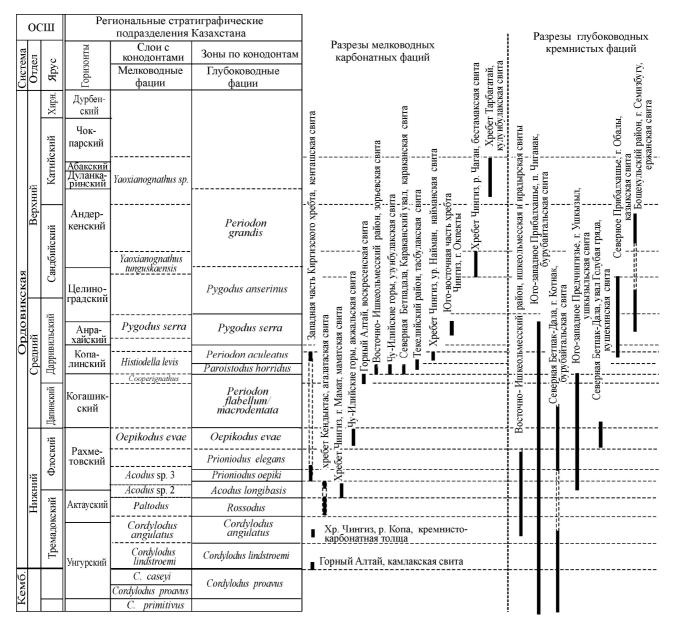


Рис. 6. Предложенное биостратиграфическое расчленение по конодонтам для глубоководных и мелководных отложений Казахстана и обосновывающие их разрезы и местонахождения.

**Зона** *Cordylodus angulatus* выделена в разрезе бурубайтальской свиты. Основание зоны — первое появление *Cordylodus angulatus*, кроме которого встречаются *Cordylodus lindstroemi*, *Eoconodontus notchpeakensis*, *Decoriconus peselephantis* s.l.. Также обильна фауна прото- и параконодонтов.

**Зона** *Rossodus* выделена в разрезе бурубайтальской свиты. Основание зоны — появление элементов *Rossodus*, в комплексе с немногочисленными *Decoriconus* peselephantis s.l., *Teridontus* sp. и кордилодусами из нижележащих отложений. Нижняя граница зоны *Rossodus* условно сопоставляется с основанием зоны *Paltodus* deltifer Балтоскандии.

**Зона** Acodus longibasis выделена в разрезе бурубайтальской свиты как интервал между первым появлением Acodus longibasis и Prioniodus oepiki (McTavish). Соответствует зонам Paroistodus proteus и нижней части зоны Acodus longibasis (Prioniodus deltatus longibasis), выделенных в разрезе Батырбай (Дубинина, 2000) и слоям с Chiganodus parilis (Oelandodus sp. A) — зоне Acodus longibasis (Acodus deltatus longibasis) в разрезе «Памятник природы»-9706 бурубайтальской свиты (Tolmacheva et al., 2004). Зона Acodus longibasis выделяется для

избежания диахронности нижней границы зоны Paroistodus proteus, элементы видаиндекса которого очень редки в начале его эволюционного появления. Среди характерных видов Acodus longibasis, Tropodus sp., Drepanodus reclinatus, Paroistodus proteus, Chiganodus parilis gen. et sp. nov., Kallidontus corbatoi (Serpagli), Drepanodus ar-

cuatus, Drepanodus reclinatus, Paroistodus proteus, Paracordylodus gracilis.

Зона Prioniodus oepiki выделена в разрезе бурубайтальской свиты в интервале от первого появления Prioniodus oepiki до первого появления Prioniodus elegans. Является аналогом зоны Prioniodus adami ранее выделяемой в разрезе 9706 (Толмачева, 1996) и верхней части зоны Paroistodus proteus (Tolmacheva et al., 2004), а также соответствует верхам зоны Acodus longibasis предложенной в разрезе Батырбай (Дубинина, 2000). Вид Prioniodus oepiki обычен для кремнистых отложений и распознается легче, чем Prioniodus elegans. Его первое появление примерно совпадает с появлением Paracordylodus gracilis — одним из распространенных и легко определяемых в кремнях видов, что также способствует хорошему распознаванию и прослеживанию нижней границы зоны. Кроме номинального таксона в комплексе присутствуют Paroistodus proteus, Paracordylodus gracilis, Chiganodus parilis, Lundodus gladiatus, Drepanodus arcuatus, Oelandodus elongatus. Нижняя граница зоны Prioniodus oepiki условно сопоставляется со средней частью подзоны O. elongatus/ P.? deltatus зоны Paroistodus proteus Балтоскандии (Lofgren, 1994).

Зона Prioniodus elegans выделена в разрезе бурубайтальской свиты в интервале от первого появления Prioniodus elegans до первого появления Oepikodus evae. В комплекс помимо проходящих видов из нижележащей зоны входит Protoprioniodus papiliosus (van Wamel), характерный вид, позволяющий четко определять нижнюю границу зоны. Основание зоны коррелируется с одноименной зоной Балтоскандии и Ньюфаундленда (Stouge, Bagnoli, 1988; Lofgren, 1993; Mannik, Viira, 2012).

**Зона** *Oepikodus evae* выделена в разрезе бурубайтальской свиты. Основание зоны – первое появление *Oepikodus evae*. Для зоны характерен богатый и разнообразный комплекс, включающий *Periodon flabellum*, *Protopanderodus gradatus*, *Bergstroemognathus extensus*, *Kallidontus corbatoi*, *Scolopodus* sp., *Oepikodus* cf. *O*.

evae, Drepanodus reclinatus u Periodon primus.

Зона Periodon flabellum/Periodon macrodentata выделена в разрезе бурубайтальской свиты в интервале от массового появления элементов Periodon flabellum и Periodon macrodentata, до первого появления Paroistodus horridus. Помимо номинальных видов, которые формирует до 90% всего комплекса, в его составе встречаются Cornuodus longibasis, Decoriconus peselephantis s.l., Paroistodus sp., Protopanderodus sp., Drepanodus arcuatus, Drepanodus reclinatus. Увеличение количества элементов Periodon flabellum и их доминирование отмечается и в других регионах (западный Ньюфаундленд, Южный Китай) в глубоководных отложениях с преобладанием доли открытоморских фаун (Johnson, Barnes, 1999; Wu et al., (в печати)). Нижняя граница зоны условно соответствует основанию дапинского яруса.

**Зона** *Paroistodus horridus* выделена в разрезе бурубайтальской свиты. Основание зоны – первое появление *Paroistodus horridus*. В комплекс входят *Spinodus spinatus, Eofahraeusodus cf. E. marathonensis* (Bradshaw), *Ansella jemtlandica, Histiodella sinuosa, H. holodentata*. Нижняя граница зоны сопоставляется с центральной частью зоны *Lenodus variabilis* выше основания дарривильского яруса (бывшая нижняя гра-

ница лланвирнского яруса).

**Зона** *Periodon aculeatus* выделена в разрезе ержанской и казыкской свит. Осно вание зоны – массовое появление *Periodon aculeatus*. В интервале этой акме-зоны наблюдается почти полное отсутствие других видов конодонтов. Нижняя граница зоны сопоставляется с центральной частью зоны *Eoplacognathus pseudoplanus* Балтоскандии и с верхами зоны *Histiodella levis* мелководной шкалы.

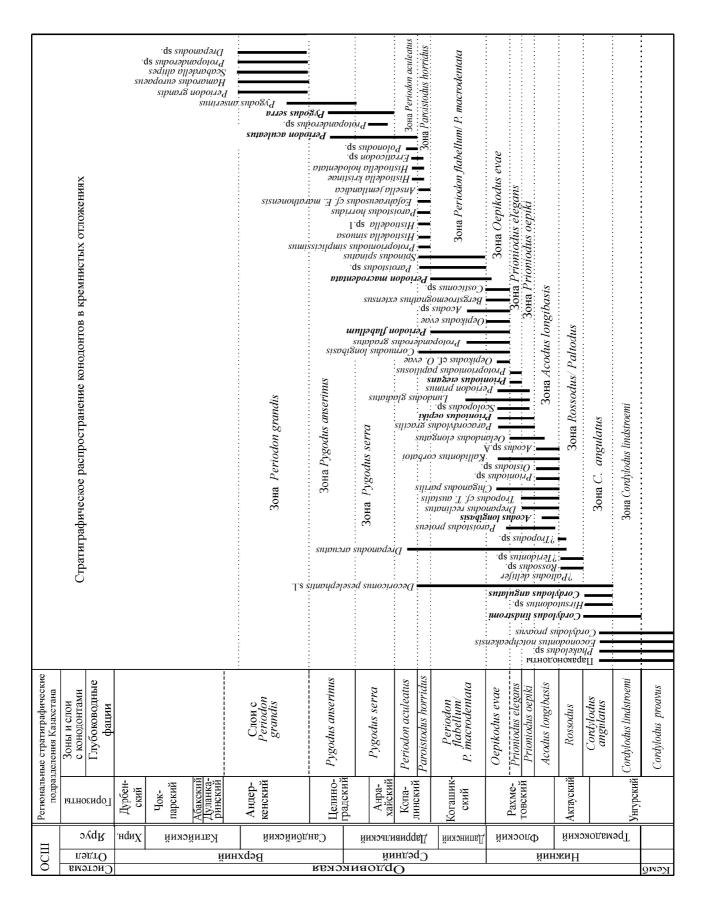


Рис. 7. Общее распространение конодонтов в кремнистых отложениях ордовика Казахстана

**3она** *Pygodus serra* выделена в разрезе бурубайтальской свиты. Основание зоны – первое появление *Pygodus serra*, кроме которого встречаются *Drepanodus arcuatus*,

Periodon aculeatus и Protopanderodus sp. Нижняя граница зоны сопоставляется с основанием соответствующей зоны в Балтоскандии.

**Зона** *Pygodus anserinus* выделена в разрезе ержанской и казыкской свит. Основание зоны – первое появление *Pygodus anserinus*. Таксономически бедный и слабоизученный комплекс включает *Drepanodus arcuatus*, *Periodon aculeatus* и *Protopanderodus* sp. Нижняя граница зоны сопоставляется с одноименной зоной Балтоскандии. Внутри зоны проходит нижняя граница верхнего ордовика.

Слои Periodon grandis устанавливаются в разрезе ержанской свиты Бощекульской зоны по появлению комплекса с Periodon grandis, кроме которого встречаются Hamarodus europaeus и Scabardella altipes. Нижняя граница слоев P. grandis сопоставляется с основанием идавереского горизонта Балтоскандии (зона Diplograptus multidens) в основании зоны Baltoniodus gerdae.

### III.2.2. Биостратиграфическая шкала мелководных отложений

В качестве биостратиграфических подразделений для карбонатных, относительно мелководных отложений Казахстана предложены слои с фауной. В данной шкале номинальными таксонами служат виды, встречающиеся в значительном количестве и легко опознаваемые даже при не очень хорошей сохранности фауны. Только при отсутствии характерных мелководных форм определение биостратиграфического подразделения строилось на океанических видах. К достоинству предлагаемой шкалы относится легкость ее использования для определения возраста и высокий потенциал внутрирегиональной корреляции, к недостаткам — относительно небольшая разрешающая способность.

Слои с конодонтами выделены по разным местонахождениям карбонатных пород в пределах Казахстана, Северной Киргизии и Горного Алтая (Рис. 6, 8). Это слои с *Cordylodus lindstroemi*, охарактеризованные в разрезе камлакской свиты (Горный Алтай), слои с *Cordylodus angulatus* выделенные в кремнисто-карбонатной толще верхнего кембрия - раннего ордовика на правом берегу р. Копа хребта Чингиз, слои с *Paltodus* выделенные в нижней части агалатасской свиты хр. Кендыктас Южного Казахстана. Слои с *Acodus* sp. 2 были прослежены в известняках маматской свите хр. Чингиз, слои с *Acodus* sp. 3 – в кенташской толще западной части Киргизского хребта, слои с *Oepikodus evae* – в акжальской свите Чу-Илийских гор Центрального Казахстана, слои с *Cooperignathus* – в известняках нижней части воскресенской свиты Горного Алтая, слои с *Histiodella? levis* – в известняках зорьевской свиты Урумбайской зоны Северного Казахстана, слои с *Pygodus serra* – в известняках терригеннокарбонатной толщи г. Окпекты, слои с *Yaoxianognathus? tunguskaensis* – в бестамакской свите хр. Чингиз, слои с *Yaoxianognathus* – в кулунбулакской свите хр. Тарбагатай.

# Глава IV. Биогеографическое районирование Восточно-Европейской платформы и Центрально-Азиатского пояса по конодонтам и палеогеографические реконструкции

В главе рассматривается биогеографическое районирование ордовика по конодонтам ранее слабо изученных в этом отношении территорий. Выделение провинций основано на современных представлениях об иерархии биогеографических подразделений (Zhen, Percival, 2003), во главу которой ставится разделение конодонтовых сообществ на фауны океанической (глубоководной) и мелководноморской биогеографических областей. Основная проблема прежних биогеографических построений заключалась в недостаточности фактических данных и смешивании биофациальных и биогеографических характеристик комплексов, которые стало возможно четко разграничить после типизации океанической фауны и использовании в биогеографическом анализе только неритовых форм.

Биогеографическое районирование современных пелагических животных до сих пор является неоднозначной задачей, так как характеристики фауны населяющей бассейны меняются в трехмерном пространстве, как по горизонтали согласно климатическим поясам, течениям и месту на латеральном профиле суша-пелагиаль, так и по глубине. Зависимость биогеографического районирования планктона в океане от

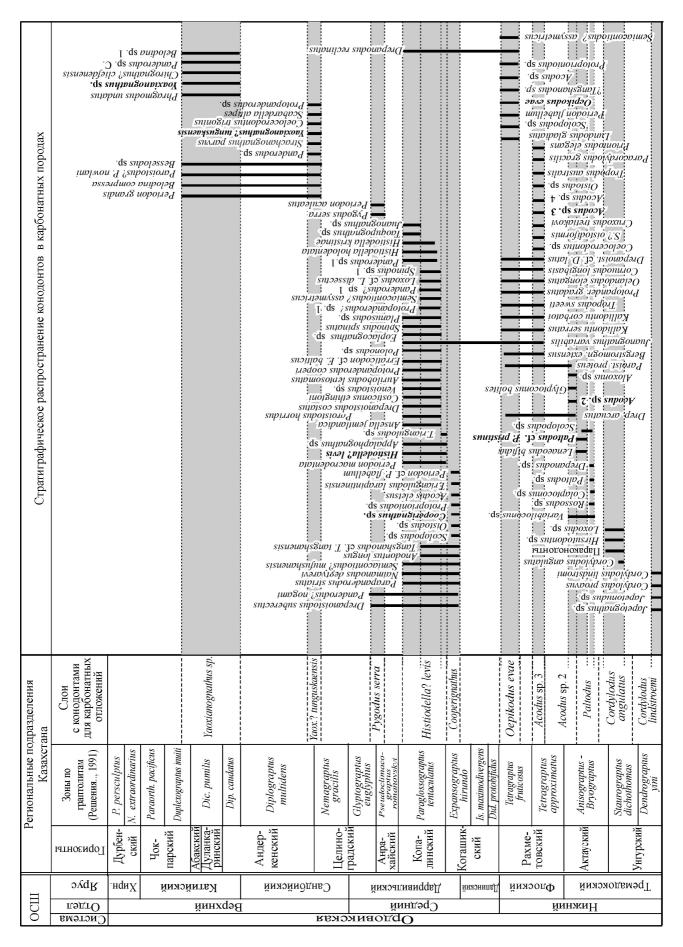


Рис. 8. Общее распространение конодонтов в карбонатных породах ордовика Казахстана, Северной Киргизии и Горного Алтая

гидрологических фронтов, зон конвергенции и дивергенции показана уже давно работами К.В. Беклемишева (1969) и др. В то же время у планктона наблюдается сильная зависимость состава фаун от температурного

фактора, что приводит к четкой зависимости географического распространения биот от климатической зональности. Разница в составе конодонтовых фаун ордовика центральной части Америки, стран Скандинавии, Англии, и Аппалачских гор (Sweet et al., 1959) была отражена в первом и до сих пор используемом биогеографическом районировании конодонтов ордовика на Мидконтинентальную и Северо-Атлантическую (Англо-Скандинавско-Аппалачскую провинцию, по (Sweet et al., 1959)) провинции. Последней был придан статус холодноводной в связи с ее типизацией по фауне Балтоскандийского бассейна (Sweet, Bergstrom, 1974; 1984; Lindstrom, 1970; Bergstrom, 1983 и др.). Уже тогда высказывались мнения, что не только температура, но и глубина бассейна определяет различия между этими провинциями (Bergstrom, Sweet, 1966), однако вплоть до недавнего времени большинство исследователей придавали большее значение температурному фактору (Barnes, Fahraeus, 1975; Lindstrom, 1976; Bagnoli, Stouge, 1991; Miller, 1984). Позднее, при появлении данных по конодонтам разных континентов количество биогеографических провинций стало увеличиваться, а их интерпретация усложняться. Как отдельные провинции стали рассматриваться территории стран Европы, Сибирь, Северный Китай, Великобритания, Скандинавия и Австралия (Bergstrom, 1990). Китай и Австралия были выделены в Австрало-Азиатскую провинцию (Webby et al., 2000). С.В. Дубинина предложила выделить между холодноводными и тепловодными областями Северо-Атлантической и Мидконтинентальной провинций переходную область, к которой она отнесла Южный Казахстан, западный Ньюфаундленд, Аргентину, Южный Китай и некоторые другие (Дубинина, 2000).

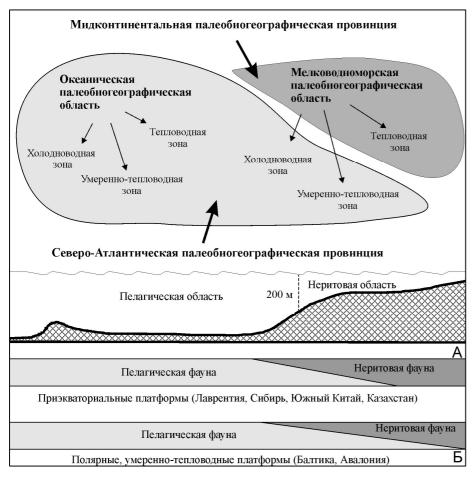


Рис. 9. **А.** Схема иерархии принятых биогеографических подразделений конодонтов в ордовике (Zhen, Percival, 2003).

**Б.** Соотношения пелагических и неритовых фаун конодонтов на профиле от платформенных к абиссальным отложениям. На полярных и умереннотепловодных платформах пелагические конодонты встречаются на значительно меньших глубинах.

Уже давно отмечено, что Северо-Атлантический облик конодонтам восточной окраины Северной Америки придает ряд форм космополитного распространения бесполезных для биогеографической характеристики региона (Rasmussen, 1998).

Позднее метод вычленения космополитных форм из расчетов был применен для сравнения фаун Лаврентии и Авалонии (Armstrong, Owen, 2002).

Однако принципиально новое биогеографическое районирование ордовика, которое отвечает районированию современных акваторий по планктонным организмам, было сформулировано только недавно (Рис. 9). В этой классификации выделяются провинции на географической основе — Лаврентийская, Австралийская, Северо-Китайская, Южно-Китайская, Аргентинская и Балто-Скандинавская (Zhen, Percival, 2003), которые объединяются в тропическую, умеренно-тепловодную и холодноводную области и царства мелководноморского и океанического бассейна. Последнее характеризуется видами широкого географического распространения, встречающимися в относительно глубоководных фациях всех палеоконтинентов (Zhen, Percival, 2003).

## IV.1. Океаническая биогеографическая область

Это одно из двух высших иерархических подразделений в биогеографическом районировании ордовика (Zhen, Percival, 2003). Охватывает все глубоководные отложения пелагиали ордовикских океанов, которые накапливались на значительно большей территории, чем они занимают в современных геологических структурах. Пелагические кремнистые отложения известны из палеозоид Казахстана, из Южного Урала (Dubinina, Ryazantsev, 2008), зоны Ланчан (Lanchan) Восточной Австралии (Murray, Stewart, 2001; Glen et al., 2004), из каледонид южной Шотландии (Lamont, Lindstrom, 1957; Armstrong et al., 2001) (Рис. 10). Наиболее хорошо отложения океанической области охарактеризованы для флоского века раннего ордовика и поздней части дарривильского - ранней части сандбийского, когда кремнистое осадконакопление было наиболее ярко проявлено.

Кремнистые отложения с преимущественно биогенным радиоляриевым источником кремнезема и минимальным содержанием терригенного материала соответствуют кремнисто-терригенным радиоляриевым отложениям абиссальных равнин современных океанов, накапливающихся ниже уровня карбонатной компенсации (ССD). Однако в ордовике этот уровень был менее глубоким, чем в настоящее время, в связи с повышенным содержанием углекислоты в атмосфере (Китр et al., 2009).

Кремнистые толщи характерны для Ерементау-Бурунтауской зоны Казахстана протягивающейся на более чем 2000 км при современной ширине 100–200 км. Линейная структура этой складчатой зоны только частично является результатом направленных тектонических дислокаций при сближении ее с комплексами вулканогенного-терригенного Сарыакинского пояса, а частично является первичной, что свидетельствует о ее формировании либо в зоне приэкваториальной зоне дивергенции, либо в приэкваториальной зоне, при исчезновении плотностной стратификации водной массы. В любом из этих вариантов Ерементау-Бурунтауская зона в ордовикское время должна быть развернута на 90° против часовой стрелки в широтном направлении, что подтверждается палеомагнитными данными (Bazhenov et al., 2012).

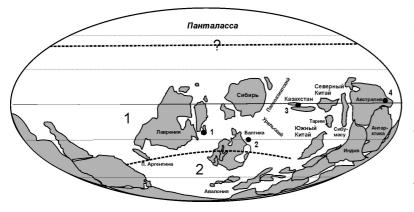


Рис. 10. Климатические зоны океанической биогеографической области по конодонтам в флоском веке и местонахождения отложений пелагических фаций. 1 — тепловодная, 2 — умереннотепловодная (холодноводная). 1 — Южная Шотландия; 2 — Южный Урал; 3 — Казахстан; 4 — Восточная Австралия.

Активное кремненакопление связано с повышенной продуктивностью биоты в приповерхностных слоях приэкваториальных широтных зон в целом олиготрофного океана (Martin, 1995) при притоке питательных веществ в результате смешения нижних слоев воды с верхними при прогреве и исчезновения термоклина. Этот механизм объясняет и более широкое распространение кремней в нижнем ордовике, чем в среднем и верхнем. Установление циркуляции океана к среднему ордовику, возможно, сменило механизм увеличения продуктивности в приэкваториальной полосе на аппвелинг в результате дивергенции, но одновременно привела к уменьшению кислотности океанов и снижению уровня ССD, то есть к возможности формирования карбонатов на больших глубинах, а значит к ограничению территорий возможного накопления кремней.

Формирование кремнистых толщ только в приэкваториальной зоне повышенной продуктивности объясняет в целом неширокое распространение мощных кремнистых осадков. В более высоких широтах океанов, как на север, так и на юг накапливались только маломощные терригенные толщи, аналогичные современным глубоководным илам, которые плохо фиксируются в геологической летописи.

Всего в кремнистых отложениях в интервале от нижнего по низы верхнего ордовика было обнаружено 53 вида конодонтов (Рис. 7), включая те формы, которые могут быть уверенно идентифицированы только в открытой номенклатуре. Из них 49 — виды широкого географического распространения, встречающиеся в глубоководных фациях почти на всех континентах. Эта фауна типизирует обстановки открытого океана. Среди видов, для которых впервые установлено обитание в океанических обстановках — O. elongates, K. serratus, K. corbatoi, B. extensus, P. papiliosus, L. gladiatus, D. peselephantis s.l, C. longibasis, H. kristinae, H. sinuosa, H. holodentata, A. jemtlandica, T. australis, H. europaeus, S. altipes.

Климатическая зональность океанической биогеографической области во второй половине флоского века (Рис. 10) выражена в отсутствии видов *K. serratus, T. sweeti, P. gradatus, K. corbatoi, B. extensus, P. oepiki, O. intermedius, A. longibasis,* характерных для экваториальной зоны (Казахстана, Лаврентия, Аргентина, Восточная Гондвана) в умеренно-тепловодных/холодноводных палеобассейнах Балтоскандии и Европы. Три вида *C. parilis, Acodus* sp. 1 и Gen. indet. sp. 1 эндемичны для Казахстана, при этом два первых вида встречены только в кремнях и являются океаническими эндемиками. Наличие эндемизма на уровне высших таксонов является характерным признаком биогеографических подразделений высших порядков в современных морях, что подтверждает корректность выделения океанической биогеографической области для акваторий ордовикского времени.

Океанические виды на всех палеоконтинентах встречаются во всех относительно глубоководных фациях от склона шельфа до умеренных глубин неритовой области. Чем мелководнее осадки, тем реже обнаруживаются океанические виды, за исключением, нижней части флоского яруса Балтоскандии, где они характерны для отложений незначительных глубин. В раннем ордовике восточной Балтоскандии доля открытоморской фауны составляет почти 50% в зонах *Paroistodus proteus* и *Prioniodus elegans*, около 30% в зоне *Oepikodus evae* и уменьшается до 10% в более молодых отложениях. В конодонтовых комплексах из карбонатных отложений Казахстана, Урала и Алтая количество океанических форм зависит от глубинности фации и колеблется от 70–80% (акжальская свита) до 10% (зорьевская свита). Остальные таксоны определяют биогеографическую характеристику регионов.

## IV.2. Мелководная (неритовая) биогеографическая область

Является вторым высшим подразделением в биогеографическом районировании ордовика (Zhen, Percival, 2003). Охватывает все неритовые (с глубинами условно < 200 м) мелководные отложения шельфов и эпиконтинентальных бассейнов. В это время платформы населены разными по таксономическому составу конодонтовыми фаунами, что, в том числе, является подтверждением разобщенного положения основных палеоконтинентов. Для каждого из палеоконтинентов выделяются провинции, провинции объединяются по климатическим зонам. Ранее для нижнего ордовика к холодноводной зоне была отнесена Балто-Скандинавская провинция, расположен-

ная на западе Восточно-Европейской платформы, к умеренно-тепловодной – Южно-Китайская и Аргентинская провинции, к тепловодной – Лаверентийская, Австралийская и Северо-Китайская (Zhen, Percival, 2003). В данной работе помимо Балто-Скандинавской провинции (возможно включающей и Южный Урал) на севере и северо-востоке платформы обосновывается выделение тепловодной Тимано-Североуральской провинции. Для западной части Центрально-Азиатского пояса выделяется тепловодная Западно-Азиатская провинция включающая Казахстан, Северный Тянь-Шань и Горная Алтай.

# IV.2.1. Биогеографическое районирование Восточно-Европейской платформы и палеогеографические реконструкции

Восточно-Европейская платформа, включающая в ордовике и Тимано-Баренцевоморский блок, являлась единым континентом Балтика обособленным от других крупных палеократонов. В среднем ордовике началось сближение Балтики и Лаврентийско-Гренландского кратона, которое в начале силура завершилось формированием мегаконтинента Лавруссия (Ziegler, 1989; Torsvik et al., 1992).

Балто-Скандинавская провинция

Западная часть Восточно-Европейской платформы (Балтоскандийский палеобассейн), где ордовикские конодонты являются объектом изучения более 150 лет, в биогеографическом отношении отнесена к Балто-Скандинавской (Rasmussen, 1998; Rasmussen, Stouge, 1995; Bagnoli, Stouge, 1997; Zhen, Percival, 2003), которая рассматривалась как неотъемлемая часть Северо-Атлантической провинции (Sweet, Bergstrom, 1984). Климатическая характеристика провинции в связи с продвижением платформы в экваториальные широты постепенно меняется в течении ордовика - провинция считается холодноводной в самых низах ордовика, умереннотепловодной в среднем и тепловодной в верхнем. Появление в палеобассейне тропических Миндинтинентальных (Лаврентийских) видов в катийское время считается временным эпизодом, не влияющим на характеристику провинции (Sweet, Bergstrom, 1984). Доля океанических видов в составе конодонтовых комплексов ордовика Балтоскандии исключительно велика, достигая 80% и более на некоторых стратиграфических уровнях в разрезах Норвегии. В то же время степень эндемизма фауны здесь незначительна. Практически 70% видов в флоское время и более 80% видов в дарривильское встречаются в Южном Китае и Аргентине, то есть в палеобассейнах расположенных в относительно том же температурном поясе. На настоящем уровне изученности конодонтов родовыми эндемиками Балтоскандии могут считаться только представители рода Semiacontiodus и Scalpellodus. В нижнем ордовике отмечается наличие эндемичных видов родов Acodus, Toxodontus, возможно Texania.

В верхах ордовика Балто-Скандинавская биогеографическая провинция теряет свою обособленность; резко уменьшается доля эндемичных таксонов. Однако это может быть связано не только с продвижением платформы на юг и сближением с Лаврентией, что увеличивает число общих видов с Лаврентийским палеобассейном, но и с гораздо меньшей изученностью конодонтов, чем в нижнем ордовике. Для верхнего ордовика известны главным образом доминантные таксоны, которые широко распространены в разных палеобассейнах.

Изучение конодонтов в скважинах Московский синеклизы показало, биогеографическое единство Балтоскандийского и Московского бассейнов в раннем и начале среднего ордовика. Во второй половине дарривильского века в Московском бассейн доминирует вид *Phragmodus polonicus*, характерный для более южных территорий платформы (Dzik, 1994). С начала позднего ордовика Московский бассейн заселяется фауной *Pectinognathus* определяющей Тимано-Североуральскую провинцию.

В раннем ордовике комплексы конодонтов Юго-Восточного Беломорья, включающие виды родов *Baltoniodus*, *Scalpellodus и Scolopodus* относятся к Балто-Скандинавской биогеографической провинции. Начиная с позднего дапина формы Балтоскандийского региона замещаются эндемичными таксонами родов *Acodus* и *Triangulodus* и характерными видами *Pectinognathus* Тимано-Печорской провинции.

Все исследователи фауны ордовика Южного Урала отмечали ее сходство с фаунами северо-западной, наиболее изученной части Восточно-Европейской платформы и Швеции (Андреева, 1972; Анцыгин, 1977). Конодонты также были отнесены к Северо-Атлантической провинции (Наседкина, 1975), что частично подтверждается на основании новых данных по конодонтам. Редкие элементы Semiacontiodus из караколь-михайловских известняков могут свидетельствовать о существовании прямой биогеографической связи восточной и западной окраин Восточно-Европейской платформы. Весь остальной комплекс конодонтов из карбонатных пород Южного Урала представлен видами типичными для открытых и относительно глубоководных бассейнов. Помимо этого в комплексах присутствуют элементы неритовых фаун характерных для единой с Балтоскандией климатической зоны – Baltoniodus norrlandicus, Lenodus sp. Заключение о том, что восточная окраина, скорее всего, относится к Балто-Скандинавской провинции, строится кроме находок Semiacontiodus еще и на том основании, что не найдены виды других биогеографических провинций, в том числе Западно-Азиатской провинции Казахстана. В позднем ордовике разница таксономического состава конодонтов чехла восточной платформы (набиуллинская свита) и островодужных комплексов вызвана скорее биофациальными, чем биогеографичексими различиями.

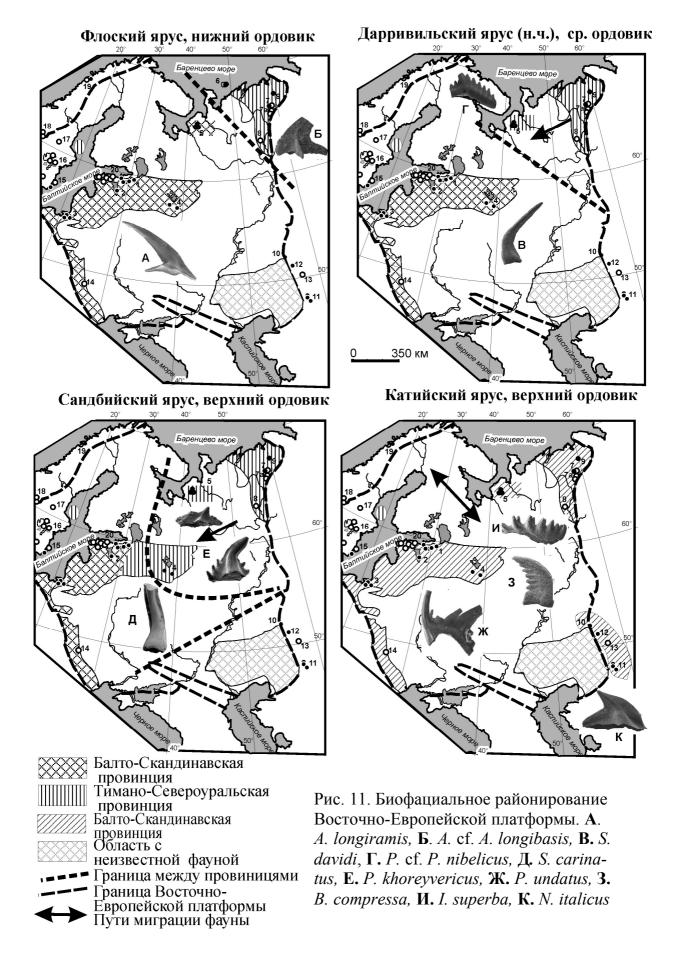
Настоящий уровень изученности конодонтов ордовика Южного Урала не позволяет судить о палеогеографическом положении и удаленности островодужных комплексов от окраины Восточно-Европейской платформы. Необходимы более богатые коллекции конодонтов, позволяющие выявлять не только доминирующие формы, но и редких представителей этой фауны, которые являются показателями биогеографических особенностей регионов.

Тимано-Североуральская провинция

Еще ранее, отмечался исключительно контрастный характер конодонтов Тимано-Печорского региона и Полярного Урала, который связывался с фациальным разнообразием и географическими связями с разными платформами (Наседкина, 1985; Мельников, 1999). Наиболее мелководные части Тимано-Печорского региона характеризуются в нижнем ордовике распространением представителей эндемичного рода *Pectinognathus*, а в верхнем – *Ahelognathus* и *Plectodina*. Только в конце среднего ордовика фауна *Pectinognathus* заселяет Северную Землю, Московский палеобассейн и Юго-Восточное Беломорье. В Балтоскандии элементы *Pectinognathus* встречаются в самых верхах сандбийского яруса. Региональными эндемиками Тимано-Североуральского региона также являются виды *Acodus eletsicus* и *Erraticodon balbanicus*.

Эндемичная фауна конодонтов с элементами *Rossodus* характерна для нижнего ордовика о. Колгуев. Эти формы отсутствуют в Балтоскандии, зато встречаются тепловодных провинциях Лаврении и Сибири. Помимо эндемичных таксонов в конодонтовые комплексы Тимано-Североуральской провинции входят элементы *Ansella nevadensis, Ahelognathus, Plectodina,* характерные для Лаврентии. Если появление части этих видов в Балтоскандии связано с развитием специфических мелководных фаций в катийский век, то в Тимано-Печорском регионе они появляются уже в верхней части сандбия.

Начиная с позднего ордовика к Тимано-Североуральской биогеографической провинции относится Московский бассейн, занимающий центральную часть платформы. Первые элементы Pectinognathus cf. P. pectinatus, филогенетической линии определяющей Тимано-Североуральскую биогеографическую провинцию появляются в скв. Гаврилов Ям-1 в верхней части дарривильского яруса Представители этой линии успешно заселили эту часть палеобассейна, и в мелководных фациях в течение сандбийского яруса Pectinognathus khoreyvericus здесь является доминирующим видов формирующим до 90% всего комплекса. В это же время в аналогичных мелкоотложениях Ленинградской области конодонтовая фауна Скандинавской провинции представлена видами Semiacontiodus и Aphelognathus. Линия Pectinognathus заканчивает свое существование в самых верхах сандбийского века в Тимано-Печорском регионе, но возможно чуть дольше, включая низы катийского яруса, существует в центральной части платформы.



Таким образом, в течение ордовика по мере продвижения палеоконтинента Балтика к экваториальным широтам граница между Тимано-Североуральской и Балто-Скандинавской провинциями смещается в южном направлении (Рис. 11). В раннем ордовике Балто-Скандинавская провинция охватывала большую часть платформы, включая Юго-ВосточноеБеломорье и центральные части платформы (Московская

синеклиза). В низах среднего ордовика территория Юго-Восточного Беломорья меняет свою провинциальность и относится к Тимано-Североуральской провинции. Уровень контрастности провинций исключительно высок, что подтверждается распространением в верхах среднего ордовика *Phragmodus polonicus* в Балто-Скандинавской провинции и *Phragmodus flexuosus*, типичного представителя Лаврентийской и Сибирской биоты, в Тимано-Североуральской. В конце среднего и начале позднего ордовика Московский бассейн стал заселяться фауной Тимано-Печорского региона. Окончательно Тимано-Североуральский провинциальный облик фауна Московского бассейна принимает к началу позднего ордовика. В начале катийского времени на платформе устанавливается единая Балто-Скандинавская биогеографическая провинция позднего ордовика, в составе фауны которой присутствуют Лаврентийские иммигрантные таксоны. В это время значительная разница таксономического состава одновозрастной фауны в пределах платформы вызвана биофациальными а не биогеографическими различиями.

В настоящее время, очевидно, что площадь занятая ордовикским морским бассейном на Восточно-Европейской платформе была больше, чем занимают отложения этого возраста (напр., Nikishin et al., 1996). Возможность быстрой денудации мощных толщ показана на примере Юго-ВосточногоБеломорья, где по ксенолитам восстанавливается разрез нижнего палеозоя, полностью эродированный в течение небольшого интервала раннекаменноугольного времени (Толмачева и др., 2013). О существования моря или суши на обширных территориях, где ордовик отсутствует, свидетельствуют биогеографические характеристики фауны. Так в конце тремадокского – флоского века континентальные условия, вероятно, были развиты в пределах Тиманского блока, разделяющего Тимано-Печорский бассейн и Юго-Восточное Беломорье, заселенные контрастными конодонтовыми сообществами. Наличие суши здесь подтверждается также формированием восточнее (о. Колгуев, Ижма-Печорская синеклиза) мощных терригенных толщ тремадокского и флоского ярусов (Жемчугова и др., 2001). Эпиконтинентальный бассейн с углублением в центральной части платформы, распространялся от Тиманской суши на юго-запад вплоть до Балтоскандии. Вопрос существовал ли прямой морской проход в нижнем ордовике с запада на восточную окраину платформы на основании распространении конодонтов, решается пока неоднозначно.

В среднем ордовике фауны Юго-Восточного Беломорья и Тимано-Печорского региона становятся идентичными, что говорит об исчезновении или сильном сокращении ранее разделявшей ее суши. В то же время суша отделяла Юго-Восточное Беломорье и Тимано-Печорский регион от Московский синеклизы, располагаясь примерно вдоль гор Ветряного пояса и далее, на восток, разделяя Южный и Полярный Урал. В начале позднего ордовика в сандбийское время между северной и центральными частями платформы, скорее всего, был свободный водообмен. В течении сандбия наблюдается постепенное падение уровня моря на всей территории платформы (Жемчугова и др., 2001; Миппеске et a., 2010), что выражено в широком развитии мелководных фаций во всех известных на платформе разрезах и более ярком проявлении фациальных и биогеографических различий в конодонтовых фаунах.

# IV.2.1. Биогеографическое районирование по конодонтам западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса

Палеозоиды Казахстана в глобальных палеогеографических реконструкциях ордовика рассматриваются как комплекс разобщенных террейнов, расположенных между Балтикой, Сибирью и восточной Гондваной (Holmer et al., 2001; Cocks, Fortey, 2007; Fortey, Cocks, 2003; Popov et a., 2009). Последними геодинамическими и палеомагнитными исследованиями показано, что в ордовике часть Казахстана представляла собой докембрийский платформенный блок, который был вытянут в приэкваториальной области в широтном направлении, располагаясь примерно на 10° ю.ш. (Ваzhenov et al., 2003; Ваzhenov et al., 2012; Дегтярев, 2012). Расположенная восточнее (в современной структуре) Степняк-Северотяньшаньская зона представляла собой активную окраину ордовикского океана.

Бентосные группы фауны, главным образом трилобиты и брахиоподы, единообразны в биогеографическом отношении и близки к сообществам, населяющим тер-

рейны приэкваториальной Восточной Гондваны, т.е. к Северному, Южному Китаю, Тариму и Австралии (Nikitin et al., 2003; 2006; Fortey, Cocks, 2003; Popov et al., 2002; 2007; 2009). Попытки выявить какую-либо биогеографическую дифференциацию внутри Казахстана по трилобитам и брахиоподам пока не сложились в уверенную общепринятую модель.

Представления о биогеографии ордовикских конодонтов Казахстана были ограничены анализом конодонтов из кремнистых отложений, для которых устанавливалось единство с Северо-Атлантической провинцией, и разрезом Батырбай (г. Малый Каратау), конодонты которого были признаны сходными с фауной континентального склона Северной Америки (Дубинина, 2000). Кроме того, конодонты верхнего кембрия, изученные на р. Селеты сопоставлялись с фауной Северного и Северо-Восточного Китая (Абаимова, 1991).

В относительно мелководных (= карбонатных) отложениях Казахстана, Алтая и Северной Киргизии океанические виды — космополиты составляют значительную долю сообществ. Помимо этих видов мелководные комплексы нижнего ордовика включают таксоны характерные для шельфовых областей Северной Америки, Северного Китая и Австралии. Два вида встречаются только в Восточной Гондване, а *Acodus* sp. 2, *Acodus* sp. 3, Gen. indet. sp. 1, *Cruxodus tretiakovi* gen. et sp. nov. являются в нижнем ордовике региональными эндемиками.

Средний ордовик отличается значительно меньшей долей океанических видов и большим количеством неритовых таксонов (частично родового уровня) широкого географического распространения. Ряд неритовых форм ограничен распространением в тепловодной области и не встречается в Балтоскандии и Аргентине. Четыре вида встречены только в Восточной Гондване и пять видов — ?Panderodus sp., J. aff. variabilis, N. degtiarevi, ?Protopanderodus sp. 1, H.? levis являются региональными эндемиками. Неритовые конодонты верхнего ордовика Казахстана таксономически разнообразны, однако все виды отличаются широким географическим распространением; эндемичные формы отсутствуют.

В биогеографическом отношении ордовикские конодонты рассматриваемого региона сходны с конодонтами Австрало-Азиатской биогеографической надпровинции (Nowlan et al. 1997; Webby et al., 2000), обоснованной, в том числе, бентосной фауной и объединяющей австралийскую часть Гондваны, террейны Сибумасу, Тарим, Северный и Южный Китай. Выделенная на основании географической близости палеобассейнов Австрало-Азиатская надпровинция включает в себя две климатические зоны тепловодную и умеренно-тепловодную (Рис. 11, A). В современной системе биогеографического районирования климатические пояса имеют более высокий ранг, чем провинции, а палеобассейны входящие в состав Австрало-Азиатской провинции рассматриваются как отдельные биогеографические единицы (Zhen, Percival, 2003).

Из всего ряда эндемичных видов Австрало-Азиатской провинции в западной части Центрально-Азиатского пояса встречаются только их небольшая часть: S. bilobatus характерный для всей Восточной Гондваны, T. larapintinensis и Drepanoistodus sp. 1, встреченные только в Австралии и северокитайские T. cf. tangshanensis и Taoqupognathus sp.

Однако высокий уровень эндемизма родового уровня выявленного в конодонтовых фаунах Казахстана, Северной Киргизии и Алтая позволяет рассматривать их в рамках предложенной классификации Ж. Жена и Ян Персиваля (2003) как отдельную Западно-Азиатскую провинцию.

Самое большое количество данных и, соответственно, наиболее обоснованное внутреннее биогеографическое районирование западной части Центрально-Азиатского пояса возможно только для раннего и среднего дарривилия (Рис. 11). В это время разница в составе конодонтовых комплексов Казахстана и Северной Киргизии незначительная и определяется скорее фациями и разным объемом коллекции, чем биогеографией. Фауна конодонтов среднего ордовика Горного Алтая (воскресенская свита) отличается от казахстанской наличием видов T. cf. larapintinensis, Protoprioniodus sp. 1, Oistodus sp., Scolopodus sp. и может рассматриваться в качестве отдельного биогеографического района внутри Западно-Азиатской провинции.

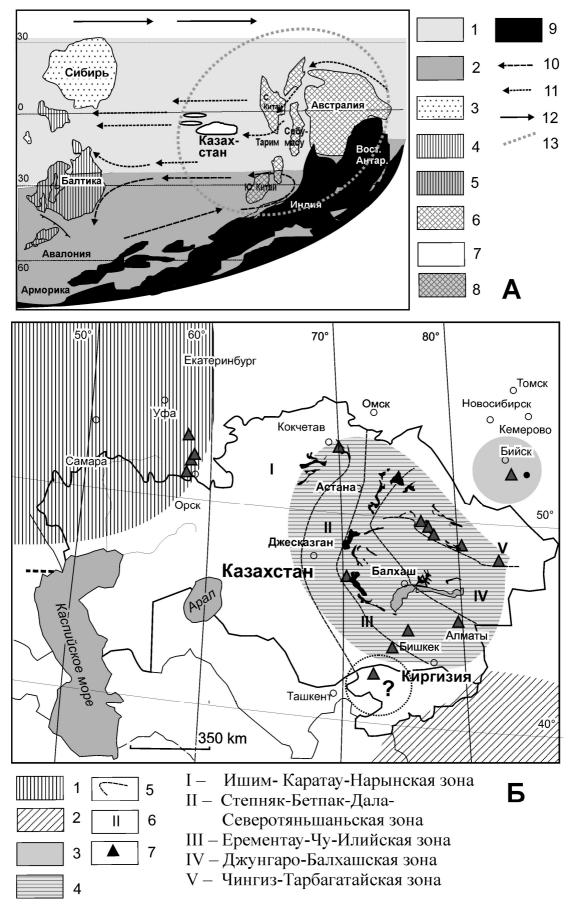


Рис. 12. **А.** Палеогеографическая схема среднего ордовика с элементами биогеографического районирования и основными направлениями океанических течений: 1. Умеренно-тепловодная климатическая зона; 2. Тепловодная зона; 3. Сибирская

биогеографическая провинция; 4. Тимано-Североуральская (включающая т. Кара); 5. Балто-Скандинавская; 6. Тепловодная часть Австрало-Азиатской надпровинции; 7. Западно-Азиатская провинция; 8. Умеренно-тепловодная часть Австрало-Азиатской надпровинции; 9. неустановленные в биогеографическом отношении регионы; 10. Холодные течения; 11. Теплые течения; 13. Западные течения Панталассы; 14. Австрало-Азиатская надпровинция. Б. Биогеографическое районирование конодонтовых фаун среднего ордовика западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса: 1. Балто-Скандинавская провинция; 2. Южно-Китайская; 3. Алтайский биогеографический район; 4. Западно-Азиатская; 5. Границы структурно-фациальных зон; 6. Номера структурно-фациальных зон; 7. Местонахождения с конодонтами.

Биогеографическая характеристика фаун Казахстана свидетельствует о том, что этот регион в ордовикское время располагался значительно ближе к окраине Восточной Гондваны, чем к платформам Балтики и Сибири. Сравнение двух наиболее близко (около 900 км) расположенных местонахождений среднеордовикских конодонтов – из Южного Урала (караколь-михайловская толща) и Урумбайской зоны Северного Казахстана (зорьевская свита) показало принципиальное биогеографическое различие фаун, что указывает на относительную удаленность регионов в ордовикское время. Однако, наличие общего вид *Acodus eletsus* с северной тепловодной окраиной палеоконтинента Балтика можно интерпретировать как расположение Горного Алтая к западу от Казахстана, ближе к Балтике. Присутствие сибирского таксона *Lenaeodus bifidus* в маматской свите на хр. Чингизе, также может быть свидетельством более западного расположения островодужной системы Чингиза от континентального массива Казахстана.

### Глава V. Характер ордовикских океанов и биоразнообразие конодонтов

Способы захоронения и сохранность конодонтов в пелагических отложениях Казахстана, а также строение кремнистых толщ позволяют оценить условия осадконакопления в океанических бассейнах и активность циркуляционной системы океанических масс. Динамика биоразнообразия конодонтов в разных палеобассейнах отражает особенности климата в ордовикское время.

### V. 1. Климат и циркуляция океанических вод в ордовикское время

В строении кремнистых толщ из разных структурно-формационных зон Казахстана (Бурунтауской, Сарытумской, Чингиз-Тарбагатайской, Ирадырской, Бощекульской) наблюдаются общие черты, свидетельствующие о сходных обстановках осадконакопления в палеобассейне. Для самой верхней части кембрия и тремадокского низов флоского яруса ордовика (до нижней границы зоны Prioniodus elegans) характерно формирование конденсированных, темноцветных кремнистых отложений в которых встречаются граптолиты, кариокаридиды, бактерии и фекальные пеллеты. Такая фаунистическая ассоциация описана и в кремнистых толщах восточной Австралии (Percival, in press). Присутствие в изученных разрезах фекальных пеллет, сохранивших свою структуру в конденсированном осадке из-за не дезинтегрированного органического вещества указывает на осадконакопление в бескислородных обстановках. Высокий уровень конденсации кремнистых разрезов определяется как пониженной продуктивностью радиолярий, так и повышенной растворимостью кремнезема в восстановительных анаэробных условиях. С середины флоского века темноцветные кремни сменяются более мощными красными кремнями и яшмами, в которых помимо породообразующих организмов –радиолярий и спикул губок, а также конодонтов и фосфатных брахиопод отсутствуют какие-либо органические остатки.

Обстановки со слабой циркуляцией и развитием широких зон кислородного минимума характерны для океанов «парниковых» периодов (Kidder, Worsley, 2010), что позволяет именно так интерпретировать условия формирования кремнистых толщ в раннем ордовике. Это соответствует современной интерпретации раннеордовикского приэкваториального океана как теплого, с развитыми анаэробными обстановками и низкой насыщенности карбонатами (Pruss et al., 2010; Landing, 2011). Переход от накопления конденсированных кремнистых толщ к более мощным красно-

цветным осадкам во второй половине флоского времени связан с общим усилением циркуляции океанических масс при похолодании и обогащением кислородом донных вод. В восточной и центральной части Балтоскандийского палеобассейна примерно в это время наблюдается переход от терригенного к карбонатному осадконакоплению, а на Сибирской платформе — от карбонатного, к карбонатно-терригенному и терригенному. Разный ответ на похолодание в это время связан с расположением этих континентов на разных палеоширотах.

Обилие общих форм в мелководных и относительно холодноводных осадках Балтоскандии и в экваториальных пелагических отложениях Казахстана ранее объяснялось эмергенцией конодонтовых фаун, и их обитанием на больших глубинах в более низких широтах (е.g., Дубинина, 2000). Однако это скорее связано со сходными параметрами бассейнов в условиях стагнации поверхностных вод в приэкваториальном Казахстане и относительно высокоширотной Балтоскандии. Возникновение циркуляционной системы океана и вентилирования вод начиная с раннего фло сопровождалось снижением доли открытоморских форм в неритовой зоне и увеличением градиента биофаций от континента к пелагиали.

## V.2. Глобальное разнообразие конодонтов

Показателем изменения обстановок осадконакопления в палеобассейнах также является биоразнообразие фауны, которое может быть оценено через альфа-, бета- и гамма-разнообразие. Если альфа-разнообразие отражает количество таксонов в пробе, разрезе или временном интервале, то бета-разнообразие рассматривается в больших пространственных границах – в пределах разных фаций палеобассейна. Понятие гамма-разнообразия отвечает таксономическому разнообразию на разных палеоконтинентах, например, в пределах одного климатического пояса. Для относительно мелководных фаций раннего ордовика (до среднего фло) Восточно-Европейской платформы, Казахстана и Северной Киргизии характерно высокое и сравнительно одинаковое альфа-разнообразие конодонтов, при его достаточно слабо выраженном градиенте между палеоширотами. В тремадоке - начале флоского века для Балтоскандийского палеобассейна характерен невысокий градиент альфа-разнообразия в фациальном профиле от глубоководных к мелководным отложениям, то есть пониженное бета-разнообразие. При этом здесь наблюдается сниженный, по сравнению с последующими частями ордовика, общий уровень эндемизма фауны. В это же время бета-разнообразие в Казахстане, так и в других низкоширотных палеобассейнах по всей вероятности остается высоким.

Начиная со среднего ордовика, в низких широтах альфа-разнообразие конодонтов резко увеличивается при его относительно стабильном состоянии или небольшом снижении в палеобассейнах расположенных в более холодных водах, напр. в Балтоскандии (Рис. 13). В верхах среднего и верхнем ордовике наблюдается постепенное общее снижение количества видов, в том числе на низких широтах, вероятно, в связи с развивавшимся общим похолоданием.

Такая динамика фаун хорошо согласуется с предложенной интерпретацией раннего ордовика как теплого периода со стагнированным океаном, в котором хорошо развитый термоклин создавал большое количество экологических ниш для видообразования. Начавшаяся в конце флоского времени термогалинная циркуляция, связанная с уменьшением общей температуры климата, привела к вымиранию старых фаун и появлению новых, что уменьшило в дапинское и дарривильское время альфаразнообразие и увеличило бета-разнообразие конодонтов. В целом при этом увеличился градиент таксономического разнообразия фаун между полюсами и экватором. Еще большее похолодание в позднем ордовике привело к общему снижению разнообразия конодонтов.

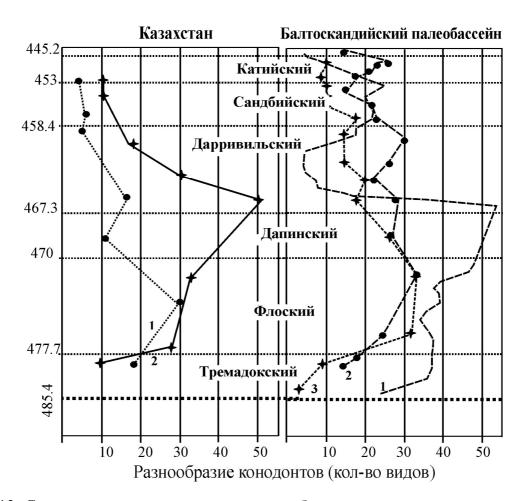


Рис. 13. Сравнение таксономического разнообразия конодонтов в ордовике Казахстана и северо-запада Восточно-Европейской платформы. Казахстан: гамма- разнообразие конодонтов в (1) карбонатных и (2) в кремнистых породах (вычислено как количество видов по местонахождениям и пробам в интервалах яруса или части яруса). Балтоскандия: (1) альфа-разнообразие конодонтов в Ленинградской области; (2) альфа-разнообразие в Эстонии (Mannik, Viira, 2012) и (3) бета-разнообразие в Швеции и Норвегии (Натте, 2003). Кривая О. Хаммера высчитана как средневзвешенное разнообразие, рассчитанное на интервалы по 1 млн. лет; данные по Эстонии и Ленинградской области суммированы по конодонтовым зонам или горизонтам

# Глава VI. Палеоэкология конодонтов ордовика, их образ жизни и трофические взаимоотношения

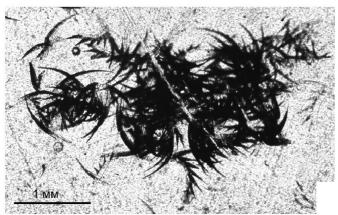
Несмотря на давнюю историю изучения конодонтов, их образ жизни с уверенностью не установлен. Все наши предположения о питании конодонтов, характере их жизни и взаимоотношениях с окружающими организмами строятся на морфофункциональном анализе конодонтовых элементов (Purnell, von Bitter, 1992; Purnell, 1995) или отпечатков мягкого тела самих конодонтов (Briggs et al., 1983; Gabbott et al., 1995). Форма тела конодонтов и аналогия с современной гомологичной группой организмов – хетогнатами, позволяет считать, что конодонты были активно перемещающимися планктонными организмами (Aldridge et al., 1993). Приуроченность видов к определенным биотопам оценивается через их распределение по фациям. Находки, прямо свидетельствующие о трофических связях конодонтов с определенными организмами, встречаются крайне редко (Williams, 1992). В настоящее время предполагается, что конодонты были пелагическими/неритовыми (Seddon, Sweet, 1975), либо нектобентосными организмами (Barnes, Fahraeus, 1975) и хищниками (Aldridge, Purnell, 1996), либо детритофагами (Nicoll, 1995).

Высокое таксономическое разнообразие конодонтов в пелагических глубоководных отложениях и, в целом, высокий уровень космополитности этой группы фауны

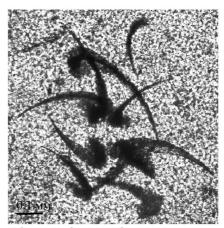
позволяет считать, что почти все конодонты в ордовике обитали в толще воды, а их распределение было привязано к циркуляционным ячейкам и трофическим цепям пелагиали. Нектобентосный образ жизни предполагается только для некоторых видов *Drepanoistodus* и *Aphelognathus*.

Находки группировки конодонтовых элементов фекальной природы указывают на высокоразвитое хищничество и макрофагию в пищевых цепях раннепалеозойских морей. Они важны для выявления поведенческих особенностей как организмов, которые питались конодонтами, так и самих конодонтов.

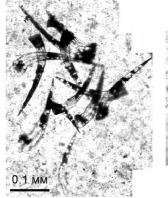
Присутствие фекальных пеллет состоящих из конодонтовых элементов в кремнистых породах раннего ордовика Казахстана отмечалось давно (Барсков, Новиков, 1984), но их статистический анализ стал возможным только на основе большой коллекции, собранной более чем за 20 лет. Кроме того, были обнаружены фекальные пеллеты из створок мелких членистоногих рода *Caryocaris*. Оказалось, что фекальные пеллеты всегда состоят из элементов одной конодонтовой особи или створки/створок кариокаридиды. Размеры подавляющего большинства пеллет от 0.2 до 0.5 мм, они содержат от трех до пятнадцати и даже девятнадцати (в случае конических форм) элементов (Рис. 13). Более 90% пеллет содержат остатки молодых организмов. Несколько крупных (до 5 мм) фекальных пеллет содержит большое количество (до 100 и более) конодонтовых элементов одного возраста и одного вида.



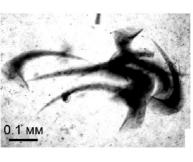
Paracordylodus gracilis Lindström



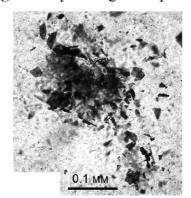
Chiganodus parilis gen.et sp. nov.



Decoriconus peselephantis s.l. (Lindström)



Paroistodus sp.



Пеллета с обломками створки *Caryocaris* 

Рис. 14. Фекальные пеллеты с конодонтами и с остатками членистоногих в бурубайтальской свите.

Размеры пеллет с членистоногими совпадают с размером пеллет, содержащих ювенильные конодонтовые элементы, что может свидетельствовать об их поедании одним и тем же хищником. Наличие двух разных типов пеллет – мелких и крупных, с разным количеством элементов указывает на то, что конодонтами питались, по край-

ней мере, два разных хищника с разной поведенческой стратегией. Один хищник потреблял одну или, очень редко, две жертвы за один раз, тогда как другой более крупный хищник поедал одновременно до десятка индивидуумов. Средняя стратегия не зафиксирована (Tolmacheva, Purnell, 2002).

Сравнение ордовикских пеллет с содержимым желудков современных хетогнат и их трофическими взаимоотношениями в бассейнах (Duró, Saiz, 2000; Saito, Kiørboe, 2001), указывает на конодонтов как на наиболее вероятных хищников, потребляющих членистоногих и конодонтов. Современные трофические пары хетогнатыкопеподы и хетогнаты-хетогнаты в ордовикских пелагических экосистемах имели своих аналогов — трофические пары конодонты-кариокаридиды и конодонтыконодонты. Крупные виды конодонтов потребляли как ювенильных особей, так и взрослых индивидуумов более мелких видов.

На сложные трофические взаимоотношения внутри конодонтовых сообществ указывает разная форма кривых выживания для разобщенных элементов и элементов, включенных в фекальные пеллеты (Рис. 14). В популяциях *Paracordylodus gracilis* выедались ее ювенильная и среднеразмерная часть (Tolmacheva, Purnell, 2002), тогда как в популяциях небольших конодонтов *Decoriconus peselephantis* s.l. хищничеству в первую очередь подвергались наиболее крупные особи. Давление производящих пеллеты хищников на *Drepanodus arcuatus* было постоянным на протяжении всей жизни особей.

Крупные фекальные пеллеты, состоящие из остатков множества индивидуумов, характерны для более крупного, чем конодонты хищника, способного выбрать и потребить несколько жертв за один раз. Остатки таких организмов отсутствуют в кремнях бурубайтальской свиты, но их существование в пелагических сообществах Казахстана, несомненно. Наиболее вероятно, что таким хищниками были цефалоподы.

Хищник, продуцирующий эти пеллеты, вряд ли проявлял столь высокую степень селективности при выборе свободно плавающих жертв, предпочитая конодонтов одного вида и одного возраста. Скорее всего, для конодонты обитали или регулярно объединялись в когорты особей одного поколения. Обитания в когортах характерно для современных мелких, активно передвигающихся рыб. Менее активно передвигающиеся, чем рыбы морфо-экологические аналоги конодонтов — хетогнаты ведут индивидуальный образ жизни, но объединяются по поколениям и видам в суточных и сезонных вертикальных миграциях. Такой образ жизни наиболее вероятен и для пелагических конодонтов.

## Глава VII. Классификация и систематические описания конодонтов

Приводится современная надродовая систематика конодонтов. Рассматриваются способы обозначения конодонтовых элементов, среди которых широко используемыми являются две описательные классификации, в том числе описательная официально рекомендованная в Третизе (Clark et al., 1981; Sweet, 1988), и три позиционные — «PMS» (Sweet, Schonlaub 1975; Sweet, 1988) и буквенные классификации (Jeppsson, 1971; Barnes et al., 1979; Sansom et al., 1994).

Коллекции конодонтов, которые легли в основу данной работы ранее были опубликованы только частично. Здесь приводятся описания наиболее значимых видов конодонтов, чья точная идентификация необходима для стратиграфических и биогеографических построений. В том числе описаны три новых рода и семь новых вида. Описания родов и входящих в них видов приводятся в алфавитном порядке.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленной работе на основе комплексного анализа ранее малоизученной конодонтовой фауны северо-западной части Восточно-Европейской платформы и палеозоид Центрально-Азиатского пояса (Казахстана, Северной Киргизии и Горного Алтая) осуществлено детальное биостратиграфическое расчленение ордовикских отложений. Местная зональная шкала восточной части Балтоскандийского палеобассейна (Ленинградская область) включает 21 зональное подразделение, шкала центральной части платформы – 7 интервал-зон от среднего до верхнего ордовика. Для

Центрального Казахстана разработана провинциальная зональная шкала из 13 подразделений для кремнистых глубоководных отложений и последовательность из 11 слоев с фауной для карбонатных мелководных отложений. Региональные подразделения северо-западной части Восточно-Европейской платформы, выделенные по бентосным группам фауны и литологическим маркерам, обоснованы конодонтами.

Выявлено таксономическое разнообразие конодонтовых комплексов ордовика Ленинградской и Ярославской области, Юго-Восточного Беломорья и о. Колгуев. Охарактеризована фауна из относительно мелководных карбонатных пород палеозоид Казахстана, Севернй Киргизии и Горного Алтая. Принципиально расширены представления о глубоководных фаунах из кремнистых отложений Казахстана. Показано, что таксономическое разнообразие мелководноморских конодонтовых фаун не принципиально превышает разнообразие открытоморских пелагических фаун, изученных в кремнистых отложениях Казахстана.

Биогеографическое районирование ордовика Восточно-Европейской платформы и западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса по конодонтам проводилось на основе анализа мелководных неритовых форм без учета пелагических видов. Такой подход стал возможен в связи с распознанием комплексов конодонтов океанической биогеографической области. Последняя была типизирована конодонтовой фауной из кремнистых пелагических отложений Казахстана, представленной видами широкого географического распространения, которые встречаются в окраинных фациях всех известных палеоконтинентов.

Для платформы помимо хорошо известной Балто-Скандинавской биогеографической провинции Балтоскандийского палеобассейна выделена тепловодная Тимано-Североуральская провинция, ограниченная территорией Тимано-Печорского региона и Полярного Урала. На протяжении ордовика по мере продвижения палеоконтинента Балтика к северу южная граница Тимано-Североуральской провинции смещалась к югу, захватывая Юго-Восточное Беломорье в начале среднего ордовика и Московскую синеклизу в верхней части этого века. Мелководная фауна южной части восточной окраины платформы на протяжении всего ордовика несет черты Северо-Атлантической провинции. Конодонтовые фауны Казахстана, Северной Киргизии и Горного Алтая близки в фауне Восточной Гондваны и выделены в отдельную Западно-Азиатскую биогеографическую провинцию Австрало-Азиатской надпровинции.

Обоснованы современные представления об экстремально теплых климатических условиях в позднем кембрии и раннем ордовике и постепенном похолодании к хирнантскому веку. На основании изучения состава и строения глубоководных отложений доказано, что позднекембрийские и ранненордовикские тепловодные океанические бассейны характеризовались пониженной циркуляцией водных масс и широким развитием бескислородных обстановок. Это же время отмечалось слабо выраженным градиентом в гамма-разнообразии конодонтовых фаун от высоких к низким широтам, общим высоким уровнем альфа-разнообразия на всех палеоширотах и низким, по сравнению с последующими этапами ордовика, содержанием эндемичных форм. Насыщение кислородом донных вод, связанное с установлением циркуляционной системы и похолоданием, началось раньше, чем предполагалось, уже в ранней трети флоского яруса (с зоны *Prioniodus elegans*).

Впервые обосновано предположение, что, по крайней мере, некоторые пелагические ордовикские конодонты были плотоядными организмами, питаясь мелкими членистоногими и молодью других видов. Конодонты, вероятно, включались в сложные пищевые цепочки с селективным выеданием популяций по размеру (=возрасту) особей.

## Приложение

В Приложении приводятся 88 фототаблиц с конодонтами, которые сгруппированы по отдельным изученным местонахождениям Восточно-Европейской платформы и палеозоид Казахстана.

<u>Статьи по теме диссертации в журналах перечня ВАК и иностранных журналах, имеющих индекс цитируемости</u>

- 1. **Tolmacheva T.Yu.,** Löfgren A. Morphology and paleogeography of the Ordovician conodont *Paracordylodus gracilis* Lindström, 1955: comparison of two populations // *Journal of Paleontology*. 2000. V.74. № 6. P. 1114–1121.
- 2. **Tolmacheva T.Yu.**, Koren T.N., Holmer L.E., Popov L.E., Raevskaya E. The Hunneberg Stage (Ordovician) in the area east of St. Petersburg, north-western Russia // *Paläontologische Zeitschrift*. 2001. V.74. № 4. P. 543–561.
- 3. **Tolmacheva T.Yu.,** Egerquist E., Meidla T., Holmer L. Spatial variations in faunal composition, Middle Ordovician, Volkhov Stage, East Baltic // Geologiska Fureningen i Stockholm. 2001. 123. C. 65–72.
- 4. **Tolmacheva T.Yu.,** Fedorov P. The Ordovician Billingen/Volkhov boundary interval (Arenig) at Lava River, north-western Russia // Norsk Geologisk Tidsskrift. 2001. V. 81. P. 161–168.
- 5. **Tolmacheva T.Yu.**, Danelian T., Popov L. Evidence for 15 million years of continuous deep-sea biogenic sedimentation in early Palaeozoic oceans // *Geology*. 2001. V. 29. № 8. P. 755–758.
- 6. **Tolmacheva T.Yu.**, Purnell M. Apparatus composition, growth, and survivorship of the Lower Ordovician conodont *Paracordylodus gracilis* Lindström, 1955 // *Palaeontology*, 2002. V. 45. № 2. P. 209–228.
- 7. **Tolmacheva T.Yu.**, Fedorov P., Egerquist E. Conodonts and brachiopods from the Volkhov Stage (Lower Ordovician) microbial mud mound at Putilovo Quarry, northwestern Russia // *Bulletin of the Geological Society of Denmark.* 2003. V. 50. P. 63–74.
- 8. **Tolmacheva T.,** Egerquist E., Meidla T., Tinn O., Holmer L. Faunal composition and dynamics in the Lower-Middle Ordovician of the East Baltic // *Geological Magazine*. 2003. V. 140. № 1. P. 31–44.
- 9. **Tolmacheva T.,** Popov L., Gogin I., Holmer L. Conodont biostratigraphy and faunal assemblages in radiolarian ribbon-banded cherts of the Burubaital Formation, West Balkhash Region, Kazakhstan // *Geological Magazine*, 2004. V. 141. № 6. P. 699–715.
- 10. **Tolmacheva T.Yu.** Apparatus of the conodont *Scolopodus striatus* Pander, 1856 and a revaluation of Pander's species of *Scolopodus // Acta Palaeontologica Polonica*. 2006. 51 (2). P. 247–260.
- 11. **Tolmacheva T.Yu.,** Roberts D. New data on Upper Ordovician conodonts from the Trondheim Region, Central Norwegian Caledonides // Norges geologiske undersøkelse Bulletin. 2007. V. 447. P. 5–15.
- 12. **Tolmacheva T.Yu.**, Degtyarev K.E., Samuelsson J., Holmer L.E. Middle Cambrian to Lower Ordovician faunas from the Chingiz Mountain Range, Central Kazakhstan // *Alcheringa*. 2008. V. 32. P. 447–467.
- 13. **Tolmacheva T.Yu.**, Degtyarev K.E., Ryazantzev A.V., Nikitina O.I. Conodonts from the Upper Ordovician siliceous rocks of Central Kazakhstan // *Paleontological Journal*. 2009. V. 43. № 11. p. 1498–1512.
- 14. **Tolmacheva T.Yu.**, Abaimova G.P. Late Cambrian and Early Ordovician conodonts from the Kulumbe River section, northwest Siberian Platform // Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists. V. 37. 2009. P. 427–451.
- 15. **Толмачева Т.Ю.**, Кузнецов Н.Б., Шишкин М.А. Новая фауна конодонтов среднего ордовика Полярного Урала (ср. теч. Лек-Елец) // Бюлл. МОИП. 2011. Т. 86. Вып. 4. С. 19–30.
- 16. **Толмачева Т.Ю.**, Дегтярев К.Е. Конденсированные кремнистые отложения позднекембрийского раннеордовикского океанического бассейна в Ирадырской зоне (Северный Казахстан) // Доклады РАН. 2012, том 444, № 4, с. 1–7
- 17. **Толмачева Т.Ю.** Новый представитель конодонтов из среднего ордовика Центрального Казахстана, Киргизии и Алтая // Палеонтологический журнал. 2013. № 2. С. 55–59.
- 18. **Толмачева Т.Ю.,** Алексеев А.С., Реймерс А.Н. Конодонты из ксенолитов кимберлитовых трубок Юго-Восточного Беломорья (Архангельская область): ключ к реконструкции стратиграфии и палеогеографии Восточно-Европейской платформы в ордовике // Докл. РАН. 2013. Т. 451. № 1. С. 68–72.

- 19. **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, Геологическая корреляция. Т. 21. № 4. С. 52–77.
- 20. Корень Т.Н., **Толмачева Т.Ю.** Новые данные по биостратиграфическому обоснованию схемы расчленения нижнего и среднего ордовика Ленинградской области (граптолиты, конодонты) // *Региональная геология и металлогения*. 2004. № 20. С. 84–93.
- 21. Löfgren A., **Tolmacheva T.** Taxonomy and distribution of the Ordovician conodont *Drepanodus arcuatus* Pander, 1856, and related species // *Paläontologische Zeitschrift*. 2003. V. 77. N 1. P. 203–221.
- 22. Nestell G. P., **Tolmacheva T.Yu.** Early Ordovician foraminifers from the Lava River Section, northwestern Russia // *Micropaleontology*. 2004. V. 50. N. 3. P. 253–280.
- 23. Koren T., Gorshenina V., **Tolmacheva T.** Volkhov graptolites from the Lower-Middle Ordovician boundary beds of the St. Petersburg region Russia // *Paläontologische Zeitschrift*. 2004. V. 78. № 1. P. 195–212.
- 24. Löfgren A., **Tolmacheva T.** Morphology, evolution and stratigraphic distribution in the Middle Ordovician genus *Microzarkodina // Transactions of the Royal Society of Edinburgh.* 2008. V. 99. P. 27–48.
- 25. Dronov A.V., Kanygin A.V., Timokhin A.V., **Tolmacheva T.Yu.**, Gonta T.V. Correlation of Eustatic and Biotic Events in the Ordovician Paleobasins of the Siberian and Russian Platforms // *Paleontological Journal*. 2009. V. 43. № 11. P. 1477–1497.
- 26. Мельникова Л.М., **Толмачева Т.Ю.**, Ушатинская Г.Т. Находки тремадокских остракод в кремнистых породах Казахстана // *Палеонтологический журнал*. 2010. No. 1. P. 34–37.
- 27. Kanygin A.V., Koren T.N., Yadrenkina A.G., Timokhin A.V., Sychev O.V., **Tol-macheva**, **T.Yu**. Ordovician of the Siberian Platform // Finney S.C., Berry W.B.N. (eds.). The Ordovician Earth System: *Geological Society of America Special Paper*. 2010. № 466. P. 105–117.
- 28. Danelian T., Popov L., **Tolmacheva T.**, Ghobadi Pour M., Neyevin A., Mikolaichuk A., Ordovician radiolaria and conodonts from the peri-Gondwanan Karatau-Naryn microplate (Sarydzhaz, eastern Kyrgyzstan) // *Geobios*. 2011. V. 44. P. 587–599.
- 29. Ghobadi Pour M., Mohibullah M., Williams M., Popov L.d E., **Tolmacheva T.Yu.**New, early ostracods from the Ordovician (Tremadocian) of Iran: . biogeographical and palaeoecological significance // *Alcheringa: An Australasian Journal of Paleontology*. 2011. V. 35. P. 517–529.
- 30. Дегтярев К.Е., **Толмачева Т.Ю.,** Рязанцев А.В., Третьяков А.А., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Яковлева С.З. Строение, обоснование возраста и тектоническая позиция нижне-среднеордовикских вулканогенно-осадочных и плутонических комплексов западной части Киргизского хребта (Северный Тянь-Шань) // Стратиграфия, геологическая корреляция. 2012. Т. 20. № 4. С. 3–32
- 31. Сенников Н.В., **Толмачева Т.Ю.,** Изох Н.Г., Обут О.Т. О положении границы кембрия и ордовика на Горном Алтае// Докл. РАН. 2013 (в печати).

### Прочие публикации

- **Tolmacheva T.Yu**. Autochthonous and allochthonous components in the Billingenian conodont assemblages of the East Baltic // Proceeding papers of the WOGOGOB-94 Symposium, *Rapport of Denmarks Geologiske Undersogelse*. 1997. P. 117–122.
- Дронов, А.В., Корень Т.Н., Попов Л.Е. и **Толмачева Т.Ю.** // Методика событийной стратиграфии в обосновании корреляции региональных стратонов на примере нижнего ордовика северо-запада России. СПб: Изд-во (ВСЕГЕИ), 1998. 88 с.
- Tolmacheva T., Holmer L.E., Dronov, A.V., Egerquist E., Fedorov, P., Popov L.E. Early Ordovician (Hunneberg-Volkhov) facial and faunal changes in the East Baltic // Quo vadis Ordovician. Short papers of the 8<sup>th</sup> International Symposium on the Ordovician System. Prague, June 20-25. 1999. P. 467–471.

- **Толмачева** Т.Ю. События позднего кембрия раннего ордовика // Использование событийно-стратиграфических уровней для межрегиональной корреляции фанерозоя России. Ред. Корень Т.Н. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ. 2000. С. 27–35.
- **Толмачева Т.Ю.**, Федоров П.В. Распределение конодонтов в отложениях центрального «Геккерова горба» Путиловского карьера // Стратиграфические и фациальные методы изучения фанерозоя. Ученые записки кафедры исторической геологии. Под ред. В.А. Прозоровского. Вып. 1. 2000. С. 38–43.
- **Толмачева Т.Ю.** Первые данные по распределению конодонтов в разрезе Мишиной Горы // *Ордовикское плато*. К 100-летнему юбилею В.П. Асаткина. 2004. С. 35–40.
- **Толмачева Т.Ю.** Конодонтовые сообщества нижнего и среднего ордовика Центрального Казахстана: попытка палеоэкологических построений. Тезисы докладов XLIX сессии палеонтологического общества, апрель 2004. С. 34-36.
- Дегтярев К.Е., **Толмачева Т.Ю.** Косые сдвиги и их роль в нарушении латерального ряда структур раннепалеозойской Чингизской островодужной системы (Восточный Казахстан) // Очерки по региональной тектоники. Т. 2. Казахстан, Тянь-Шань, Полярный Урал. Тр. ГИН РАН; Вып. 561. М.: Наука, 2005. С. 40—68.
- **Толмачева Т.Ю.** Пелагические конодонты ордовика, их образ жизни и трофические взаимоотношения. // Эволюция биосферы и биоразнообразия. К 70-летию А.Ю. Розанова. М: Т-во научных изданий КМК, 2006. С. 297-306.
- Корень Т.Н., **Толмачева Т.Ю.,** Соболевская Р.Ф., Раевская Е.Г., Обут О.Т. Ордовиксая система // Зональная стратиграфия фанерозоя России / Ред. Т.Н. Корень. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ. 2006. С. 31–47.
- **Tolmacheva T.Yu.** Pander's conodonts: re-evaluation of species from the type area // Abstracts of the I International conodont Symposium, August 2006. Leicester. P. 34.
- **Tolmacheva T.Yu.** Ordovician conodonts in pelagic trophic webs: aspects of behaviour and predation strategies // Abstracts of the I International conodont Symposium, August 2006. Leicester. P. 34–35.
- Ryazantsev A.V., **Tolmacheva T.Yu.**, Nikitina O.I. Ophiolite, volcanic arc and continental rift assemblages of the Chu-Ili Mountain Range in Central Kazakhstan // The Global Ordovician and Silurian, proceedings. *Acta Palaeontologica Sinica*. 2007. V. 46. P. 429–433.
- **Толмачева Т.Ю.,** Рязанцев А.В., Никитина О.И. Отложения низкотемпературных баритовых источников в кремнисто-терригенных толщах верхнего кембрия нижнего ордовика Центрального Казахстана // Эндогенное оруденение в подвижных поясах. Материалы международной научной конференции (XIII чтения памяти А.Н. Заварицкого, 10–14 сентября. 2007. Р. 69–71.
- **Tolmacheva T.Yu.,** Kosteva N.N., Tebenkov A.M. Conodonts from the Ordovician of Spitsbergen // NGF Abstracts and Proceedings of the Geological Society of Norway. The Arctic Conference Days. 2007. P. 306.
- **Толмачева Т.Ю.,** Дронов А.В. Нижняя граница верхнего ордовика на Восточно-Европейской и Сибирской платформах // Богданова Т.Н., Крымгольц Н.Г. (ред.) *Геобиосферные события и история органического мира*. Тезисы докладов LIV сессии Палеонтологического общества при РАН. 7-11 апреля 2008 г. СПБ: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. С. 174–175.
- Корень Т.Н., **Толмачева Т.Ю.** Ордовикская система. // Постановления МСК и его постоянных комиссий, ред. А.И. Жамойда. СПб: ВСЕГЕИ, 2008. Вып. 38. 131 с
- **Tolmacheva T.Yu.**, Alekseev A.V. Reimers A. Conodonts in kimberlite xenoliths from the Arkhangelsk region: key to stratigraphy of the lost Ordovician in northern Baltica // Abstracts. The 7<sup>th</sup> Baltic Stratigraphic Conference. 2008. P. 70.
- **Толмачева Т.Ю.** Скрытое биоразнообразие конодонтов ордовика северной окраины Восточно-Европейской платформы (о. Колгуев, Архангельская область). *Палеонтология, палеобиогеография и палеоэкология*. Тезисы докладов LVI сессии палеонтологического общества. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2010. С.114.
- **Толмачева Т.Ю.,** Рязанцев А.В., Никитина О.И. Дегтярев К.Е. Кремнистые толщи верхнего кембрия среднего ордовика юго-западного Прибалхашья (Центральный Казахстан) как отражение истории палеоазиатского бассейна // Гео-

динамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса от океана к континенту. Материалы научного совещания по программе фундаментальных исследований ОНЗ РАН. 14-17 октября 2010. Вып. 8. 2010. С. 113—115.

**Толмачева Т.Ю.,** Рязанцев А.В., Белова А.А. Конодонты позднего ордовика Южного Урала и их значение для палеогеографии. Палеострат-2011, тезисы доклада секции палеонтологии МОИП и Московского отделения Палеонтологического

общества Москва, 24–26 января 2011 г. С. 67–69.

**Tolmacheva T.Yu.,** Degtyarev K.E., Popov L.E., Ryazantsev A.V., Kotov A.B., Aleksandrov P.A. The Lower to Middle Ordovician conodont biostratigraphy of Northern Tian Shan (western part of the Kirgyz range), Kyrgyzstan // Ordovician of the World: 11th International Symposium on the Ordovician System. Alcalá de Henares, Spain, May 9-13, 2011. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 2011. P. 553–559.

- **Толмачева Т.Ю.** Ордовик Калининградской области: первые данные по обоснованию возраста свит по конодонтам // Тезисы докладов LVII сессии палеонтологического общества. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2011. С. 125–127.
- **Толмачева Т.Ю.**, Дегтярев К.Е., Рязанцев А.В. Палеогеография конодонтов в ордовике Казахстана путь к палеогеографическим реконструкциям Центрально-Азиатского пояса // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса от океана к континенту. Материалы научного совещания по программе фундаментальных исследований ОНЗ РАН. 14-17 октября 2010, Иркутск. Вып. 8. 2011. С. 113–115.
- **Толмачева Т.Ю.,** Рязанцев А.В., Белова А.А. Ордовикские конодонты из каракольмихайловских известняков Сакмаро-Лемвинской зоны Южного Урала // Тезисы ежегодной LVIII сессии ВПО. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. С. 148–150.
- **Толмачева Т.Ю.**, Дегтярев К.Е., Рязанцев А.В., Никитина О.И. Биостратиграфические шкалы по конодонтам для верхнего кембрия и ордовика Казахстана // Тезисы ежегодной палеонтология LVIII сессии ВПО. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. С. 146–148.
- 2012. С. 146–148. Толмачева Т.Ю. Биогеографические особенности ордовикских конодонтов Восточно-Европейской платформы и западной части Центрально-Азиатского пояса и их значение для палеогеографических построений // ПАЛЕОСТРАТ-2012. Годичное собрание секции палеонтологии МОИП и Московского отделения Палеонтологического общества при РАН. Москва, Программа и тезисы докладов. Алексеев А.С. (ред.). М.: Палеонтологический ин-т, 2012. С. 71–72.
- **Tolmacheva T.Yu.** Conodonts as a tool for dating and correlation of the Ordovician in the East European Platform: problems and potentials // 34th International Geological Congress August 2012 Brisbane Australia

Congress, August 2012, Brisbane, Australia. **Tolmacheva T.Yu.,** Degtyarev K.E., Ryasantsev A.V., Popov L.E. Ordovician conodonts of Kazakhstan: affinities and biogeographic signatures // 34th International Geological Congress. August 2012, Brisbane, Australia

cal Congress, August 2012, Brisbane, Australia.

**Толмачева Т.Ю.**, Дегтярев К.Е., Рязанцев А.В., Никитина О.И. Биогеографические особенности конодонтов из раннеордовикских известняков маматской свиты Чингиз-Тарбагатайской зоны Восточного Казахстана // Палеозой России: региональная стратиграфия, палеонтология, гео- и биособытия. Материалы III Всероссийского совещания, 24—28 сентября 2012 г. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. С. 238–240.