

ПРОБЛЕМЫ ЗАРОЖДЕНИЯ И ЭВОЛЮЦИИ БИОСФЕРЫ

**Допланетная стадия развития
Солнечной системы**



**Реконструкция химических и геологических
условий на ранней Земле**



**Теоретические и экспериментальные
исследования
предбиологических химических систем**



**События и факторы
эволюции биосферы**

Под редакцией
академика Э. М. Галимова

Совет Подпрограммы 1
Программы № 28 Президиума РАН
«Проблемы происхождения жизни
и становления биосферы»



Проблемы зарождения и эволюции биосферы: Допланетная стадия развития Солнечной системы. Реконструкция химических и геологических условий на ранней Земле. Теоретические и экспериментальные исследования предбиологических химических систем. События и факторы эволюции биосферы / Под ред. Э. М. Галимова.
М.: КРАСАНД, 2013. — 640 с.

Настоящая книга является продолжением коллективной монографии «Проблемы зарождения и эволюции биосферы», опубликованной в издательстве URSS в 2008 г. Представленные в ней работы являются продолжением исследований, проводившихся ранее по одноименной программе Президиума РАН. Сборник объединяет результаты исследований ученых, работающих в разных областях, использующих разные подходы, но связанных общим интересом к проблеме происхождения и эволюции жизни.

Опыт исследования одной из фундаментальных проблем естествознания — проблемы происхождения жизни — объединенными усилиями специалистов в области геохимии, физики, химии, биологии и математики, является уникальным. Полученные результаты и высказанные идеи будут интересны широкому кругу научных работников разного профиля и студентов.

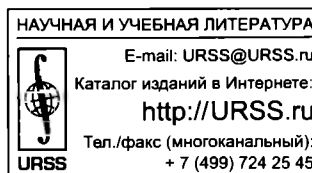
Издательство «КРАСАНД». 117335, Москва, Нахимовский пр-т, 56.
Формат 60×84/8. Печ. л. 80. Зак. № 1908

Отпечатано в ООО «Чебоксарская типография №1». 428019, г. Чебоксары, пр-т. И. Яковлева, 15.

ISBN 978-5-396-00499-3

© Российская академия наук, 2012
© КРАСАНД, 2012

11624 ID 168976



НОВЫЕ ПОДХОДЫ К РАСШИФРОВКЕ РАЗВИТИЯ ПАЛЕОЭКОСИСТЕМ ФАНЕРОЗОЯ БОРЕАЛЬНОГО ПОЯСА

Ю. Б. Гладенков, В. А. Захаров, В. Г. Ганелин, А. Ю. Гладенков,
А. В. Дронов, О. А. Корчагин, М. А. Рогов

Геологический институт РАН.
gladenkov@ginras.ru

Стратиграфические исследования последних лет позволили подойти не только к детальному расчленению древних толщ отдельных палеоэкосистем, но и к расшифровке биотических и абиотических событий прошлого. Предметом специального внимания в данном случае служили данные по морским экосистемам фанерозоя бореальных областей.

Введение

В последнее время уделяется особое внимание детальному изучению отдельных палеоэкосистем, на основе чего только и можно делать достоверные выводы об особенностях эволюции палеобиосферного поля в целом. Проведенные в последние годы исследования по палеоэкосистемной тематике дали возможность получить новые данные, позволяющие взглянуть на разные аспекты эволюции морских экосистем с современных позиций. Важным представляется то, что приводимые ниже материалы являются не только самыми «свежими» по этим направлениям, но и основанными на оригинальных данных. Хотя они поднимают разные вопросы и освещают их с различной детальностью, они указывают на многообразие проблем, встающих при изучении особенностей развития экосистем прошлого. Кроме того, в них отражается стремление уйти от прямолинейных построений прошлых лет, когда часто использовались модные или устоявшиеся модели, не всегда опирающиеся на конкретные материалы.

В основе приводимых ниже материалов лежат детальные стратиграфические данные, собранные в разных областях и в различном возрастном диапазоне. Именно они позволяют судить об абиотических и биотических событиях прошлого и реконструировать палеогеографические обстановки. Их расшифровка часто заставляет искать новые подходы к объяснению геологических феноменов, проявившихся в фанерозойских экосистемах Мирового океана, которые могли отличаться по типу строения, степени открытости, влиянию на них тектонических и вулканических процессов и проч.

Ниже мы коснемся только некоторых особенностей морских экосистем прошлого. Одни из них выявлены в системах *палеозойской* биоферы (в качестве примера приведены данные по ордовику Прибалтики и Сибири, а также верхнему палеозою Северо-Востока Азии), другие — в *мезозое* (юра бореальных районов и мел Европы) и *кайнозое* (палеоген и неоген Северной Пацифики). В частности, обращено внимание на проявления эвстатических колебаний и климатических флуктуаций в разных бассейнах, специфику формирования осадков при участии бактериальных сообществ, причины миграций планктонных и бентосных комплексов и т. п. Авторство отдельных разделов отражено ниже. При этом, каждый автор был вправе сделать упор на «свои» наиболее актуальные вопросы и выбрать наиболее удобный стиль изложения.

Перед изложением тематического материала еще раз напомним, что в его основе лежат исследования, связанные с совершенствованием стратиграфического каркаса и региональных стратиграфических схем. В результате проведенных работ последних лет достигнута существенная детализация расчленения древних отложений по всей стратиграфической колонке фанерозоя. Исследования по этой тематике проводились как в палеозое (по верхнему кембрию Урала и Казахстана, ордовика Сибири, карбону Северо-Востока), так и в мезозое и кайнозое (по триасу Северной Сибири и Китая, юрской и меловой системам арктических и бореальных областей, меловой системе Тетиса, палеогену и неогену Северной Пацифики). Установленные в результате отдаленной корреляции интервалы одновременных событий позволили провести сравнительный анализ динамики формирования разных морских экосистем — от шельфовых до глубоководных, охарактеризованных разнообразными группами организмов: бентосных (двустворчатых моллюсков, гастропод, брахиопод, фораминифер); семипелагических моллюсков (аммонитов и белемитов); планктонных (полухордовых — конодонтов и одноклеточных — радиолярий и диатомовых). Во многих случаях от ярусного расчленения удалось перейти не только к зональному, но и инфразональному: биогоризонтам по аммонитам в верхней юре, прослеженным от Поволжья до севера Восточной Сибири, зонам и слоям с макро- и микрофауной, выделенным в кайнозое Японско-Сахалинской и Камчатско-Калифорнийской областей. Именно детальная корреляция осадочных толщ позволила восстановить кратковременные события в экосистемах (с длительностью от 2,0 до 0,1 млн лет) на существенно более корректной, чем раньше, основе.

Ниже дается характеристика отдельным экосистемам в рамках палеозойской, мезозойской и кайнозойской биосфер.

1. Палеозойская биосфера

1.1. Великая ордовикская биодиверсификация и абиотические события (А. В. Дронов)

В эволюции палеозойской биосферы ордовикский период играет особую роль. Это время «Великой ордовикской биодиверсификации», когда поя-

вились практически все типы современных животных, а к концу ордовикского периода приурочено одно из пяти крупнейших массовых вымираний в истории Земли. Эти важнейшие события в эволюции морских экосистем фанерозоя и те абиотические факторы, которые сопровождали их возникновение, являются предметом усиленного изучения на протяжении последних 15 лет. На их всестороннее исследование был направлен ряд Международных проектов IGCP.

Ордовикские отложения широко распространены на территории России. Особенно это касается эпиконтинентальных морей Русской и Сибирской платформ. В последние годы там были проведены комплексные исследования по особенностям изменения биоты и осадконакопления. Основное внимание было уделено выявлению следов эвстатических колебаний уровня моря, климатических изменений и изменений интенсивности вулканизма, которые, как считается, были в числе ведущих абиотических факторов, оказавших влияние на эволюцию биоты (Дронов, 2009; Harper, 2011).

По распространению региональных несогласий и характеру распределения фаций в опорных разрезах ордовика Сибирской платформы были выявлены крупные осадочные циклиты (осадочные секвенции), отвечающие относительным колебаниям уровня моря продолжительностью 1–9 млн лет (Дронов *et al.*, 2009; Kanygin *et al.*, 2010). Эти секвенции достаточно хорошо коррелируются с осадочными секвенциями других регионов, хотя при сопоставлении кривых относительных колебаний уровня моря, построенных для ордовика Сибирской и Русской платформ, выявились определенные противоречия. Из проведенного анализа следует важный вывод о том, что предпринимающиеся сейчас попытки построения глобальных кривых эвстатических колебаний уровня моря не всегда корректны. Глобальные эвстатические колебания уровня Мирового океана безусловно существуют, особенно гляциоэвстатические, но они накладываются на региональные эпейрогенические движения, которые могут их усиливать или затушевывать (рис. 1). Проведенный сравнительный анализ характера изменения осадконакопления в ордовике на Русской и Сибирской платформах продемонстрировал существенную их разнонаправленность. На Русской платформе песчаники («Нубийские фации»), по выработке А. Зейлахера) сменяются в разрезе холод-

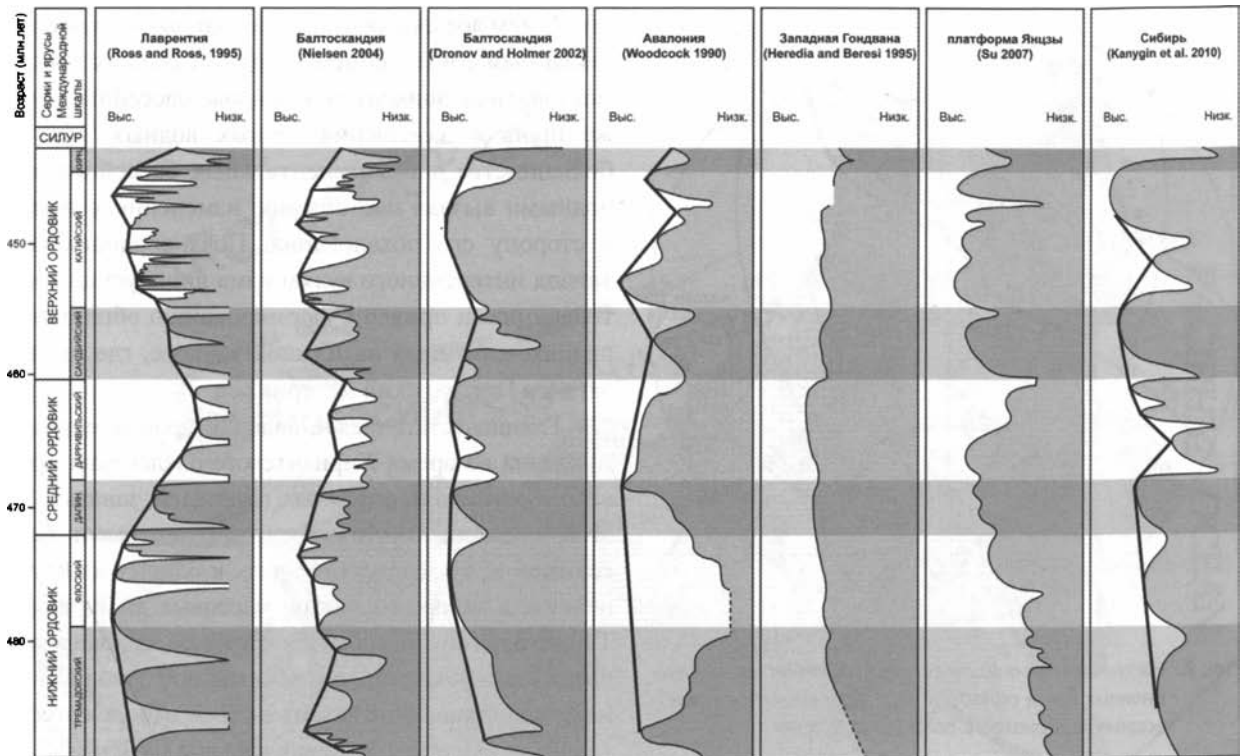


Рис. 1. Кривые эвстатических колебаний уровня моря в ордовике, реконструированные для различных палеоконтинентов

новодными карбонатами, а далее тепловодными карбонатами (Bergström et al., 2009). Это является отражением быстрой миграции Балтийского палеоконтинента из приполярных широт Южного полушария в приэкваториальные (Dronov, Rozhnov, 2007). В это же время Сибирский палеоконтинент находился в приэкваториальной зоне, как и Северо-Американская платформа (Ettensohn, 2010).

Распространение «Нубийских фаций» на Сибирской платформе (Байкитские песчаники) сопровождается появлением характерных для ордовика Гондваны ихнофоссилий. Об этом свидетельствует уникальная находка в Байкитских песчаниках следов гигантских трилобитов *Rusophycus*, отмечавшихся ранее только на палеоматериках Гондванской группы (Kushlina, Dronov, 2011). Выявление широкого распространения холодноводных карбонатов в верхнем ордовике Сибирской платформы является одним из наиболее значимых открытий последних лет. Оно позволяет совсем под иным углом зрения взглянуть на закономерности развития биоты в течение ордовикского периода. Дело в том, что на тот момент, когда Дж. Сепкоски в середине 1980-х годов сформулировал свои идеи о динамике таксономического разнообразия биоты в течение фанерозоя и выявил резкое возрастание

этого разнообразия в течение ордовика («Событие Великой ордовикской биодиверсификации»), а также его резкое сокращение на границе ордовика и силура в результате одного из величайших массовых вымираний в истории Земли, изучение обстановок седиментации и, соответственно, условий обитания соответствующей биоты находилось еще в зачаточном состоянии.

Конечно, эти явления коррелировать пока можно только условно. Но нельзя забывать, что в позднем ордовике (время максимального таксономического разнообразия в нижнем палеозое) практически во всех крупнейших осадочных бассейнах всех континентов, за одним исключением (Балтика), отлагались холодноводные карбонаты (рис. 2). Тем самым, пик таксономического разнообразия совпадает с пиком распространения холодноводных карбонатов на планете. Это заставляет предполагать, что физической (абиотической) основой события Великой ордовикской биодиверсификации, является событие быстрой экспансии холодноводных обстановок осадконакопления в эпиконтинентальные моря, ранее занятые тепловодными карбонатами и эвапоритами. Резкое увеличение скорости видообразования, возможно, связано с резким расширением



Рис. 2. Расположение основных палеоконтинентов, субдукционных зон и областей распространения холодноводных карбонатов в позднем ордовике

ареалов обитания, доступных для холодноводной биоты.

Еще одной гипотезой является оценка влияния вулканизма на изменение климата в силуре. Материалы последних лет свидетельствуют о том, что Таконская и Енисейская вулканические дуги того времени, возможно, составляли единую систему, располагаясь на активной континентальной окраине двух континентов (Сибирского и Северо-Американского) (рис. 2). Беспрецедентная по масштабу активность Таконской вулканической дуги в позднем ордовике, свидетельством которой являются многочисленные прослои пепла, обнаруженные в соответствующих отложениях Северной Америки и Европы, давно уже рассматривается в качестве свидетельства влияния вулканических извержений на произошедшие в это время глобальные климатические изменения. Считается, что именно возрастание интенсивности вулканических извержений в конце ордовика могло привести к глобальному похолоданию, завершившемуся Хирнантским оледенением (Herrmann et al., 2010; Keller, Lehnert, 2010, Дронов, 2011).

Из вышеприведенных предположений следует, что резкое увеличение таксономического разнообразия биоты в среднем и позднем ордовике, получившее название «Великой ордовикской биодиверсификации», было, возможно, вызвано резким рас-

ширением ареалов обитания холодноводной биоты, связанным с внедрением холодных водных масс в мелководные эпиконтинентальные бассейны. Этот же процесс замещения теплых водных масс в большинстве эпиконтинентальных бассейнов холодными вызвал постепенное изменение климата в сторону его похолодания. Позднеордовикский эпизод интенсивного вулканизма лишь усилил эту тенденцию и привел к формированию обширного ледникового щита на Южном полюсе, где располагался Гондванский материк.

Гляциостатическое падение уровня мирового океана во время Хирнантского оледенения привело к осушению огромных площадей, занятых до этого мелководными эпиконтинентальными бассейнами и, как следствие этого, к одному из крупнейших в истории планеты массовых вымираний. Таким образом, и событие «Великой ордовикской биодиверсификации», и терминальное ордовикское массовое вымирание имеют в своей основе естественные процессы изменения климата на Земле.

1.2. Особенности позднепалеозойских экосистем морских бассейнов Северо-Востока Азии (В. Г. Ганелин)

На протяжении всего позднепалеозойского этапа на Северо-Востоке Азии существовал крупный морской бассейн общей площадью свыше 2 500 000 км². Совместно с Таймыром эта территория составляет биогеографически и седиментологически целостную систему бассейнов — Таймыро-Колымскую палеогеографическую область, куда относятся также Забайкалье и Северная Монголия. В пределах Северной Евразии с середины ранней перми Таймыро-Колымская, Восточно-Европейская и Западно-Европейская палеобиогеографические области являются составляющими обширной системы пермских бассейнов (Биармийская надобласть), которые обрамляют современную Арктику.

Основные черты палеогеографии, био- и седиментогенеза позднепалеозойских бассейнов Северо-Востока Азии обусловлены деструкцией континентального шельфа, широко проявившейся еще в середине раннего карбона и определившей общий палеогеографический рисунок позднепалеозойской системы бассейнов.

По особенностям седиментогенеза и характера биоты в пределах Северо-Востока Азии выделя-

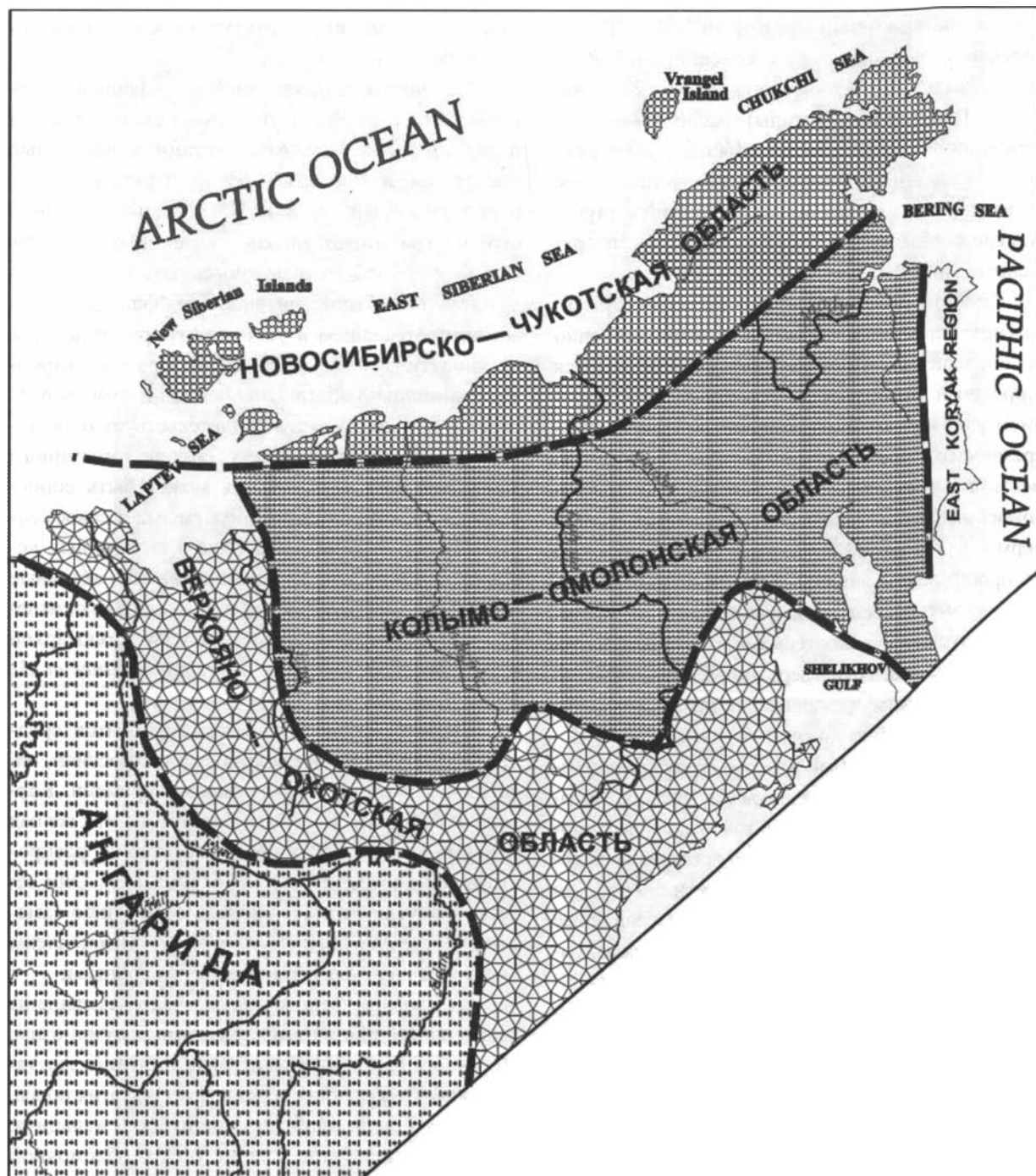


Рис. 3. Схема палеогеографического районирования позднего палеозоя Северо-Востока Азии

ются три палеогеографические области: Верхояно-Охотская, Колымо-Омолонская, Новосибирско-Чукотская (рис. 3). При значительной общности позднепалеозойской биоты имеются определенные различия в характере седиментогенеза этих геохорий, а на отдельных стратиграфических интервалах выявляются и существенные различия в составе бентоса, особенно это касается Новосибирско-Чукотского региона. Особняком в преде-

лах рассматриваемой территории стоит Восточно-Корякская область, характеризующаяся тетическим сообществом фузулинид. Она изучена очень слабо и здесь не рассматривается.

Верхояно-Охотская область представляла собой пассивную окраину материка Ангарида, где накапливались мощные толщи исключительно терригенных осадков, образованных проградирующими конусами выноса крупных рек. Отмечаются два

района наиболее мощной разгрузки — Яно-Инди-гирский и Аян-Юрхский. Новосибирско-Чукотская область отвечает окраинным бассейнам материка Гипербореи (Арктиды). Располагающаяся между ними Колымо-Омолонская область, наиболее удаленная от источников сноса, сочетает в себе мелководные фации срединных поднятий и глубоководные образования обрамляющих их погруженных зон.

Особенностью позднепалеозойского седиментогенеза территории, является преимущественно черносланцевый его характер. Он определяется широким и сплошным по разрезу распространением здесь углеродистых, глинистых, углеродисто-кремнистых, пеплово-кремнистых отложений, местами марганцевоносных, повсеместно сульфидоносных. В интервале среднего карбона — ранней перми в Колымо-Омолонском регионе широко распространен щелочной базитовый магматизм. Отмеченные особенности увязывались с низкотемпературными гидротермами, обусловившими формирование высокоуглеродистых, существенно кремнистых, сульфидоносных осадков, формировавшихся в бассейне эвксинного типа.

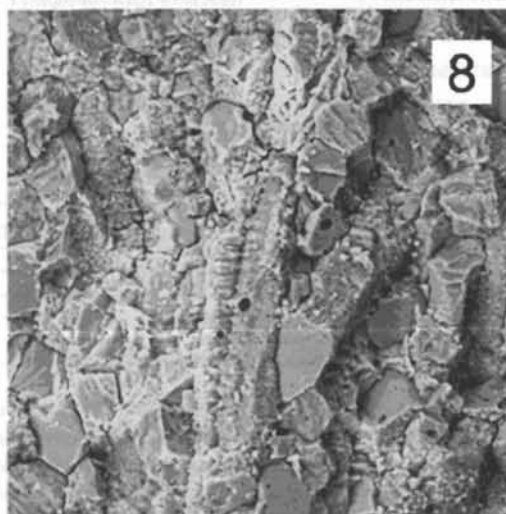
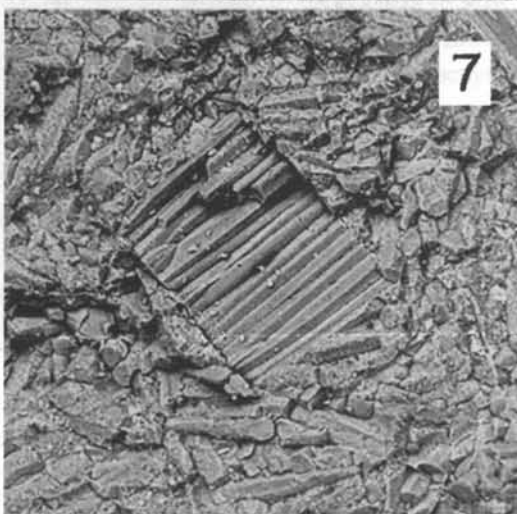
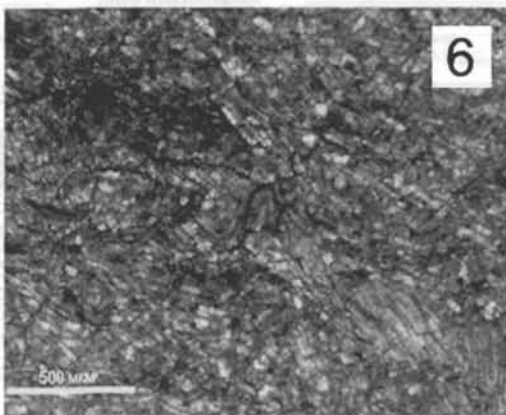
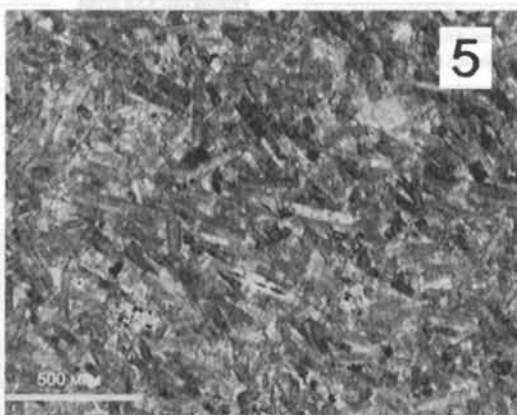
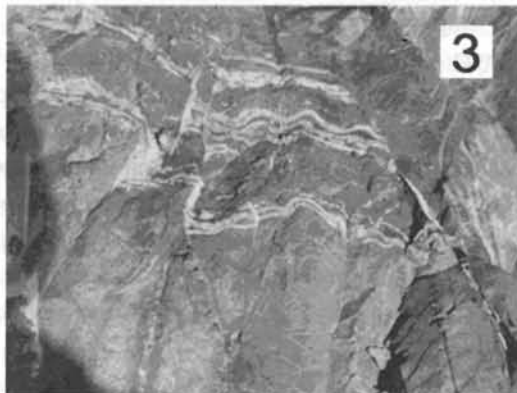
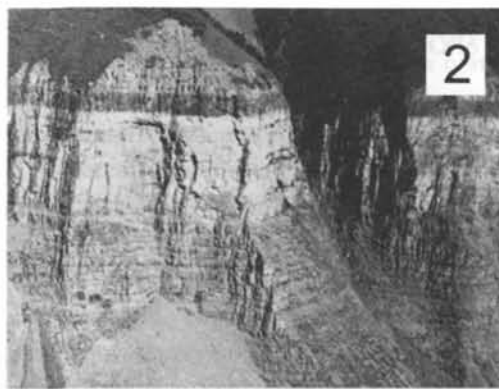
В этой связи особый интерес представляет ассоциация с этими отложениями аутигенных карбонатов. Последние слагают как отдельные биогермы и биостромы внутри черносланцевых серий, так и толщи известняков значительной, до 400 м, мощности, замещающие черносланцевые серии по простиранию и широко распространенные в Колымо-Омолонском и Новосибирско-Чукотском регионах. В пределах мелководных фаций срединных поднятий (Омолонский массив, Приколывье) к этим карбонатам приурочено наибольшее разнообразие раковинного бентоса, что позволяет рассматривать эти карбонатные экосистемы в качестве центров расселения соответствующих сообществ. Изучение изотопии этих пород, их макро-

микро- и ультрамикроструктур позволило выявить их микробиальную природу.

Карбонаты среднего карбона — первой половины ранней перми пользуются незначительным распространением, слагая местами маломощные биостромы и биогермы среди черносланцевых пород (рис. 4, фиг. 4). Б. В. Покровский установил, что породы имеют низкие значения $\delta^{18}\text{O}$ — от 12,5‰ до 15,9‰, что можно связать с предположением о необычно интенсивном флюидном режиме, протекавшем в условиях гидротермальной активности (*Ганелин и др., 2010*). При этом карбонаты аномально обогащены легким изотопом $\delta^{13}\text{C}$ от -9,4 до -26,4 ‰, что свидетельствует о значительном присутствии в их составе биогенного карбоната (рис. 5). Ситуация может быть сопоставлена с процессами, наблюдаемыми в современных осадках Черного моря, где в анаэробных условиях в микробных матах наблюдаются активные процессы сульфатредукции и анаэробного окисления метана, генерируемые деятельностью архей и сульфатредуцирующих бактерий (*Reitner et al., 2005; Леин, Иванов, 2005*).

Широкое распространение карбонатов средней — поздней перми связано с трансгрессией, начавшейся в конце раннепермского времени. Карбонатные корки, биогермы, биостромы, так же как и нормально пластующиеся известняки, распространены повсеместно (рис. 4, фиг. 1–3). Они залегают внутри черносланцевых серий либо замещают последние латерально (рис. 6). Представлены они тонкослоистыми породами, зловонными — с резким запахом сероводорода, часто насыщены тонкодисперсным пиритом, местами битуминозны. Мощность слагаемых ими толщ достигает местами 400 м. Особенности микроструктуры этих пород, сложенных мельчайшими призмочками кальцита, породили ошибочное мнение об их обломочной природе (рис. 4, фиг. 5–6). Считалось, что породы

Рис. 4. Карбонатные породы верхнего палеозоя Северо-Восточной Азии. Фиг. 1-5: 1 — расчлененная кровля биогермов тактайюрхской свиты, верхняя пермь, Сугойская зона, р. Колыма; 2 — известняки омолонской свиты, верхняя пермь, Омолонский массив, руч. Водопадный; 3 — карбонатные корки в кремнисто-глинистых породах рогачевской свиты, верхняя пермь, Омулевское поднятие, р. Таскан (фото И. Л. Ведерникова); 4 — пеплово-карбонатный биогерм ольчинской свиты (C_2), Гижигинская зона, р. Парень; 5 — известняк омолонской свиты, верхняя пермь, зона 13 — *Terrakea korkodonensis*, обр. 1-8/вг-66; шлиф в проходящем свете; × 50, масштабная линейка — 5000 мкм; Омолонский массив, руч. Водопадный; 6 — известняк фолькской свиты, верхняя пермь, лона *Kolymaella ogonerensis*; × 50, обр. № 146/вг-99; Омолонский массив, р. Мунугуджак; 7, 8 — карбонаты в сканирующем микроскопе: 7 — известняк омолонской свиты, общий вид, × 750; скопление карбонатных призмочек, слагающих породу. Обр. № 1-8/вг-66, верхняя пермь, зона 13 — *Terrakea korkodonensis*, Омолонский массив, руч. Водопадный; 8 — тот же образец, × 3000, хорошо выраженная морщинистость поверхности призмочек



SEM MAG: 300 x
HV: 30.0 kV
VAC: HVac
DET: BSE Detector
DATE: 02/09/07
Device: MV2300
200 um
Vega ©Tescan
Digital Microscopy Imaging

SEM MAG: 750 x
HV: 30.0 kV
VAC: HVac
DET: BSE Detector
DATE: 05/18/06
Device: MV2300
100 um
Vega ©Tescan
Digital Microscopy Imaging

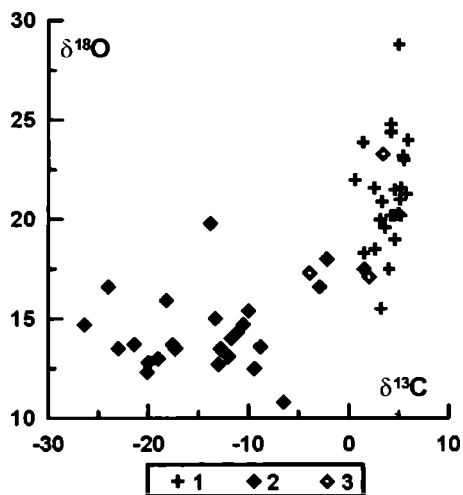


Рис. 5. Соотношение изотопного состава углерода (‰ PDB) и кислорода (‰ SMOW) в верхнепалеозойских карбонатах Колымо-Омолонского бассейна. 1 — нижняя-верхняя пермь; 2, 3 — верхний карбон-нижняя пермь (2 — валовые пробы, 3 — раковины брахиопод); по Б. В. Покровскому (Ганалин и др., 2010)

состоят из дезинтегрированных призм раковинного слоя иноцерамоподобных моллюсков — «колымские известняки». Детальные исследования соответствующих структур с несомненностью показали аутигенность этих пород. Карбонаты обнаруживают хорошо сохранившуюся минерализованную микробиальную структуру (рис. 4, фиг. 7–8; рис. 7). При значительном увеличении в сканирующем микроскопе порода предстает как агрегат микроколоний, представленных призматическими и кубковидными формами. Колонии длиной до 300 мкм и шириной до 30 мкм плотно пригнаны друг к другу при полном отсутствии какого-либо матрикса. Они имеют морщинистую и ноздреватую поверхность, которая облекает минерализованные клетки кокоидной, палочковидной или яйцеобразной формы размером до 2 мкм. Характерна насыщенность тонкодисперсным пиритом, часто фромбоидальным. По поверхности колоний разбросаны поры (газовые вакуоли?) от долей микрона до 3 мкм,

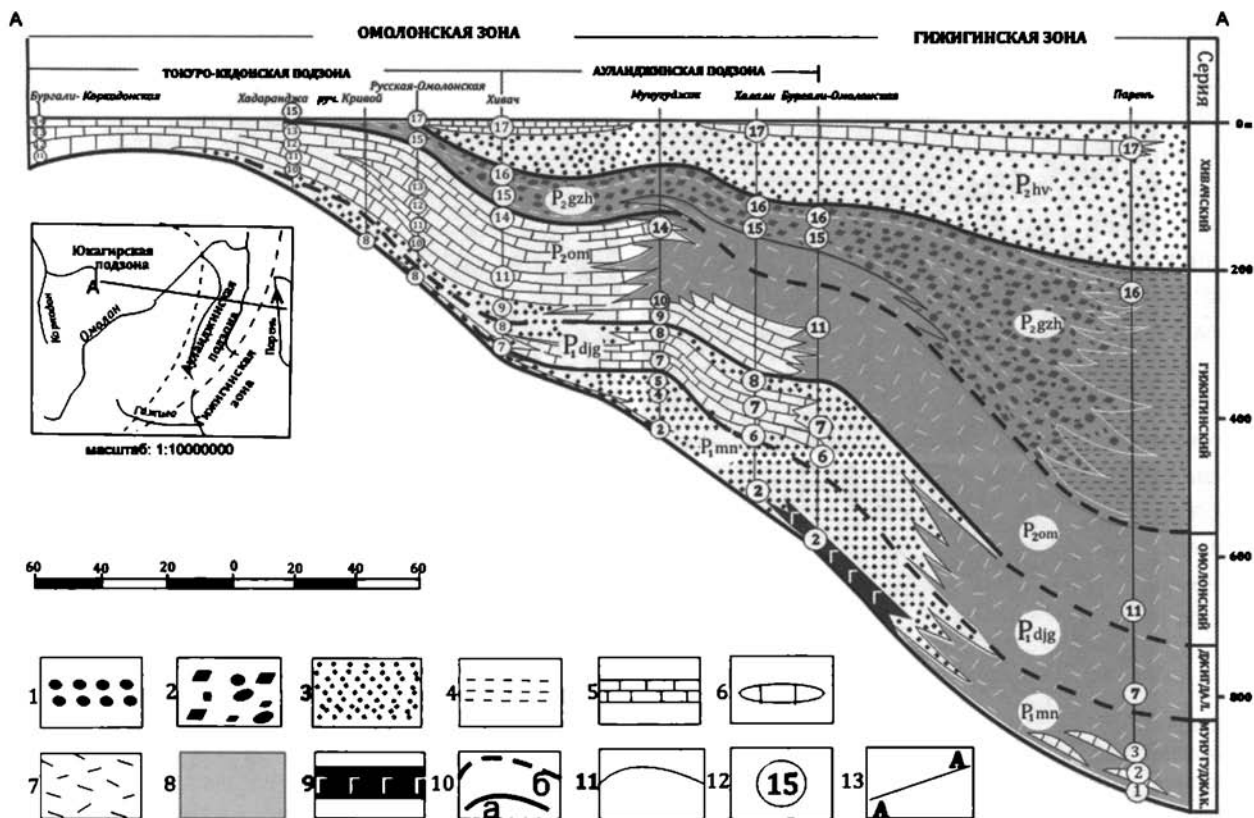


Рис. 6. Фациальный профиль пермских отложений Омолонского массива и Гижигинской зоны. 1 — конгломераты; 2 — микститы; 3 — песчаники, алевриты; 4 — флиш; 5 — известняки; 6 — линзы известняков; 7 — тонкообломочная кремнистая пирокластика; 8 — черносланцевые комплексы; 9 — базальты; 10 — границы региональных серий: а — совпадающие с литологическими границами, б — внутри литологических комплексов; 11 — границы литологических подразделений; 12 — номера стратиграфических зон; 13 — линии профиля. P₁mn — мунугуджакская серия; P₁djg — джигдалинская серия; P₂om — омолонская серия; P₂gzh — гижигинский регионарус; P₂hv — хивачский регионарус

к ним часто приурочены выделения сульфидов (рис. 4, фиг. 8). Изотопный состав карбонатов, в отличие от раннепермских пород, характеризуется «нормально-морскими» для пермского периода значениями $\delta^{13}\text{C} = 4,1 \pm 1,4\%$ и широкими вариациями $\delta^{18}\text{O} = 15,5\text{--}28,8\%$ (рис. 5). Характер латерального распределения соответствующих толщ позволяет полагать, что карбонаты формировались, по-видимому, на разных уровнях стратифицированного бассейна — в пределах как фотической, так и афотической зон. Можно думать, что их происхождение связано с жизнедеятельностью неких гипотетических прокариот, фиксирующих морской карбонат, строгих анаэробов, но факультативных фото- и хемоавтотрофов. Можно предположить наличие здесь консорциума из фотосинтезирующих анаэробных серных бактерий и архей. Адаптационная стратегия последних, как известно, позволяет им распространиться по всей толще океанских вод.

Не меньший интерес, чем рассмотренные карбонаты черносланцевых серий, представляет собой другой член этих серий — среднекаменноугольные и пермские микститы, принимаемые рядом авторов за ледово-морские образования. Недавно были приведены аргументы в пользу флюидно-эксплозивно-грязевого происхождения этих пород, что существенно дополняет представления о ведущей роли флюидного фактора в формировании особенностей позднепалеозойского био-седиментогенеза (Ганелин, 2011). В последние годы разгрузка глубинных углеводородных потоков — холодных сипов, широко выявляется в пределах современных пассивных окраин. В частности, на атлантическом побережье, залив Кадис, разгрузка углеводородных флюидов, сопровождается интенсивной грязевулканической деятельностью, которая ассоциирует с накоплением аутигенных микробных карбонатов, покрывающих значительные площади дна, а также образующих биогермы, отдельные корки, конкреции (Блинова, 2006).

Черносланцевая «аномальность» позднепалеозойского седиментогенеза Северо-Востока вполне коррелирует со своеобразием его позднепалеозойской бентосной биоты. Последняя, как известно, резко обеднена таксономически и весьма эндемична. Причину этого обычно видят в ее высокоширотном положении и холодноводности. Однако ранее автором было показано, что ареалы

распространения так называемых бореальных, холодноводных фаун не согласуются с этими представлениями. Вместе с тем была выявлена тесная корреляция появления соответствующих сообществ с процессами рифтогенеза и заложением глубоких черносланцевых бассейнов (Ганелин, 1997). Приуроченность наибольшего разнообразия бентоса к толщам бактериальных карбонатов, охарактеризованных выше, дает основания думать, что своеобразие соответствующей биоты имеет не климатическую, а трофическую природу.

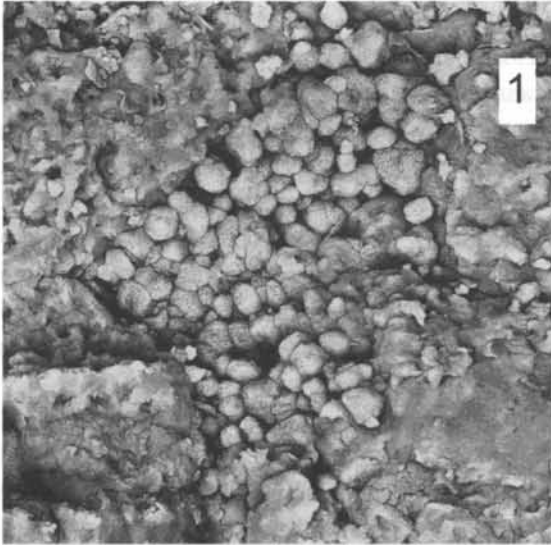
В эволюции позднепалеозойской биоты Северо-Востока Азии хорошо различимы три крупных этапа, выраженных последовательной сменой трех бентосных формаций — верхоянской, печоро-колымской, колымо-омолонской (Ганелин, 2010).

Верхоянский тип бентосных ассоциаций (фауна *Verkhojania* — *Jakutoproductus*) распространен от середины башкирского века до середины артинского. Таксономически он наиболее беден и резко эндемичен, приурочен, как правило, к маломощным известняковым телам (биогермы, биостромы), углерод которых аномально легок. До раннеартинского времени ареалы его распространения крайне редки и пространственно ограничены.

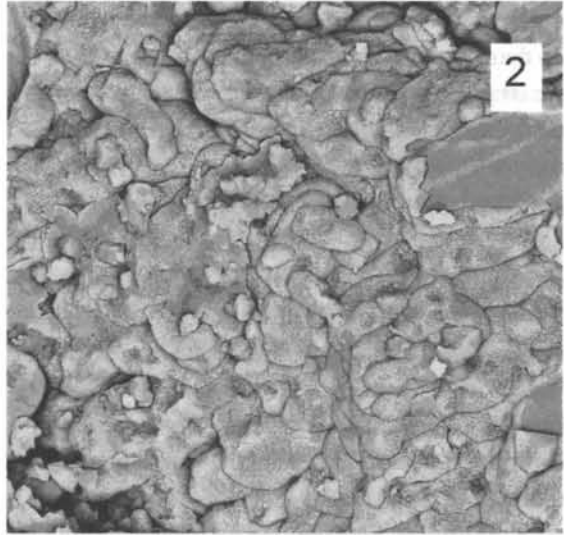
Середина артинского времени знаменует собой крупную биотическую перестройку, связанную с позднеартинской трансгрессией. Монотипные биотопы сообществ верхоянского типа сменяются политипными печоро-колымского. Происходит смена доминантов сообществ. В их составе весьма ощутимо присутствие уральских и особенно печорских элементов, обусловленное расширением палеогеографических связей.

Колымо-омолонский тип ассоциаций сменяет предшествующий ему печоро-колымский после биотического кризиса, разделяющего раннюю и среднюю пермь. По таксономическому составу этот тип наиболее разнообразен и тесно связан с бактериальными карбонатами, образующими мощные тела сероводородистых известняков. Он просуществовал на протяжении остальной части перми и полностью исчез вблизи пермо-триасовой границы.

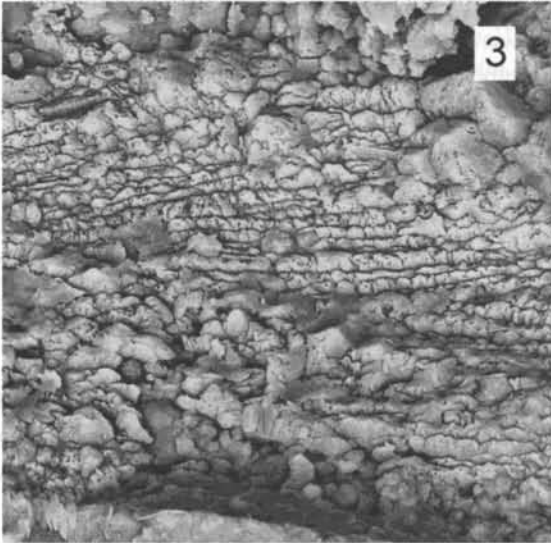
Рассмотренные особенности позднепалеозойского био-седиментогенеза не ограничиваются Северо-Востоком Азии. Аналогичные биотопы фрагментарно присутствуют в обширном Памиро-Гималайском поясе, Внутренней Монголии, Российском Приморье. Но наиболее яркие аналоги представ-



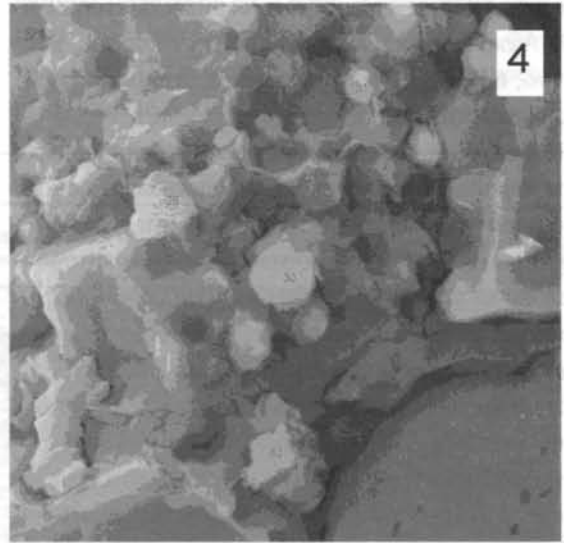
SEM MAG: 3.00 kx
 HV: 30.0 kV
 VAC: HiVac
 DET: BSE Detector
 DATE: 06/23/10
 Device: MV2300
 20 μm
 Vega ©Tescan
 Digital Microscopy Imaging



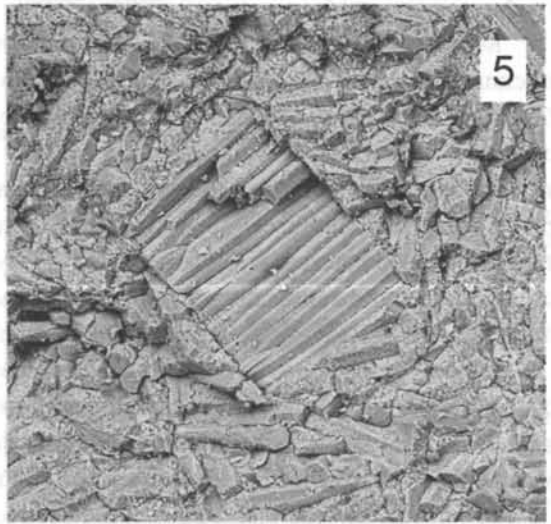
SEM MAG: 3.00 kx
 HV: 30.0 kV
 VAC: HiVac
 DET: BSE Detector
 DATE: 06/23/10
 Device: MV2300
 20 μm
 Vega ©Tescan
 Digital Microscopy Imaging



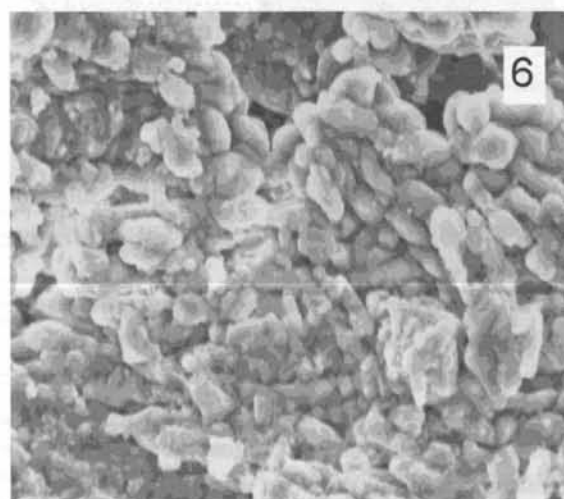
SEM MAG: 3.00 kx
 HV: 30.0 kV
 VAC: HiVac
 DET: BSE Detector
 DATE: 06/24/10
 Device: MV2300
 20 μm
 Vega ©Tescan
 Digital Microscopy Imaging



SEM MAG: 7.50 kx
 HV: 30.0 kV
 VAC: HiVac
 DET: BSE Detector
 DATE: 05/18/06
 Device: MV2300
 10 μm
 Vega ©Tescan
 Digital Microscopy Imaging



SEM MAG: 300 x
 HV: 30.0 kV
 VAC: HiVac
 DET: BSE Detector
 DATE: 02/09/07
 Device: MV2300
 200 μm
 Vega ©Tescan
 Digital Microscopy Imaging



Tb 4 14b 00:08 10 μm

Рис. 7. Карбонаты в сканирующем микроскопе. 1 — известняк оломонской свиты, $\times 3000$; продольный срез призмочки с отчетливо наблюдаемыми коковидными бактериоморфными образованиями. Обр. № 1-8/вг-66, верхняя пермь, зона 13 — *Terrakea korkodonensis*. Оломонский массив, руч. Водопадный; 2 — известняк оломонской свиты, $\times 3000$; сложно переплетающиеся бактериальные нити, покрытые утолщенным минерализованным гликокаликсом, тот же образец; 3 — агрегаты микроколоний, представленные пучками рядоположенных нитей, образованных делящимися бактериями, тот же образец; 4 — поперечный срез призмы, в котором хорошо различимы ячеистая структура минерализованного гликокаликса и бактериоморфные коковидные образования; $\times 3000$, обр. № 1-8/вг-66; оломонская свита, верхняя пермь, зона 13 — *Terrakea korkodonensis*, Оломонский массив, руч. Водопадный; 5 — известняк рулонской свиты, общий вид, $\times 300$, в центре небольшая (1,2 мм) призматическая корка; обр. 9-1а/вг-99, вторая половина нижней перми, зона 7 — *Anidanthus aagardi*, Оломонский массив, р. Мунугуджак; 6 — палочковидные бактериоморфные образования в известняках фольской толщи, $\times 1200$, тот же образец

лены в Южном полушарии, в позднепалеозойских отложениях Гондваны. В частности, почти идентичные с сообществами верхоянского типа ассоциации характеризуют среднекаменноугольные — раннепермские биотопы группы Teruel в Патагонии (*Taboada, Pagani, 2010*). Здесь описаны морфологические типы практически всех доминантов верхоянской бентосной формации. Среди них указываются *Verkhोजना, Jakutoproductus, Lanipustula, Levipustula, Costatumulus*. Примечателен и алевроглинистый состав формаций группы Teruel, содержащей несколько горизонтов диамиктитов, принимаемых за ледово-морские образования. Еще более поразительные аналогии демонстрируют пермские разрезы Новой Зеландии. Карбонатная формация Wooded Peak на Южном острове сложена зловонными сероводородистыми бактериальными известняками, совершенно тождественными бактериальным карбонатам Северо-Востока. Здесь они также принимаются за обломочные — продукт переработки раковин иноцерамоподобных двустворок — «атомодесмовые известняки». На севере южного острова, в районе Нельсон известняки представлены глубоководной фацией и контактируют с офиолитовыми комплексами — горы Дан, о-ва Д'Урвилл (*Waterhouse, 1964*). В одновозрастных мелководных фациях на юге острова эти карбонаты содержат раковинный бентос, близкий колымо-оломонскому — тонкоструйчатые линопродуктиды, иноцерамоподобные моллюски и др. Близкие ассоциации брахиопод, двустворок, фораминифер свойственны и австралийским пермским отложениям, особенно восточно-австралийским — бассейнов Боуэн, Сидней, Новой Англии. В мощных терригенных комплексах здесь также выделяют несколько горизонтов микститов, трактуемых как продукт ледового разноса.

Изложенный краткий обзор позволяет сделать несколько предварительных выводов. Вещественный состав позднепалеозойских комплексов на

Северо-востоке Азии, так же как и характер биотопов позднепалеозойского бассейна, наводит на предположение о том, что определяющую роль в формировании осадков и населения этого бассейна играли процессы, связанные с глубинной дегазацией недр. Последняя проявилась, по-видимому, как в виде высачиваний холодных флюидов (сипов), приуроченных к региональной системе разломов (трещин), так и в explosивно-грязевой форме, связанной с коровыми градиентами. Результатом явился интенсивный вынос восстановленных соединений, в первую очередь метана и сероводорода, определивших своеобразие данной экосистемы.

Сформировавшиеся здесь восстановленные экосистемы представляют собой симбиоз его обитателей с аноксидными хемо-метанотрофными и фототрофными прокариотами. При этом наиболее специализированные формы, такие как иноцерамоподобные моллюски, достигавшие гигантских размеров, являлись, по-видимому, эндосимбионтами. Глобальное распространение подобных палеоэкосистем дает основания предполагать глобальный характер позднепалеозойской глубинной дегазации и связанную с ней деструкцию земной коры. Результатом явилось формирование позднепалеозойских сульфидных бассейнов и свойственной им сульфидной биоты, что и определило биогеографическое своеобразие позднепалеозойской биосферы.

2. Мезозойская биосфера

2.1. Экотонная бореально-тетическая экосистема позднеюрского и раннемелового Среднерусского моря (В. А. Захаров, М. А. Рогов)

Климатическая зональность в мезозое (первоначально в юрском периоде) установлена М. Неймайром еще в конце XIX века. В течение более 100 лет этот вывод не только не подвергался сомне-

ниям, но и подтверждался новыми доказательствами. В течение юрского и мелового периодов морские и континентальные ландшафты высоких широт населяла бореальная биота, а экваториальные акватории и сушу — тетическая (тропическая). Специалисты-палеонтологи довольно легко различали таксоны бореальные и тетические, но точное положение границы двух супербиохорем: надобластей Панбореальной и Тетис-Панталласа — долгое время оставалось неопределенным. Сравнительно недавно эта граница была установлена путем анализа географического распространения тетических и бореальных таксонов моллюсков в поздней юре и начале раннего мела (Захаров, Погов, 2003; Zakharov, Rogov, 2004). Как и следовало ожидать, граница обозначилась в виде экотонной полосы шириной примерно 10 градусов. Ее положение отличалось в восточном и западном полушариях. На территории Восточной Европы экотонная полоса располагалась в интервале 45–55° с. ш. Именно на этих широтах размещалось Среднерусское море, в котором обитала смешанная бореальная и тетическая фауна. Существенную роль в экосистеме этого моря играли моллюски: аммониты, белемниты, двустворчатые и гастроподы. В отдельные периоды времени здесь усиливалось влияние то прохладных, то относительно теплых водных масс. Этот процесс фиксировался в структуре ассоциаций моллюсков. При этом качественные (теплее—холоднее) показатели температуры могут быть реконструированы на основе палеоэкологических исследований, а количественные — путем анализа стабильных изотопов кислорода.

Оценка продолжительности кратковременных климатических флуктуаций. В геологическом прошлом, как и ныне, климат был наиболее лабильным компонентом биосферы Земли. Климатические колебания были разнопорядковые. Широкие амплитудные колебания охватывали многие миллионы лет. Реконструируемые низкоамплитудные колебания, как и в четвертичное время, охватывали, вероятно, сотни и десятки тысяч лет. Однако обособить скоротечные флуктуации климата на фоне крупных оптимумов и пессимумов, как и определить их длительность, можно пока только приблизительно. В последнее время именно кратковременные климатические колебания в мезозое привлекают все большее внимание исследователей. Длительность самых кратковременных

из установленных к настоящему времени колебаний климата в мезозое и сопряженных с ними изменений ареалов морских организмов может быть оценена в 10–20 тыс. лет. Это хорошо согласуется как с последними астрохронологическими данными по юре, так и с результатами моделирования, в которых кратковременные колебания уровня моря и вариации изотопного состава кислорода в позднем мезозое иногда связываются с высокоширотными оледенениями.

Температура воды была основным фактором, влиявшим на широтное перемещение моллюсков эпиконтинентальных морей. Вот почему важно обратить внимание не только на качественные, но и количественные значения этого фактора. Ранее авторами были проанализированы широтные миграции моллюсков в кимеридж-валанжинское время в Северном полушарии (Захаров, Погов, 2003) и в средне-позднеюрском Среднерусском море. Это позволило установить большое число кратковременных миграционных эпизодов у моллюсков. Вместе с имеющимися в настоящее время данными по изотопному составу кислорода в рострах белемнитов и, в меньшей степени, в раковинах аммонитов из верхней юры Русской платформы (Riboulleau et al., 1998; Барсков, Кияшко, 2000; Price, Rogov, 2009; Wierzbowski, Rogov, 2010, 2011) это позволяет с высокой степенью достоверности реконструировать колебания температуры морской воды в рассматриваемом бассейне. Ниже мы рассмотрим такие колебания на примере кимериджского и волжского веков.

Однако прежде чем перейти к результатам анализа динамики ассоциаций моллюсков в связи с флуктуациями температуры вод, следует обратить внимание на временную основу. Поиск и реконструкция кратковременных преобразований сообществ беспозвоночных стали возможны лишь благодаря разработанной в последние годы детальной (инфразональной) шкале кимериджского и волжского ярусов среднерусской юры (Price, Rogov, 2009; Rogov, 2010). Значительные успехи в детализации биостратиграфических шкал во всех ярусах бореальной верхней и частично нижней и средней юры были достигнуты в связи с выделением инфразональных биостратиграфических подразделений (биогоризонтов) по аммонитам и дальнейшим совершенствованием включенных в Бореальный стандарт параллельных шкал по разным

группам окаменелостей (Захаров и др., 1997; Шурьгин и др., 2011). Кроме того, для большинства интервалов бореальной юры и нижнего мела к настоящему времени получены данные по изотопному составу углерода и кислорода в органических карбонатах (Riboulleau et al., 1998; Žák et al., 2011). Вместе с комплексом палеонтологических и минералогических данных это позволяет судить о климатических колебаниях различного порядка в мезозое, а также о причинах изменения соотношения изотопов углерода в системе атмосфера—океан в глобальном масштабе.

Климатические колебания и широтные миграции моллюсков в кимериджском и волжском веках в Бореально-Атлантической палеобиогеографической области. В целом для поздней юры Русской плиты (Riboulleau et al., 1998; Price, Rogov, 2009) и других суббореальных и бореальных регионов, таких как Шотландия и север Сибири (Žák et al., 2011), по изотопному составу кислорода четко устанавливается общий тренд к потеплению, нарушаемый небольшими колебаниями. С конца среднеюрского времени и до начала мелового периода температура воды возрастала от 6–8 °С до 18–20 °С. Полученная картина, впрочем, усложняется возможным влиянием на изотопные данные небольших изменений солености, а также предполагаемыми вариациями в ассимиляции элементов из морской воды в процессе онтогенеза и суточных вертикальных миграций белемнитов, чьи ростры являются основным «поставщиком» изотопных данных.

Для одного из наиболее детально изученных разрезов кимериджского и волжского ярусов у д. Городищи (Ульяновская обл.) имеются в настоящее время как изотопные данные, так и представительные количественные показатели, характеризующие изменения комплексов аммонитов во времени (рис. 8). Для верхнекимериджской и нижневолжской частей разреза характерно частое чередование узких интервалов, в которых преобладают таксоны бореального, суббореального или субтетического происхождения. Наиболее важны резкие колебания численности субсредиземноморских и бореальных аммонитов на рубеже фаз Eudoxus и Autissiodorensis, которые также фиксируются на севере Польши и на юге Англии (Rogov, 2010). В самом конце фазы Eudoxus здесь встречаются многочисленные *Nannocardioceras* ex gr. *anglicum*,

в начале фазы Autissiodorensis их сменяет комплекс, в котором доминируют суббореальные и субсредиземноморские таксоны, а выше вновь преобладают бореальные кардиоцератиды (*Nannocardioceras volgae*). При этом крайне небольшая мощность биогоризонта *Nannocardioceras volgae* во всех рассматриваемых регионах вместе с астрохронологическими данными по кимериджу Англии позволяют определить длительность гемеры *volgae* в 10–20 тыс. лет.

Детальное сравнение кривых, полученных по разрезу Городищи (рис. 8), показывает, что изотопная кривая и изменения комплексов аммонитов идут в противофазе — там, где по изотопным данным фиксируется потепление, у аммонитов преобладают более холодолюбивые формы, и наоборот. Такое распределение изотопных палеотемператур, полученных по роствам придонных белемнитов, по сравнению с относительным обилием тепловодных и холодноводных аммонитов, может говорить о том, что противоположным по направленности пикам могут соответствовать уровни наиболее сильного и наиболее слабого перемешивания поверхностных и придонных вод. Это предположение хорошо согласуется с очень частыми колебаниями изотопного состава кислорода в роствах белемнитов из черносланцевой пачки зоны Panderi (Price, Rogov, 2009), которая отлагалась при чередовании застойных и хорошо аэрируемых обстановок. В то же время соотношение находок бореальных (цилиндротейтиды) и тетических (белемнопсеиды) с изотопными температурами неоднозначно. Для пограничного интервала келловея и оксфорда появление белемнопсеид совпадает с потеплением, тогда как массовое появление белемнопсеид в конце ранневолжского времени, судя по изотопным данным, приходится на похолодание, при том что белемнопсеиды, судя по всему, обитали ближе к поверхностной части водной толщи, чем цилиндротейтиды (Wierzbowski, Rogov, 2011).

Таким образом, совместный анализ данных по ареалам, биогеографической и экологической структуре ассоциаций моллюсков из разных палеобиохором совместно с результатами изотопного состава кислорода в их раковинах позволяет судить о кратковременных климатических флуктуациях, минимальная длительность которых сопоставима с глобальными климатическими коле-

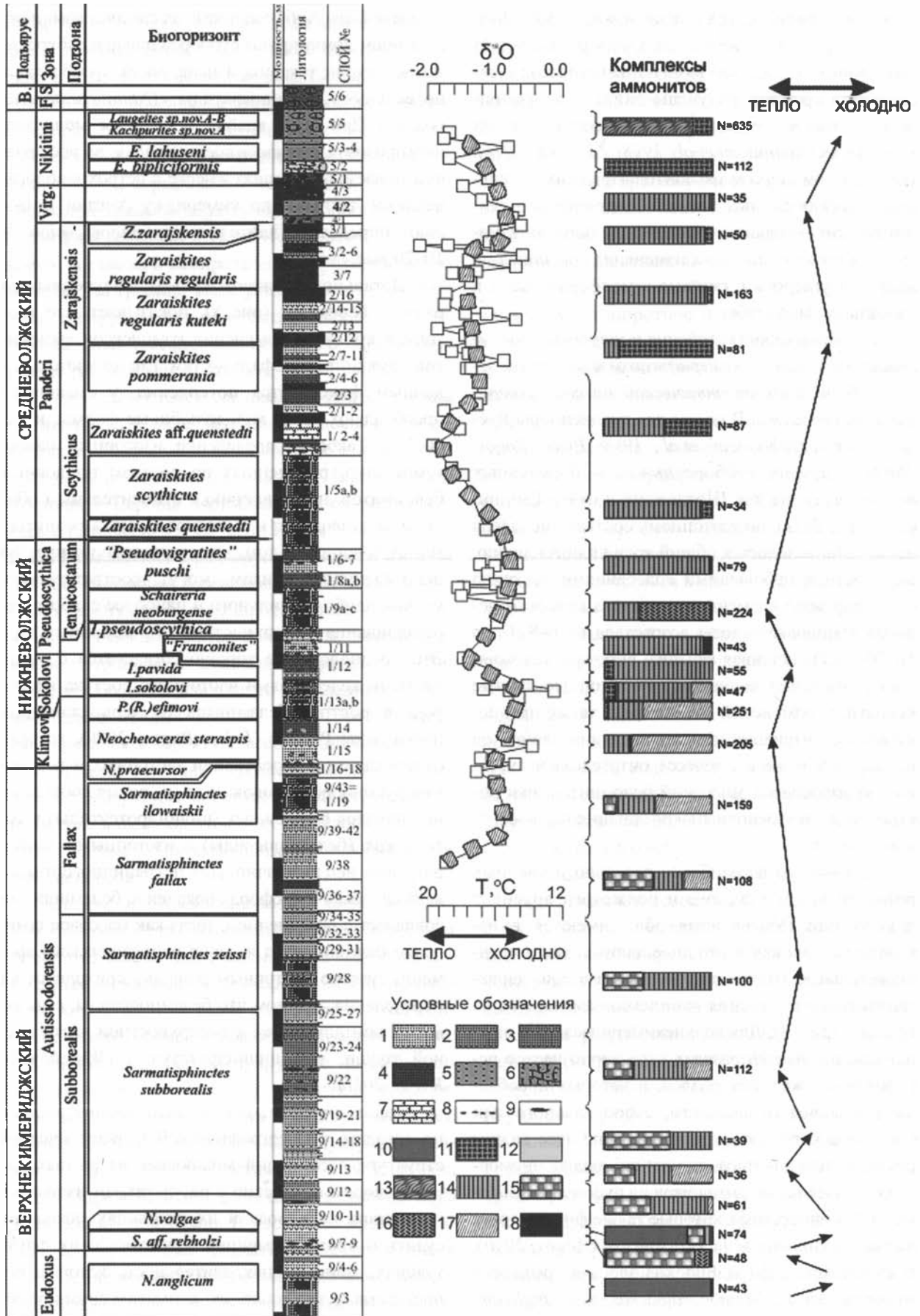


Рис. 8. Изменение комплексов аммонитов и изотопный состав кислорода в рострах белемнитов разреза Городищи (лектостратотип волжского яруса, Ульяновская обл.). Расчленение разреза и характеристика аммонитовых комплексов — по Rogov, 2005; Price, Rogov, 2009; Rogov, 2010, с небольшими дополнениями. Условные обозначения: А — изотопный состав кислорода в рострах белемнитов и колебания температуры морской воды (по Price, Rogov, 2009); В — количественные изменения состава комплексов аммонитов (по числу находок таксонов, обозначенному буквой N), С — направление изменения температуры приповерхностных вод, построенное по изменению комплексов аммонитов. 1 — известковистая глина, 2 — серая глина, 3 — бежевая глина, 4 — темно-серая глина и битуминозный сланец, 5 — песок, 6 — песчаник, 7 — мергель, 8 — фосфоритовые конкреции, 9 — крупные аммониты, 10-18 — аммониты разной палеобиогеографической приуроченности: 10-13 — бореальные (10 — *Cardioceratidae*, 11 — *Dorsoplanitidae*, 12 — *Craspeditidae*, 13 — *Suboxydiscites* (*Oppeliidae*); 14-15 — суббореальные (14 — *Virgatitidae*, 15 — *Aulacostephanidae*); 16-18 — субтетические (16 — *Aspidoceratidae*, 17 — тетические *Oppeliidae*, 18 — *Lithacoceratinae*)

баниями последнего миллиона лет. В то же время следует учитывать, что на потенциальные индикаторы климата: изотопный состав раковин моллюсков, биогеографическую и экологическую структуру их ассоциаций и биоценозов, состав пород и минералов и др. — оказывали влияние комбинированные факторы, эффект которых пока однозначно не может быть оценен.

2.2. Космические факторы и аномальные события прошлого (О. А. Корчагин)

Исследованию следов космических событий и их влияния на морскую палеобиоту уделялось специальное внимание. Особенно тщательно анализировались космические и биотические события на некоторых переломных рубежах развития биосферы Земли. Сейчас в фанерозое отмечается до 90–100 геохимических аномалий разного типа и различного происхождения. Их выявление представляет интерес не только для стратиграфических корреляций, но и для оценки их возможного влияния на развитие палеобиосообществ. На начальном этапе ставилась задача вычлнить все разнообразие поступавшего на Землю космического вещества, сохранившегося в ископаемом состоянии. Установлено, что палеокосмическое вещество представлено четырьмя видами (Гречев и др., 2008):

- кристаллами Ni-шпинели, наноалмазами (лонсдалеит), ударным кварцем;
- металлическими частицами (сплавы Ni-Fe-Cr и др.), металлическим Fe, магнетитовыми микросферами (Корчагин, 2010, Корчагин и др., 2010);
- силикатными (клинопироксеновыми) микросферами;
- высокоуглеродистыми сфероидами (эндофуллередами?).

Поступавшее тонкодисперсное космическое вещество в осадочных толщах фанерозоя распре-

делено неравномерно — выявлены стратиграфические интервалы разреза значительной мощности, в которых не обнаружено космического материала, но в пределах которых имеются маломощные (толщиной от нескольких мм до 5–10 см) прослойки, обогащенные космическим веществом. Эти наблюдения опровергает традиционные представления о «фоновом» равномерном выпадении на Землю космического вещества, нарушаемом лишь падением крупных космических тел — метеоритов и комет. В этой связи предлагается различать прослойки осадочных толщ, содержащие прямые индикаторы падения на Землю крупных космических тел: наноалмазы, Ni-шпинель, ударный кварц, клинопироксеновые микросферы (следы «импактных событий»), — и прослойки, содержащие тонкодисперсное рассеянное космическое вещество, в которых не обнаружены индикаторы импакта (космические пылевые события). Выпадение в большом количестве космического тонкодисперсного вещества силикатного состава, металлических частиц и падение метеоритов на Землю существенно не оказывало влияния на динамику развития морской биоты.

В результате работ, в частности, впервые были выявлены горизонты, обогащенные тонкодисперсным космическим веществом вблизи границы перми-триаса (разрез Мэйшань, Южный Китай; Недуброво, Россия), на рубеже нижнего и верхнего мела (Крым, Украина; Дагестан, Россия), на рубеже мела и палеогена (разрез Стевенс Клинт, Дания) и в среднем миоцене (Камчатка, Россия). В разрезе Стевенс Клинт по находкам наноалмазов установлены следы падения астероида на Землю в конце мелового периода. Установлено, что в конце мелового периода на Землю в разное время упало два разных астероида. Впервые обнаружены кристаллы Ni-шпинели в кратере Чиксулуб (Мексика), которые считаются индикаторами падения астероида. Находки никелистой шпинели в этом кратере

приурочены к слою № 2 и не связаны с известными «сферуловыми горизонтами». Важно отметить, что падение обоих астероидов произошло раньше массового вымирания некоторых групп биоты.

Следует обратить внимание на находки высокоуглеродистых сфероидов, выявленных на рубеже перми-триаса в Центральной России вблизи уровня массового вымирания биоты (рис. 9, 10). Сфероиды такого же состава были установлены в Северной Америке в отложениях с возрастом 12000–13000 лет. Этот временной интервал связывается с вымиранием крупных млекопитающих (мамонтов и др.). Ранее, как говорилось выше, также впервые были обнаружены следы импактных событий в морских осадочных толщах верхней перми – нижнего триаса разреза Мэйшань (Китай). В породе обнаружены микросферы железа, железа с примесями редкоземельных элементов, железа-никеля и алюминия, имеющие явные текстурные поверхности, а также частицы железа, железа—никеля, железа—кобальта. Было обращено внимание на то, что на рубеже перми—триаса импактное событие случилось непосредственно после эпизода вулканизма и после массового вымирания биоты (планктонных комплексов). В целом, импактные события на выявленных рубежах кембрия (батырбайского—ашабабианского веков), перми—триаса, альба—сеномана, мела—палеогена имеют ряд общих черт — они характеризуются микросферами железа с текстурной поверхностью, а также частицами магнетита и аваруита.

Обобщая эти данные, можно предположить, что геохимические аномалии металлов на ряде критических рубежей геологической истории Земли (мел—палеоген, пермь—триас) следует связывать не только с восстановительными обстановками седиментации, их сорбцией из морской воды керогенами, смектитами и органическим веществом либо геохимическими барьерами внутри осадка при его диагенезе, либо вторичным перераспределением сульфидных растворов и осаждением металлов на новообразованные сульфидные минералы, усилением активности бактериальных сред, а в значительной мере с процессами интенсивного механического выпадения космического вещества в виде металлических частиц, микро- и наносфер на Землю и его быстрой консервацией.

3. Кайнозойская биосфера

3.1. Палеобиота и кайнозойские события в Северной Пацифике: палеогеографические аспекты (Ю. Б. Гладенков)

Известно, что в морских экосистемах кайнозой доля бентосных форм весьма велика (до 98 % всех организмов). Поэтому при изучении биотических сообществ раннего палеогена Северной Пацифики на бентос приходится обращать специальное внимание (в частности, на моллюски и фораминиферы). Именно эти группы ископаемых часто позволяют дешифровать многие особенности геологической истории древних бассейнов, и прежде всего шельфовых зон и окраинных морей прошлого (Гладенков, 2004).

Наиболее полные разрезы палеогена в этой области находятся в Камчатском регионе. На Камчатке имеются два основных типа разрезов палеогена — в западной и восточной зонах. Восточная зона характеризуется в целом глубоководными (часто флишоидными) толщами, западная — обычно континентальными и мелководными породами, часто с углями. (Гладенков и др., 2005, Gladenkov, 2011). Их изучение (в частности, унэльской и оммайской свит — более 3000 м — Маметчинского залива северо-западной части Камчатки) позволило выделить семь сменяющихся слоев с моллюсками. В них определено около 80 видов. В основном это сублиторальные (частично батинальные) формы. Большая часть родов является тепловодной (*Glycymeris*, *Ostrea*, *Conus*, *Crepidula*). Глубина маметчинского бассейна менялась во времени от 0–40 до 400–500 м. Анализ состава моллюсков позволил наметить здесь ассоциации разной трофической зональности. Нижние слои характеризуются в основном группой неподвижных, малоподвижных и подвижных сестонофагов. Вышележащие слои включают преимущественно формы собирающих детритофагов.

Сравнение палеогеновых комплексов Камчатки (Маметчинского залива и расположенной южнее Чемурнаутской бухты) с комплексами разрезов других районов, в частности Северной Америки — штатов Вашингтон, Орегон и Калифорния (формации Кресцент, Санта Сусанна и др.), показывает их большое видовое сходство (до 50–57 %).

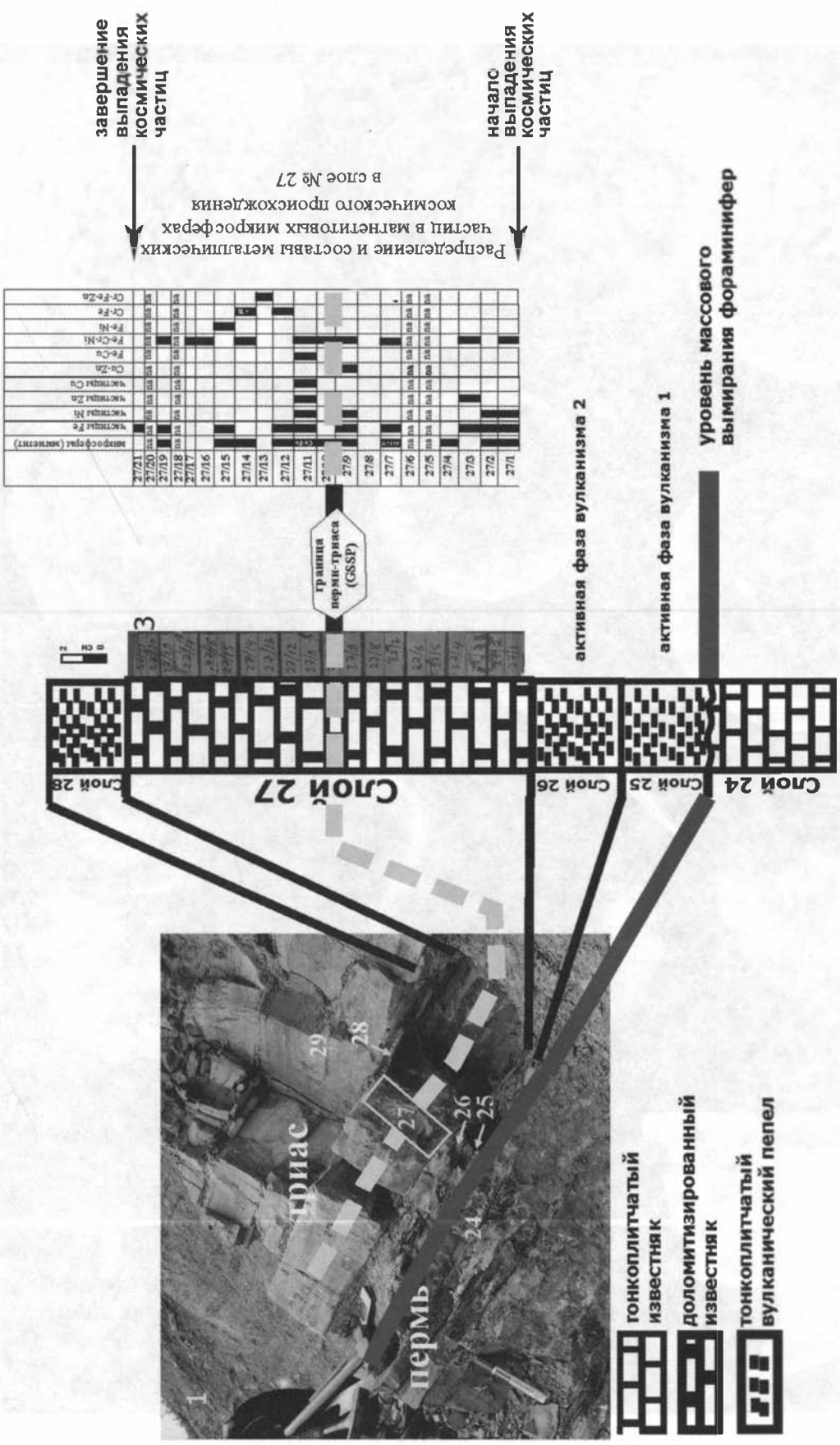


Рис. 9. Переходный слой № 27 от перми к триасу из разреза Мэйшань (Китай) и распределение в нем магнетитовых микрофосфер и металлических частиц. Прочерк означает, что пластины на наличие космической пыли не анализировали

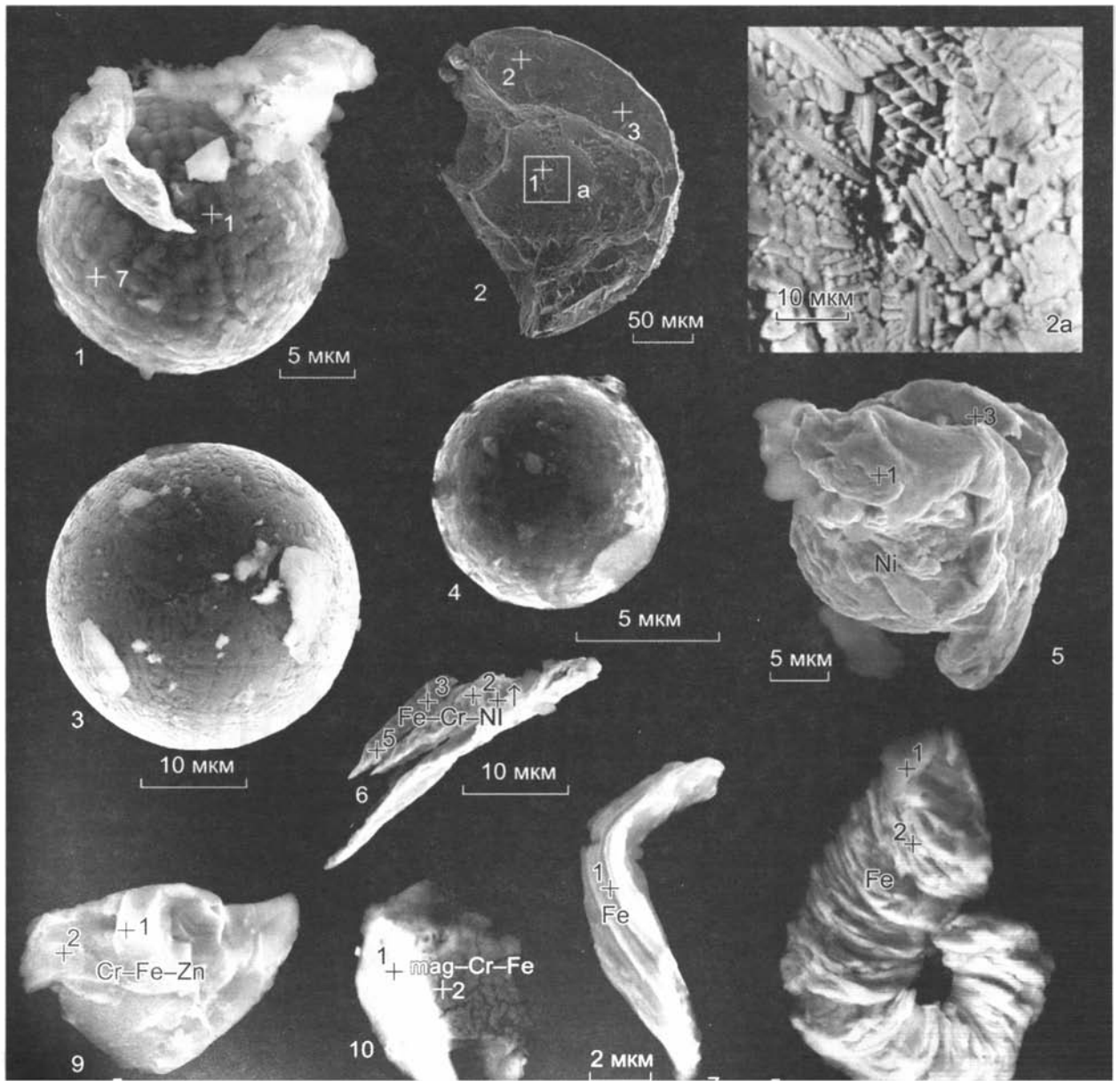


Рис. 10. Изображения некоторых магнетитовых микросфер и металлических частиц, обнаруженных в переходном слое № 27 границы пермь-триас в разрезе Мэйшань (Китай). Структуры: 1 — микросфера магнетита с бургисто-кристаллической текстурой поверхности (обр. 27-2_8_Fe_Mt_cosm_Tm), 2 — фрагмент микросферы магнетита (скорлупа) (обр. 27-14_1 Mt), 2a — увеличенный фрагмент внутренней полости магнетитовой микросферы с игольчато-кристаллической текстурой), 3 — микросфера магнетита с игольчато-кристаллической текстурой поверхности (обр. 27-2_7 Mt), 4 — микросфера магнетита с бургисто-кристаллической текстурой поверхности (обр. 27-9_Mt), 5 — частица Ni оплавлено-полусферической формы (обр. 27_1_1 Ni), 6 — остроугольная частица сплава Fe-Cr-Ni (обр. 27-3_7_Fe-Cr-Ni), 7 — изогнутая пластина Fe с продольными бороздками (обр. 27-1_6_Fe), 8 — изогнутая пластина Fe с поперечными бороздками (обр. 27-11_mag_9_Fe), 9 — изометричная частично оплавленная частица сплава Cr-Fe-Zn (обр. 27-13_5_Cr-Fe-Zn), 10 — оплавленная частица (зерно) магнетит Cr-Fe (обр. 27-11_mag_7_Cr-Fe), 11 — пластина сплава Cu-Zn (обр. 27-9_15_Cu-Zn), 12 — пластина Zn на магнетите (обр. 27-11_mag_11_Zn), 13 — оплавленная (корродированная) частица магнетита (обр. 27-9_4_Mt)

Это свидетельствует о тесных связях шельфовых донных раннепалеогеновых биот этих районов. С другой стороны, среди камчатских моллюсков отмечается много эндемиков, которые отсутствовали на североамериканском шельфе. С учетом данных по моллюскам и фораминиферам (Н. А. Фрегатова и В. Н. Беньямовский) возраст вмещающих их формаций определяется в целом как танет-ипр, с границей палеоцена и эоцена внутри унэльской свиты (Гладенков, 2010; Gladenkov, 2011). Эти выводы находят подтверждение в палеомагнитных материалах по маметчинскому разрезу П. А. Минюка, которые в целом не противоречат построениям, полученным на палеонтологической основе.

Из приведенных материалов следует важный палеогеографический вывод. Тепловодные биотические сообщества в танете-ипре Северной Пацифики существовали во время самого значительного глобального потепления кайнозойского времени в условиях своеобразного паратропического климата (Гладенков и др., 1997). Климатическая дифференциация (и провинциальная диверсификация) в это время не была резко выражена. Северная часть Тихого океана представляла собой гигантский «залив» (рис. 11). На севере он был ограничен сушей, то есть связь Пацифики с Арктическим бассейном отсутствовала. Это способствовало, видимо, относительно выравниванию температурных характеристик водных масс Северной Пацифики. Имеющиеся данные показывают, что ареалы тепловодных родов и видов моллюсков и фораминифер охватывали практически всю Северную Пацифику (от Японии до Северной Камчатки — Корякского Нагорья и с другой стороны — от Калифорнии до штатов Вашингтон и Аляска). Палеоценовые и эоцено-

вые моллюски происходили от позднемиоценовых относительно тепловодных комплексов Пацифики. Бореальный тип биоты стал практически формироваться только в конце эоцена и в основном олигоцене и далее в неогене — квартере (Гладенков и др., 1997, 2005). Значительное влияние на этот процесс оказало глобальное похолодание (смена «оранжерейного» типа климата на «ледниковый») и возникновение психросферы с ее новой системой морских течений. Это похолодание нашло отражение в появлении в осадках материала ледового разноса и глендонитов, а также повышенной продуктивности диатомовых водорослей, что привело к образованию кремнистых толщ. Перестройка бентосных сообществ в Северной Пацифике продолжалась относительно долго (миллионы лет) и сопровождалась, с одной стороны, миграцией ряда теплолюбивых таксонов моллюсков в южные широты, а с другой, — частично — адаптацией отдельных форм к новым условиям. Именно тогда возникли новые таксоны (роды и виды) моллюсков и получили преимущественное развитие типично бореальные представители родов *Neptunea*, *Buccinum*, *Peronidia*, *Periploma*, *Nuculana* и др. Конечно, на распространение этих сообществ на площади, помимо климатического контроля, оказывали влияние и другие факторы (изменения палеогеографических обстановок, морские течения, характер седиментации, вертикальная и трофическая зональность, конкурентные отношения видов и проч.) (Гладенков, 2005, Gladenkov, 2011).

Таким образом, приведенные материалы заставляют по-новому подойти к интерпретации геологических обстановок и событий в палеогеновой экосистеме Северной Пацифики и наметить новые пути ее дальнейшего изучения.

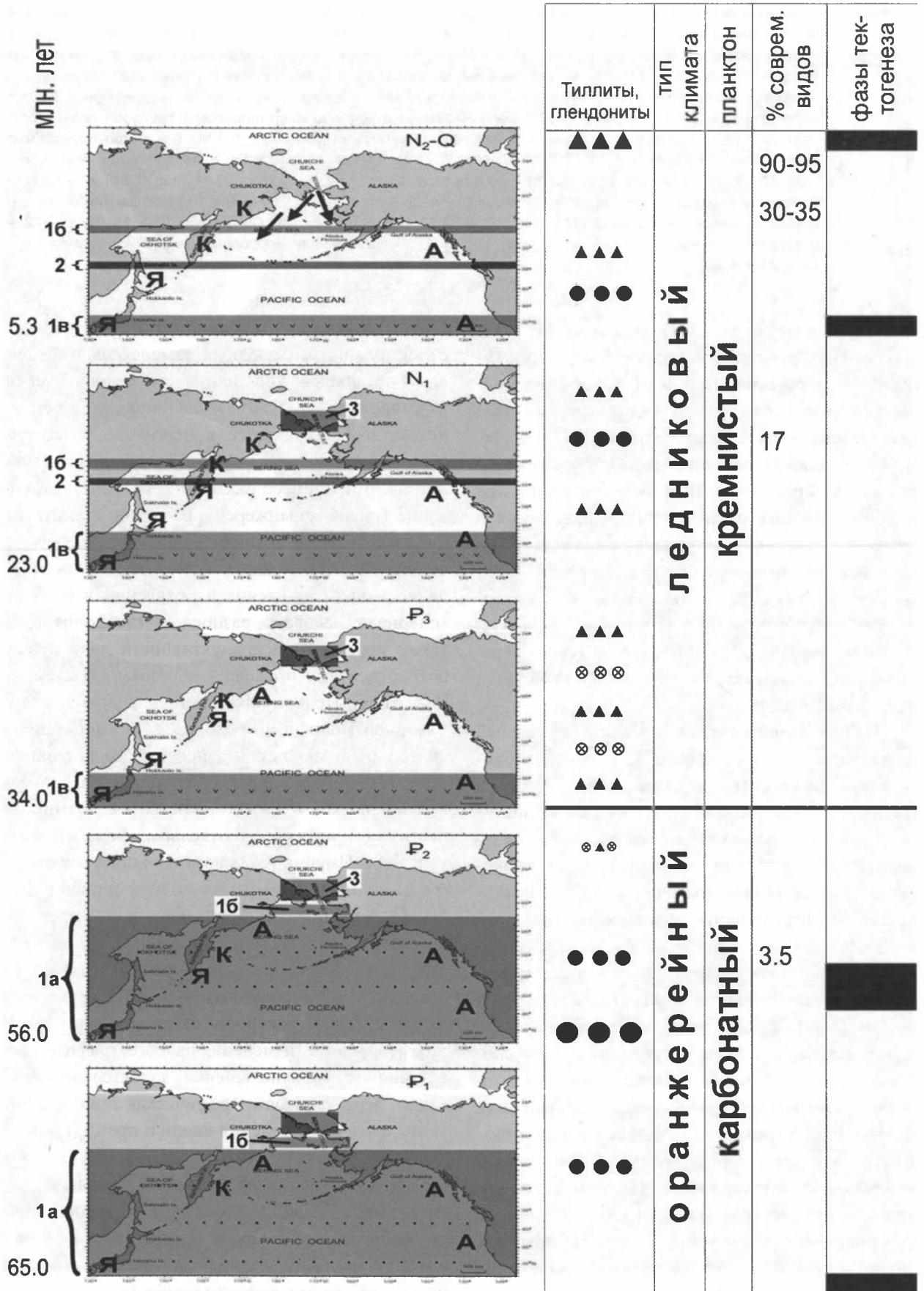


Рис. 11. Палеогеографические обстановки в палеогене–неогене Северной Пацифики. 1а — зона паратропического климата, 1б — границы миграции тепловодных видов моллюсков, 1в — зона тропического климата; 2 — границы миграции аркто-бореальных видов; 3 — Берингова суша; черные стрелки — пути миграции североатлантических и арктических сообществ моллюсков в плиоцене; А, К, Я — типы сообществ моллюсков: А — североамериканские, К — камчатские, Я — японские; черные прямоугольники — эпохи тектогенеза; черные треугольники — тиллиты; черные кружки с крестом — глендониты; черные кружки — эпохи потеплений

3.2. Океанические сообщества Северной Пацифики в условиях «посторанжерейного» климата (А. Ю. Гладенков)

В связи с рассмотрением палеоклиматических обстановок и реакции на них биосообществ хотелось бы обратить внимание также на два важных момента: на особенности изменения продуктивности одной из групп кремнистых планктонных микроорганизмов (диатомей) и феномен биполярности в их распространении в олигоцене и миоцене (Гладенков, 2007, 2010 а).

Начало *увеличения продуктивности* диатомовой флоры и масштабов ее распространения в Северотихоокеанском регионе (что нашло отражение в усилении темпов накопления кремнезема в осадках, в частности, Сахалина и Камчатки) относится к началу раннего олигоцена — времени глобального похолодания и переходу к «ледниковому» типу климатического режима (рис. 12). Однако происходившие впоследствии существенное увеличение продуктивности диатомей и формирование кремнистых толщ не всегда напрямую связаны с похолоданиями и понижениями температур морских вод (например, в середине раннего олигоцена, конце раннего миоцена, начале среднего миоцена и второй половине позднего миоцена — с пиком в середине плиоцена). Такие процессы могли явиться следствием изменения глубинной циркуляции Мирового океана и усиления контраста между свойствами донных вод разной природы в результате палеоокеанографических перестроек. К этим периодам приурочено формирование «молодых» североатлантических глубинных вод, недонасыщенных питательными солями. Подобный процесс в итоге приводил к снижению продуктивности диатомей и темпов биогенного кремнезема в Северной Атлантике и, напротив, к их усилению в Пацифике, где подобные глубинные воды «северной компоненты» отсутствовали (Гладенков, 2010 б).

В то же время на протяжении позднего кайнозоя в Северотихоокеанском регионе *отсутст-*

вовали периоды массовых вымираний морских диатомей. Эволюционный процесс, протекавший в это время, можно отнести к градуалистическому типу. Однако в развитии северотихоокеанской кайнозойской диатомовой флоры можно выделить несколько периодов относительно быстрых существенных перестроек ассоциаций (в начале раннего олигоцена; вблизи границы между олигоценом и миоценом; в начале среднего миоцена; в конце позднего миоцена и в позднем плиоцене). В эти интервалы происходило постепенное вымирание ряда видов, которые были характерны для составов комплексов в течение миллионов лет, и их замещение новыми видами, появившимися в ходе эволюционного развития. Очевидно, что происходившие на этих этапах изменения окружающей среды, в том числе циркуляции и температур поверхностных вод, не могли напрямую влиять на ход эволюционного развития популяций диатомей. Однако перестройки, повлекшие усиление степени географической изолированности водных масс, могли вести не только к реорганизации экологических ниш, но и к появлению новых ниш, что создавало предпосылки для эволюционного процесса при их освоении (Гладенков, 2011 а).

При анализе таксономического состава морских диатомовых сообществ олигоцена разных регионов выявлена одна особенность. Она заключается в том, что целый ряд планктонных элементов, типичных для ассоциаций *начала раннего олигоцена*, имеет *биполярный ареал* (Гладенков, 2011 б). Эти пелагические формы типичны для ассоциаций Южного океана, Североатлантического и Северотихоокеанского регионов, но не характерны для разновозрастных комплексов низких широт. Основной вопрос заключается в том, почему находки видов, характерных для внетропических областей как Южного, так и Северного полушарий, не известны в разрезах низких широт? Ведь дизъюнктивный ареал должен был формироваться из ареала сплошного. Нами рассмотрены некоторые факторы, которые могли явиться причиной

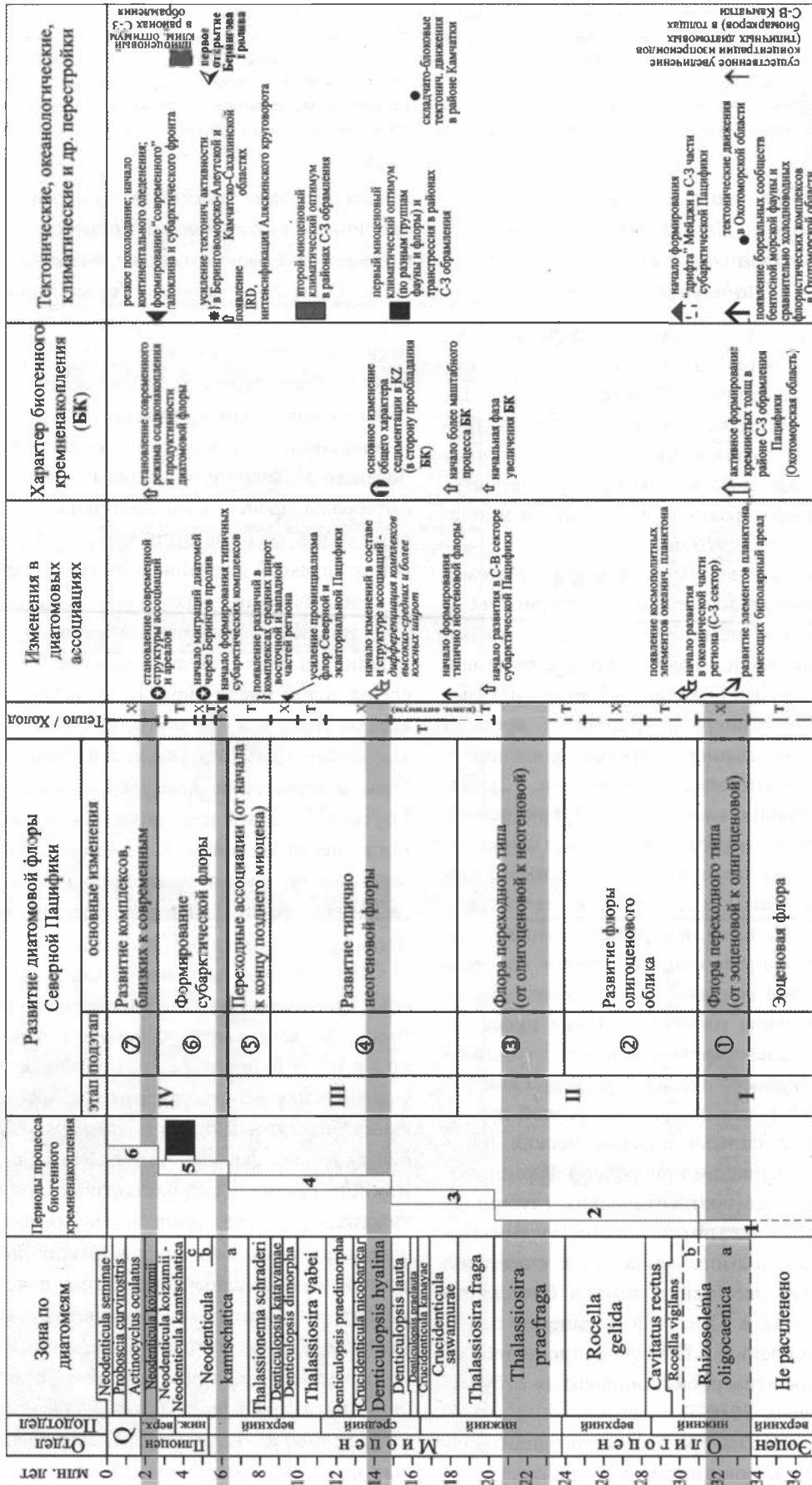


Рис. 12. Развитие ассоциаций диатомей и геологические события олигоцена-неогена в Северитихоокеанском регионе. Серые продольные линии маркируют периоды наиболее значительных перестроек и реорганизации в структуре и составе диатомовых ассоциаций

«разорванности» ареалов. Сделано предположение, что в условиях глобального похолодания и усиления широтной дифференциации первичный ареал упомянутых планктонных видов мог быть приурочен к южной (нотальной) области. Развитие планктонных ассоциаций с высокой степенью продуктивности в начале олигоцена шло здесь в пределах относительно холодных субантарктических и антарктических круговоротов. В конце позднего эоцена – начале раннего олигоцена (в интервале ~35–33 млн лет назад) происходило отделение этих круговоротов от относительно теплых субтропических круговоротов в результате действия сформировавшегося циркумантарктического течения. Поэтому возможно, что в таких условиях имелись предпосылки для возникновения новых видов планктона. Затем сравнительно холоднолюбивые диатомеи мигрировали в северном направлении. При более слабых по сравнению с современными климатическими барьерах, препятствующих миграциям через экватор, они могли пересекать тропические широты вместе с водами поверхностных морских околобереговых противотечений и в итоге оказались в северных частях Атлантики и Пацифики, где закрепились в фитоценозах поверхностных океанических вод. Отсутствие находок упомянутых планктонных элементов в низких широтах, с одной стороны, может объясняться тем, что большая часть донных осадков олигоцена в прибрежных морских зонах размыта, а в наземных разрезах полная последовательность толщ олигоцена не представлена.

При рассмотрении миграционной гипотезы нельзя исключать и возможность формирования первичного ареала в северной (бореальной) области, например в Североатлантическом регионе, куда со стороны Арктики поступали холодные поверхностные воды. Возникавшие новые планктонные виды могли мигрировать в южном направлении, в итоге достигая Южного океана. Однако при этом трудно объяснить пути их миграции из Северной Атлантики в Северную Пацифику (или наоборот). Считается, что водообмен между этими бассейнами через Арктический океан (который в олигоцене был полуизолированным) в то время отсутствовал. В связи с этим в качестве гипотетической можно рассматривать возможность миграции относительно холодноводных видов из Северной Атлантики в

южном направлении, с последующим их перемещением в восточном направлении через Тетическую область и далее на север в умеренную область Тихого океана.

Заключение.

Перспективы на будущее

Из рассмотренного материала следует, что многие вопросы, связанные с расшифровкой характера развития фанерозойских морских экосистем бореального пояса, постепенно решаются. Конечно, даже в приведенных данных чувствуются определенные различия в подходах к анализу ископаемых экосистем и оценке особенностей эволюций биотических сообществ. Это прежде всего касается оценки соотношения и взаимообусловленности биотического и абиотического полей биосферного процесса. Но без обсуждения альтернативных подходов к этим вопросам мы их не решим.

Анализ приведенных данных показывает, что необходимы дальнейшие усилия в рамках стратегических направлений, связанных с экосистемной тематикой. К этим направлениям прежде всего могут быть отнесены темы «биотические сообщества и среда», а также «влияние абиотических факторов на развитие палеоэкосистем», которые еще не получили полного освещения.

Синтез материалов предшествующих лет уже сейчас позволяет сформулировать ряд выводов, связанных с функционированием отдельных палеоэкосистем. В ряде случаев удалось ограничить «площадь поиска» и наметить пути решения проблем в перспективе. В соответствии с современными представлениями экосистемы устойчиво развиваются на основе внутренних биологических связей, приобретенных в процессе продолжительной эволюции, исчисляемой сотнями миллионов и даже миллиардами лет. Однако внешние факторы среды (космической и земной природы) в определенной мере канализуют это развитие. Задача специалистов по «былым биосферам» — выявить эти связи с помощью современных методов исследования биокостных остатков и вмещающей их породы. Поиск связей и выявление закономерностей в развитии палеоэкосистем является целью настоящего и будущих поколений исследователей.

Литература

- Барсков И. С., Кияшко С. И. (2000) Изменения термического режима юрского морского бассейна Восточно-Европейской платформы на рубеже келловей/оксфорд по данным анализа стабильных изотопов в рострах белемнитов // ДАН. 2000. Т. 372. № 4. С. 507–509.
- Блинова В. Н. (2006) Состав и происхождение углеводородных флюидов в грязевых вулканах залива Кадис. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геол.-мин. наук. М., МГУ. 2006, 31 с.
- Ганелин В. Г. (1997) Бореальная бентосная биота в структуре позднепалеозойского мирового океана // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1997. Т. 5. № 3. С. 29–42.
- Ганелин В. Г. (2011) Особенности позднепалеозойского био- и седиментогенеза на Северо-Востоке Азии // Концептуальные проблемы литологических исследований в России. Материалы 6-го Всероссийского литологического совещания. Казань, 26–30 сентября 2011 г. КГУ, 2011. С. 301–305.
- Ганелин В. Г., Бяков А. С., Ведерников И. Л., Покровский Б. Г., Соловьева Н. А. (2010) Аутигенные карбонаты позднепалеозойских бассейнов Северо-Востока Азии // Материалы Всероссийского литологического совещания «Рифы и карбонатные псефитолиты». Сыктывкар, 2010. С. 47–49
- Гладенков Ю. Б. (2004) Биосферная стратиграфия (проблемы стратиграфии начала XXI века). М.: ГЕОС, 2004. 120 с.
- Гладенков А. Ю. (2007) Детальная стратиграфия и морские экосистемы позднего кайнозоя севера Тихоокеанского региона (по диатомеям). М.: ГЕОС, 2007. 296 с.
- Гладенков А. Ю. (2010а) Диатомовые водоросли в датировании и корреляции осадочных толщ кайнозоя северо-восточных и дальневосточных районов России // Проблемы региональной геологии Северной Евразии. Материалы совещания. М.: РГГРУ, 2010. С. 31–34.
- Гладенков Ю. Б. (2010) Зональная биостратиграфия в решении фундаментальных и прикладных задач геологии // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2010. Т. 18. № 6. С. 104–117.
- Гладенков А. Ю. (2011а) Зональная шкала кайнозоя Северной Пацифики по диатомеям: состояние и особенности применения // Палеонтология, стратиграфия и палеогеография мезозоя и кайнозоя бореальных районов: Материалы научной сессии, посвященной 100-летию со дня рождения члена-корреспондента АН СССР В. Н. Сакса. Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2011. Т. II. Кайнозой. С. 33–36.
- Гладенков А. Ю. (2011б) Некоторые загадки распространения морских диатомей начала раннего олигоцена // Проблемы современной палинологии: Материалы XIII Российской палинологической конференции. Т. I. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2011. С. 258–260.
- Гладенков А. Ю. (2010б) Положение диатомовой флоры в кайнозойских морских экосистемах бореальных бассейнов // Эволюция жизни на Земле: Материалы IV Международного симпозиума, 10–12 ноября 2010 г. Томск: ТМЛ-Пресс, 2010. С. 337–339.
- Гладенков Ю. Б. (2005) Стратиграфия и актуальные направления палеобиогеографических исследований // Биосфера—экосистема—биота в прошлом Земли. Палеобиогеографические аспекты. М.: Наука, 2005. С. 17–45.
- Гладенков Ю. Б., Синельникова В. Н., Челебаева А. И., Шанцер А. Е. (2005) Биосфера—экосистема—биота в прошлом Земли. Экосистемы кайнозоя Северной Пацифики. Эоцен-олигоцен Западной Камчатки и сопредельных районов (К 100-летию со дня рождения академика В. В. Меннера). М.: ГЕОС, 2005. 480 с.
- Гладенков Ю. Б., Шанцер А. Е., Челебаева А. И. и др. (1997) Нижний палеоген Западной Камчатки (стратиграфия, палеогеография, геологические события). М.: ГЕОС, 1997. 367 с.
- Грачев А. Ф., Корчагин О. А., Цельмович В. А., Коллманн Х. А. (2008) Космическая пыль и микрометеориты в переходном слое глин на границе мела и палеогена в разрезе Гамс (Восточные Альпы): морфология и химический состав // Физика Земли. 2008. № 7. С. 42–57.
- Дронов А. В. (2009) Апвеллинг в среднем и позднем ордовике Сибирской платформы и связь с ним эволюции биоты и осадконакопления. // Алексеев А. С. (ред.) Палеострат-2009. Годичное собрание секции палеонтологии МОИП и Московского отделения Палеонтологического общества, Москва 26–27 января 2009 г. Программа и тезисы докладов, М.: Палеонтологический ин-т им. А. А. Борисяка РАН, 2009. С. 15–16.
- Дронов А. В. (2011) Загадка байкитских песчаников (средний ордовик Сибирской платформы) // Алексеев А. С. (ред.) Палеострат-2011. Годичное собрание секции палеонтологии МОИП и Московского отделения Палеонтологического общества при РАН. Москва, 24–26 января 2011 г. Программа и тезисы докладов. М.: Палеонтологический институт им. А. А. Борисяка РАН, 2011. С. 32–33.
- Захаров В. А., Богомолов Ю. И., Ильина В. И., Константинов А. Г., Курушин Н. И., Лебедева Н. К., Меледина С. В., Никитенко Б. Л., Соболев Е. С., Шурыгин Б. Н. (1997) Бореальный зональный стандарт и биостратиграфия мезозоя Сибири // Геология и геофизика. 1997. Т. 38. № 5. С. 927–956.
- Захаров В. А., Rogov M. A. (2003) Бореально-тетические миграции моллюсков на юрско-меловом рубеже и положение биогеографического экотона в северном

- полушарии // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2003. Т. 11. № 2. С. 54–74.
- Казак А. П., Копылова Н. Н., Толмачева Е. В., Якобсон К. Э. (2008) Флюидно-эксплозивные образования в осадочных комплексах. СПб.: ВСЕГЕИ. 2008, 38 с.
- Калугин Х. И. (1958) Стратиграфия пермских отложений западной части Охотско-Колымского водораздела // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Вып. 13. Магадан. 1958. С. 35–48
- Корчагин О. А. (2010) Присутствие металлических микросфер и микрочастиц в раннем сеномане Крыма — «космическое пылевое событие» // ДАН. 2010. Т. 431. № 6. С. 1–5.
- Корчагин О. А., Цельмович В. А., Поспелов И. И., Цяньтао Бянь. (2010) Космические магнетитовые микросферы и металлические частицы вблизи границы Пермь-триас в точке глобального стратотипа границы (слой 27, Мэйшань, Китай) // ДАН. 2010. Т. 432. № 2. С. 1–7.
- Леин А. Ю., Иванов М. В. (2005) Крупнейший на Земле метановый водоем // Природа. 2005. № 2. С. 19–25
- Рогов М. А. (2005) Ассоциации моллюсков позднеюрского моря Восточно-Европейской платформы // Гладенков Ю. Б., Кузнецова К. И. (ред.) Биосфера — экосистемы — биоты в прошлом Земли: палеобиогеографические аспекты. М.: Наука, 2005. С. 178–199.
- Шурыгин Б. Н., Никитенко Б. Л., Меледина С. В., Дзюба О. С., Князев В. Г. (2011) Комплексные зональные шкалы юры Сибири и их значение для циркулярктических корреляций // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 8. С. 1051–1074.
- Юдович Я. Э. (2009) Флюидное минералообразование — альтернатива литогенезу? Обзор // Уральский геологический журнал. 2009. № 4. С. 31–80
- Bergström S. M., Chen Xu, Gutiérrez-Marco J. C., Dronov A. (2009) The new chronostratigraphic classification of the Ordovician System and its relations to major series and stages and to $\delta^{13}\text{C}$ chemostratigraphy // *Lethaia*. 2009. № 42. P. 97–107.
- Dronov A. V., Huff W. D., Kanygin A. V., Gonta T. V. (2011) K-bentonites in the Upper Ordovician of the Siberian Platform // Gutiérrez-Marco J. C., Rábano I. and García-Bellido D. (eds.), *Ordovician of the World*. Cuadernos del Museo Geominero, 14. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2011. P. 135–141.
- Dronov A. V., Kanygin A. V., Timokhin A. V., Tolmacheva T. Ju., Gonta T. V. (2009) Correlation of Eustatic and Biotic Events in the Ordovician Paleobasins of the Siberian and Russian Platforms // *Paleontological Journal*. 2009. V. 43. No. 11. P. 1477–1497.
- Dronov A., Rozhnov S. (2007) Climatic changes in the Baltoscandian basin during the Ordovician: sedimentological and palaeontological aspects // *Acta Palaeontologica Sinica*. 2007. № 46 (Suppl.). P. 108–113.
- Ettensohn F. R. (2010) Origin of the Late Ordovician (mid-Mohawkian) temperate-water conditions on southeastern Laurentia: Glacial or tectonic? // Finney S. C. and Berry W. B. N., (eds.) *The Ordovician Earth System*. 2010. Geological Society of America Special Paper 466. P. 163–175.
- Ganelin V. G. (2010) Brachiopods in the Late Paleozoic benthic biota of Northeast Asia // 6th International Brachiopod Congress // Abstracts. Melbourne, 2010. P. 43–44.
- Gladenkov Yu. B. (2011) New data on the upper Paleocene–lower Eocene stratigraphy of West Kamchatka region, the North Pacific // *Climate and Biota of the Early Paleogene*. Conference Program and abstracts. 5–8 June 2011, Salzburg, Austria. *Berichte der Geologischen Bundesanstalt*, 85, Wien. 2011. P. 84.
- Harper D. A. T. (2011) A sixth decade of the Ordovician period: status of the research infrastructure of a geological system // Gutiérrez-Marco J. C., Rábano I. and Gariela-Bellido D. (eds.), *Ordovician of the World*. Cuadernos del Museo Geominero, 14. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2011. P. 3–9.
- Herrmann A. D., MacLeod K. G., Leslie S. A. (2010) Did a volcanic mega-eruption cause global cooling during the Late Ordovician? *Palaios*. 2010. V. 25. P. 831–836.
- Kanygin A., Dronov A., Timokhin A., Gonta T. (2010) Depositional sequences and palaeoceanographic change in the Ordovician of the Siberian craton // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2010. V. 296. P. 285–294.
- Keller M., Lehnert O. (2010) Ordovician paleocarsy and quartz sand: Evidence of volcanically triggered extreme climates? // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2010. V. 296. P. 297–309.
- Kushlina V. B., Dronov A. V. (2011) A giant *Rusophycus* from the Middle Ordovician of Siberia. // Gutiérrez-Marco J. C., Rábano I. and García-Bellido D. (eds.), *Ordovician of the World*. Cuadernos del Museo Geominero, 14. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2011. P. 279–285.
- Price G. D., Rogov M. A. (2009) An isotopic appraisal of the Late Jurassic greenhouse phase in the Russian Platform // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2009. V. 273. P. 41–49.
- Reitner J., Peckmann J. et al. (2005) Concretionary methane-seep carbonates and associated microbial communities in Black Sea sediments // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2005. V. 227. P. 18–30
- Riboulleau A., Baudin F., Daux V., Hantzpergue P., Renard M., Zakharov V. (1998) Evolution de la paléotempérature des eaux de la plate-forme russe au cours du Jurassique supérieur // *C. R. Acad. Sci. Paris. Sér. Sci. de la Terre et des Planètes*. 1998. V. 326. P. 239–246.
- Rogov M. A. (2010) A precise ammonite biostratigraphy through the Kimmeridgian-Volgian boundary beds in the Gorodischi section (Middle Volga area, Russia), and

- the base of the Volgian Stage in its type area // *Volu-
mina Jurassica*. 2010. V. VIII. P. 103–130.
- Taboada A. C., Pagani M. A.* (2010) The coupled occur-
rence of *Cimmeriella-Jakutoproductus* (Brachiopoda:
Productidina) in Patagonia: implications for Early Per-
mian high to middle paleolatitudinal correlations and
paleoclimatic reconstruction // *Geologica Acta*. 2010.
V. 8, № 4. P. 513–534.
- Waterhouse J. B.* (1964) Permian Stratigraphy and Faunas
of New Zealand. Bull. // NZ. Geol. Surv. Bull. a. s. 72.
1964. 101 p.
- Wierzbowski H., Rogov M.* (2011) Oxygen and carbon iso-
tope records of cephalopod shells from the Middle-
Upper Jurassic boundary at Dubki (Volga Basin, Rus-
sian Platform): paleoenvironmental implications // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2011.
V. 299. P. 250–264.
- Wierzbowski H., Rogov M. A.* (2010) Carbon and oxygen
isotope composition of Upper Callovian-Lower Kim-
meridgian (Middle-Upper Jurassic) cephalopod shells
from the Russian Platform: a proxy for a global climate
change? // *Earth Science Frontiers*. 2010. V. 17, Special
Issue. P. 336–337.
- Žák K., Košťák M., Man O., Zakharov V. A., Rogov M. A.,
Pruner P., Rohovec J., Dzyuba O. S., Mazuch M.* (2011)
Comparison of carbonate C and O stable isotope records
across the Jurassic/Cretaceous boundary in the Tethyan
and Boreal Realms // *Palaeogeography, Palaeoclima-
tology, Palaeoecology*. 2011. V. 299. P. 83–96.
- Zakharov V. A., Rogov M. A.* (2004) The Boreal-Tethyan bio-
geographical ecotone in Europe during the Jurassic-Cre-
taceous transition based on molluscs // *Revista Italiana
di Paleontologia e Stratigrafia*, 2004. V. 110. No 1.
P. 339–344.