

УДК 564.1:551.736(571.56+571.65:26)

doi: 10.26907/2542-064X.2020.2.205-217

МОРСКИЕ ДВУСТВОРЧАТЫЕ МОЛЛЮСКИ КАК ИНДИКАТОРЫ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ПЕРМИ СЕВЕРО-ВОСТОКА АЗИИ

А.С. Бяков

*Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило
ДВО РАН, г. Магадан, 685000, Россия
Северо-Восточный государственный университет, г. Магадан, 685000, Россия*

Аннотация

Морские двустворчатые моллюски являются хорошими индикаторами климатических изменений в перми Северо-Востока Азии. В работе показано, что таксоны двустворок родового ранга можно подразделить на тропические, теплолюбивые, умеренно теплолюбивые (низкобореальные) и холоднолюбивые (высокобореальные). Динамику видового разнообразия двустворок можно использовать в качестве дополнительного критерия распознавания климатических изменений. Отмечено, что в целом в пермском периоде температурные условия существования фауны двустворок в регионе были достаточно благоприятными. Раннепермское гондванское оледенение, по-видимому, не оказало влияния на состав бивальвиевых сообществ. Резкое обеднение сообществ бентоса с доминированием иноцерамоподобных форм проявилось из-за похолодания во второй половине рюда – начале ворда. Два эпизода похолодания установлены в начале и конце кепитена. В позднем вучапине и конце чансина фиксируются эпизоды потепления, которые подтверждаются проникновением в акватории бассейнов Северо-Востока Азии ряда тропических таксонов. Полученные результаты имеют важное значение для палеоклиматических реконструкций пермского периода.

Ключевые слова: морские двустворчатые моллюски, палеоклиматические реконструкции, Северо-Восток Азии, пермь

Введение

Реконструкция климатов прошлого является одним из важнейших направлений исследований современной геологии и связанных с ней научных областей. Особенно это касается позднего палеозоя, в течение которого произошли драматические климатические изменения, во многом напоминающие позднечетвертичные и современные.

Температурный режим, определяющийся в первую очередь климатом, является одним из основных факторов, контролирующих распространение организмов в морских бассейнах как прошлого, так и современности [1, 2].

В фанерозойской истории Земли были временные интервалы, когда температурный градиент почти не проявлялся (например, в девоне), но известны и противоположные примеры (в частности, поздний палеозой), когда климатическая дифференциация проявлялась очень отчетливо. Особенно яркой она была

в пермском периоде. Морские двустворчатые моллюски, как и другие группы бентоса, очень наглядно иллюстрируют этот феномен.

Цель настоящей работы – показать, что морские двустворчатые моллюски являются надежными индикаторами климатических изменений для перми Северо-Восточной Азии и по ним можно проводить реконструкции этих изменений.

Общая характеристика главных пермских биохорий по двустворчатым моллюскам

В пермском периоде многие исследователи признают существование трех крупных биохорий высокого ранга: Бореальной, Тетической и Гондванской (Нотальной), которые обычно рассматриваются в ранге областей или надобластей (см., например, [3] и др., а также [4–6]).

Для **Тетической надобласти**, охватывающей бассейны Южной Монголии, Приморья, Корякии, Японии, Северной Америки (кроме Юкона), Средиземноморья, Северного Кавказа, Ирана, Памира, Индокитая, Южного Китая, Малазии, характерно исключительное богатство таксономического состава двустворчатых моллюсков ([7–14] и др.). Здесь широко проявлен эндемизм на уровне семейств. Характерны многие группы двустворок, отсутствующие в бассейнах умеренных широт – посидонииды, энтолиида, аннуликонхиды, изогномонииды, остреиды, алатоконхиды и др. Много параллелонтид, бакевеллид, миалинид, птеринеид, раличных групп пектиноидных, птеринопектинид, шизодусов и некоторых близких к ним родов. Для этой надобласти можно выделить специфические индикаторные таксоны: *Pterinopectinella*, *Pernopecten*, *Annuliconcha*, *Leptochondria*, *Goniophora*, *Costatoria*, *Gryphellina*.

Кроме того, двустворки, как правило, являются второстепенным элементом бентосных тетических сообществ, явно уступая, особенно в количественном отношении, брахиоподам и некоторым другим группам [15].

Гондванская надобласть включает в себя морские бассейны Южной Америки (Аргентина и Бразилия), Южной Африки, Индостана, Тибета, Океании (Тимор и Новая Каледония), Антарктиды, Западной и Восточной Австралии и Новой Зеландии. Сообщества двустворчатых моллюсков, так же как и в Бореальной надобласти, характеризуются относительно невысоким таксономическим разнообразием ([16–22] и др.). В ранней перми присутствует эндемичное семейство Euridesmidae, а в средней – Permoceraminae. Имеется несколько эндемичных подсемейств пектиноидных [18, 23]. Характерно также распространение группы иноцеромоподобных двустворчатых моллюсков подсемейства Atomodesmatinae, широко развито явление биполярности (на уровне родов и даже отдельных видов).

Бореальная надобласть делится нами на две области: Западнореальную (низкоширотную) и Восточнореальную (высокоширотную) [6].

Западнореальная включает в себя морские бассейны Англии, Прибалтики, Германии Польши, север Русской плиты (включая п-ов Канин и о. Колгуев), Приуралье, Поволжье, Печорский бассейн, Шпицберген, Гренландию и Канадский Арктический архипелаг. Восточнореальная область охватывает бассейны северо-восточной Азии (кроме Корякии) – Верхоянье и Колымо-Омолончо-Чукотский регион, а также Таймыр, Новую Землю, Забайкалье, центральную и северную Монголию.

Бореальные сообщества двустворок отличаются прежде всего относительно невысоким таксономическим разнообразием, ранг которого не превышает семейственного или даже подсемейственного ([6, 24-27] и др.). Из бореальных эндемичных подсемейств двустворок можно назвать только *Kolumiinae*, доминирующее во многих бассейнах восточной части Бореальной надобласти. Полностью отсутствуют здесь многие пектиноидные формы (посидонииды, энтолииды, аннуликонхиды и др.), алатоконхиды, изогномониды, а также вышеотмеченные индикаторные тетические роды. Весьма ограниченное распространение имеют птеринопектинида, кардитиды и люциниды. Нередко в сообществах значительную роль играют нукулиды; велика доля родов, имеющих биполярное распространение, особенно *Merismopteria*, *Undopecten*, *Myophossa*, *Cosmotrypa*, *Praeundulomya*, *Vacunella*, *Myonia*, *Megadesmus*, *Pyramus*, *Stutchburia*.

Важнейшей группой пермских двустворчатых моллюсков Бореальной надобласти являются иноцерамоподобные двустворки-колымиды. Особенно они характерны для восточной (высокоширотной) ее части, позволяя обособлять Восточнореальную (Высокобореальную) область.

В отличие от бассейнов надобласти Тетис, в некоторых бореальных бассейнах (в частности, северо-восточноазиатских) двустворки являются одной из главных групп бентоса, будучи представленными большим количеством экземпляров и иногда играя пороодообразующую роль.

Кроме таксонов двустворок, характерных для той или иной надобласти, в них встречаются и таксоны-космополиты. Это прежде всего многие нукулиды (*Nuculopsis*, *Palaeoneilo*, *Phestia*), а также некоторые солемииды (*Solemya*), униониды (*Schizodus*), митилиды (*Myalina*, *Parallelodon*, *Modiolus*, *Promytilus*, *Lithophaga*), ряд пектиноидных (*Streblopteria*, *Pseudomonotis*, *Cyrtorostra*, *Elimata*, *Palaeolima*, *Plagiostoma*), фоладомииды (*Solenomorpha*) и люциниды (*Astartella*). Часть из них почти не несет информации о возможных климатических изменениях, однако другие (в частности, *Myalina*, *Parallelodon*, *Modiolus*, *Promytilus*, *Pseudomonotis*, *Cyrtorostra*) могут быть использованы для палеоклиматических реконструкций.

Роды-индикаторы температурных изменений двустворок в перми Северо-Востока Азии

Хотя двустворчатые моллюски в целом являются экологически довольно пластичной группой [2], все они, тем не менее, предпочитают определенные оптимальные условия существования. Несмотря на то что практически все пермские родовые таксоны двустворок Северо-Восточной Азии являются вымершими, для большинства можно найти современные родственные или близкие таксоны и по аналогии с ними попытаться определить, при каких температурных условиях могли жить их пермские родственники.

Среди пермских двустворок Северо-Востока Азии нами выделены следующие группы: тропические, теплолюбивые, умеренно теплолюбивые (низкобореальные) и холоднолюбивые (высокобореальные) таксоны.

Дж. Уотерхауз и Г. Ши [28] установили ряд индикаторных таксонов морских двустворок для гондванских холодноводных сообществ: *Orbiculopecten*, *Striochondria*, *Eurydesma*, *Etheripecten*, *Stutchburia*, *Merismopteria*, *Myonia*, *Pachymyonia*, *Vacunella*. Первые четыре рода не встречены в морских бассейнах

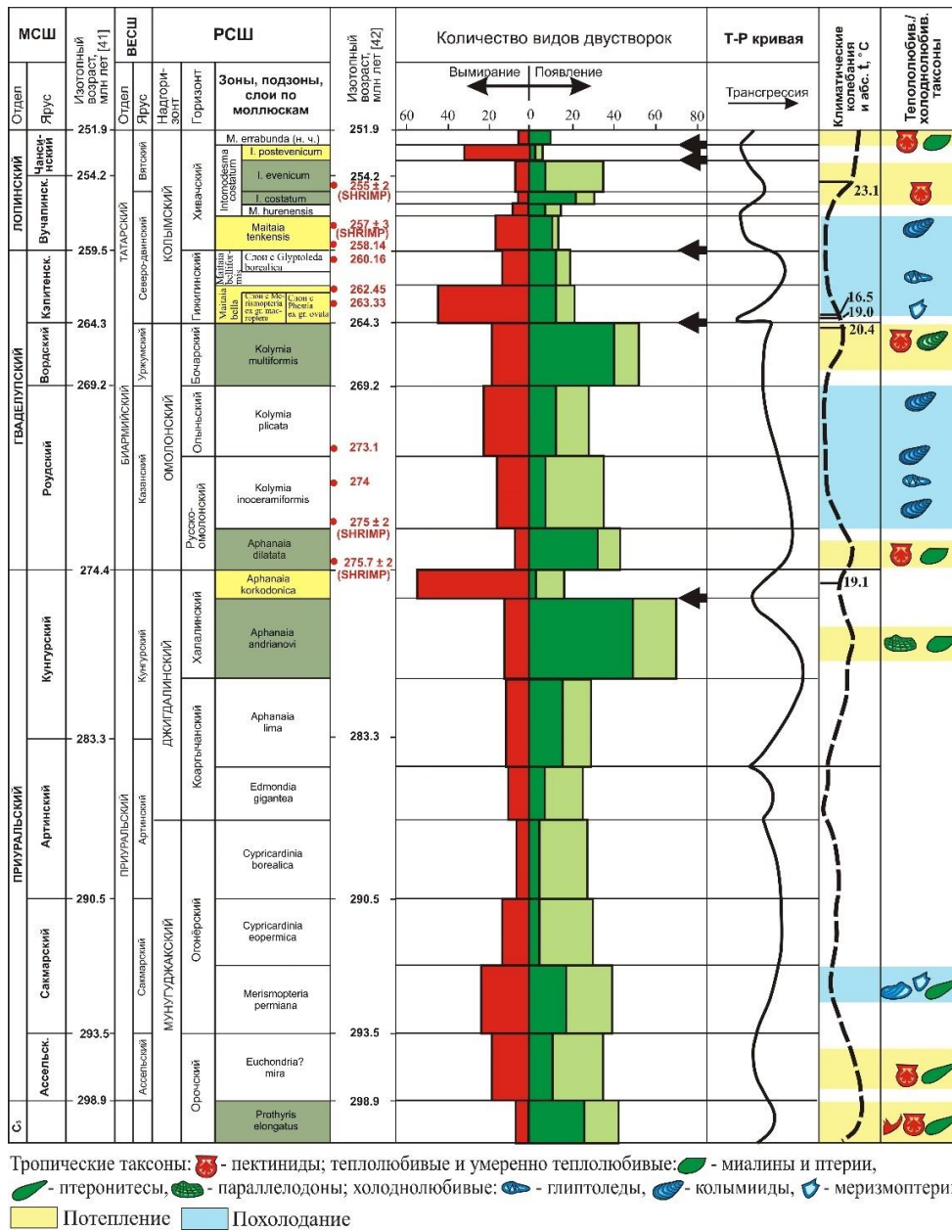


Рис. 1. Изменение биоразнообразия двустворчатых моллюсков Северо-Востока Азии и климатические изменения в течение перми (по [35], с изменениями и дополнениями). МСШ – Международная стратиграфическая шкала, ВЕСШ – Восточно-Европейская (Общая) стратиграфическая шкала, РСШ – Региональная стратиграфическая шкала, Т-Р – трансгрессивно-регрессивная, SHRIMP – датировки абсолютного возраста, полученные методом SHRIMP. Черными стрелками показаны события вымирания

Северо-Востока Азии, в частности такой широко распространенный в Гондване таксон, как *Eurydesma*, считающийся индикаторным для гондванского похолодания [29–31]. Среди оставшихся пяти родов только *Stutchburia* (условно) и *Merismopteria*, по нашему мнению, могут указывать на похолодание. Мы считаем,

что роды *Myonia*, *Pachymyonia* и *Vacunella* не могут рассматриваться в качестве холоднолюбивых таксонов, поскольку они присутствуют в сообществах бивальвий вместе с явно теплолюбивыми формами (например, *Pachymyonia* встречена вместе с теплолюбивыми пектинидами в зонах *Multiformis* и *Costatum*, рис. 1), а для *Myonia* нами вообще не установлено какой-то избирательности: этот таксон может встречаться как в холодных интервалах, так и теплых.

Еще один холоднолюбивый род, по нашему мнению, – *Glyptoleda*, находки которого приурочены к интервалам низкого биоразнообразия при отсутствии явно теплолюбивых таксонов.

Очевидно также, что всю группу иноцерамоподобных двустворок (особенно если она преобладает на том или ином интервале разреза) можно рассматривать как относительно холоднолюбивую. Подтверждением этого предположения является безраздельное господство представителей иноцерамоподобных двустворок именно в морях Северо-Восточной Азии [27], в то время как в низкобореальных бассейнах представители этой группы очень редки (Печорский бассейн, север Русской плиты, Шпицберген, Гренландия) или полностью отсутствуют (остальные низкобореальные бассейны). Дополнительным подтверждением наших предположений о холодноводности колымид является и почти полное отсутствие какого-либо другого бентоса, кроме иноцерамоподобных двустворок, в холодные временные интервалы (см. рис. 1), в частности в конце роуда – первой половине ворда.

К тропическим родам, характерным исключительно для тетических (палеоэваториальных) сообществ, относятся *Guizhoupecten*, *Leptochondria*, *Claraioides*.

К теплолюбивым родам, характеризующим низкобореальные бассейны, а также встречающимся в бассейнах надобласти Тетис, относятся *Parallelodon*, *Myalina*, *Septimyalina*, *Liebea*, *Pteria*, *Pteronites*, *Plagiostoma*, *Unionites*, *Fasciculiconcha*, *Streblochondria*, *Crittendenia*, *Euchondria*, *Obliquepecten*, *Pseudomonotis*, *Cyrtorostra*, *Vnigripecten*. В то же время, как показывает проведенный анализ таксономического состава пермских сообществ двустворок Северо-Восточной Азии, они могут встречаться и в высокобореальных бассейнах в периоды относительного потепления климата.

К умеренно теплолюбивым родам нами отнесены *Exochorhynchus* и *Prothyris*, а также, вероятно, *Modiolus*, *Palaeolima* и *Streblopteria* (в случае, если этот род представлен несколькими видами).

Изменение биоразнообразия двустворок в перми Северо-Востока Азии как показатель климатических изменений

Известно, что изменение биоразнообразия фаунистических ассоциаций может быть связано прежде всего с климатическими изменениями (см., например, [32, 33]). В частности, в настоящее время биоразнообразие в тропических морях в несколько раз больше, чем в умеренно-холодных и арктических, что впервые было установлено еще А. Гумбольдтом (цит. по [34]). Поэтому мы использовали этот показатель как важное свидетельство тех или иных климатических изменений в течение перми.

Ранее нами [27, 35] были установлены несколько уровней увеличения и уменьшения видового разнообразия среди двустворчатых моллюсков – одной

из наиболее широко распространенных групп пермской биоты Северо-Востока Азии. Большая часть из этих изменений совпадает с аналогичными изменениями и среди других доминирующих групп фауны – мелких фораминифер и брахиопод.

Конечно, увеличение биоразнообразия могло быть связано не только с потеплением, но и с изменением палеогеографических условий, в частности с трансгрессивными эпизодами. В то же время появление (или исчезновение) в сообществах ряда теплолюбивых элементов среди тех или иных групп фауны, как правило, коррелирует с предполагаемыми климатическими изменениями и может прямо указывать на них (см. рис. 1).

Реконструкции климатических изменений в перми Северо-Востока Азии по двустворчатым моллюскам

Конец карбона ознаменовался кратковременным глобальным эпизодом существенного потепления климата, что подтверждается находками конодонтов и ряда теплолюбивых таксонов среди двустворок в регионе [36]. Вероятно, в самом начале перми (время *Mira*) (см. рис. 1), когда в сообществах двустворок продолжали обитать теплолюбивые *Leptochondria*, умеренно-теплолюбивые *Parallelodon*, *Modiolus*, *Promytilus*, *Pteronites*, а также *Prothyris*, температурные условия существования сообществ бентоса также были достаточно теплыми.

В течение первой половины перми (ассель – середина артина), по-видимому, сохранялись умеренно-теплые условия обитания сообществ бентоса. В это время таксономическое разнообразие двустворок (как и других основных групп биоты) было относительно высоким и постоянным. Присутствие ряда теплолюбивых таксонов двустворок (*Parallelodon*, *Modiolus*, *Pteronites*) подтверждает сказанное. Лишь в середине рассматриваемого отрезка времени (время *Permiana* – *Eopermiana*), когда исчезли вышеотмеченные теплолюбивые таксоны и появились холодноводные *Stutchburia* и *Merismopteria*, возможно, температура обитания двустворок была несколько ниже.

Относительно теплые условия существования сохранялись, вероятно, и в течение второй половины артинского – кунгурском веке, несмотря на исчезновение теплолюбивых *Pteronites* и появление иноцерамоподобных форм. В конце кунгура (уфимский век) произошло крупное вымирание многих групп пермской биоты [35], однако оно не было связано с климатическими изменениями. Подтверждением этому служит недавно полученные данные о достаточно высоких палеотемпературах (+19.1 °C) для времени *Korkodonica*, вычисленные по значению $\delta^{18}\text{O}$ раковинного вещества брахиоподы-спирифериды хорошей сохранности (David Bond, личное сообщение).

В начале роудского века еще сохранялись относительно теплые условия обитания фауны, что подтверждается довольно высоким биоразнообразием представителей всех групп фауны, а также присутствием теплолюбивых *Septimyalina*, *Parallelodon*, *Pseudomonotis*, *Cyrtorostra* и *Vnigripecten*. Большая часть остальной части роуда и часть ворда характеризовалась, очевидно, более холодными условиями, поскольку на этом возрастном интервале наблюдается относительно низкое биоразнообразие и полностью отсутствуют теплолюбивые таксоны. В сообществах бентоса доминируют колымииды. Кроме того, на юго-восточной периферии Омолонского бассейна отмечено появление холоднолюбивых *Glyptoleda*.

Лишь в конце ворда произошло значительное увеличение биоразнообразия всех групп биоты, а в сообществах двустворок появились относительно теплолюбивые таксоны (*Parallelodon*, *Modiolus*, *Fasciculiconcha*, *Crittendenia*, ряд пектиноидных, сходных с описанными из северо-американской формации Ворд), что позволяет предполагать потепление климата.

Начало кепитенского века отмечено крупнейшим биотическим кризисом и резким снижением биоразнообразия во всех группах фауны, причины которого до сих пор не вполне ясны [35]. Вероятно, имело место и определенное понижение температуры, свидетельством чему может служить появление холоднолюбивых *Merismopteria*, а также установленный отрицательный тренд палеотемператур (от +20.4 °С в конце ворда до +16.5 °С в начале кепитена) [35].

В дальнейшем на протяжении почти всего кепитена и первой половины вучапина биоразнообразие оставалось довольно низким, кроме того, в конце кепитена в сообществах двустворок вновь появляются холоднолюбивые *Glyptoleda*, что позволяет предполагать значительное похолодание.

Вторая половина вучапина связан со значительным увеличением биоразнообразия во всех группах биоты и появлением ряда теплолюбивых таксонов (*Promytilus*, *Fasciculiconcha*, *Guizhoupecten*, *Obliquipecten*, *Cyrtorostra*, *Vnigripecten*) как среди двустворок, так и среди других групп фауны, в частности крупных кораллов-ругоз, аналогичных описанным с о. Тимор [37]. Еще один эпизод потепления отмечается в конце перми – позднем чансине, когда в сообществах двустворок появляются единичные представители тетического рода *Claraioides* [38], а также *Myalina*, *Pteria* и *Unionites* [39].

Заключение

Проведенные исследования показывают, что морские двустворчатые моллюски являются хорошим индикатором климатических изменений и могут использоваться для их реконструкции, в частности, для перми Северо-Востока Азии.

Несмотря на постепенное смещение северо-восточно-азиатских бассейнов в высокие широты в течение перми в результате дрейфа литосферных плит [40], в целом температурные условия существования фауны в регионе были достаточно благоприятными. В ранней перми гондванское оледенение почти не оказывало влияния на состав сообществ двустворок. Очевидно, его влияние, выразившееся в резком обеднении сообществ бентоса, среди которого доминировали иноцерамоподобные формы, проявилось лишь во второй половине роуда – начале ворда. Еще по крайней мере два эпизода похолодания, вероятно, могут быть установлены в начале и конце кепитена.

В позднем вучапине и конце чансина фиксируются эпизоды потепления, подтверждаемые проникновением в акватории бассейнов Северо-Востока Азии ряда тропических элементов, а для позднего вучапина – и палеотемпературными определениями [35].

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-05-00604. Палеоклиматические выводы осуществлены при финансовой поддержке РНФ (проект № 19-17-00178).

Литература

1. *Зезина О.Н.* Экология и распространение современных брахиопод. – М.: Наука, 1976. – 139 с.
2. *Скарлато О.А.* Двустворчатые моллюски умеренных вод Северо-Западной части Тихого океана. – Л.: Наука, 1981. – 480 с.
3. *Устрицкий В.И.* Зоогеография позднепалеозойских морей Сибири и Арктики // Учен. зап. НИИГА, сер. палеонтол. и биостратигр. – Л.: НИИГА, 1970. – Вып. 29. – С. 58–77.
4. *Грунт Т.А.* Биогеография пермских морских бассейнов // Палеонтол. журн. – 1995. – № 4. – С. 10–24.
5. *Shi G.R., Grunt T.A.* Permian Gondwanan-Boreal antitropicality with special reference to brachiopod faunas // *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* – 2000. – V. 155, No 3–4. – P. 239–263. – doi: 10.1016/S0031-0182(99)00118-2.
6. *Biakov A.S.* Biogeography of the Permian marine Boreal basins based on bivalves // *Paleontol. J.* – 2015. – V. 49, No 11 – P. 1184–1192. – doi: 10.1134/S0031030115110040.
7. *Girty G.H.* The fauna of the phosphate beds of the Park City formation in Idaho, Wyoming and Utah // *U.S. Geol. Surv.* – 1910. – Bull. 436. – 82 p.
8. *Chronic H.* Molluscan fauna from the Permian Kaibab formation Walnut Canyon, Arizona // *Bull. Geol. Soc. Am.* – 1952. – V. 63, No 2. – P. 95–165.
9. *Chen C.-C.* Lamellibranchiata from the Upper Permian of Ziyun, Guizhou (Kueichow) // *Acta Palaeontol. Sin.* – 1962. – V. 10, No. 2. – P. 191–203.
10. *Ciriacks K.W.* Permian and Eotriassic bivalves of the Middle Rockies // *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* – 1963. – V. 125, Art. 1 – 100 p.
11. *Nakazawa K., Newell N.D.* Permian bivalves of Japan // *Mem. Fac. Sci., Kyoto Univ., Ser. Geol. Mineral.* – 1968. – V. 35, No. 1. – 108 p.
12. *Newell N.D., Boyd D.W.* Oyster-like Permian Bivalvia // *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* – 1970. – V. 143, Art. 4. – P. 219–281.
13. *Newell N.D., Boyd D.W.* Pectinoid bivalves of the Permian–Triassic crisis // *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* – 1995. – No. 227. – 95 p.
14. *Yancey T.E., Boyd D.W.* Revision on the Alatoconchidae: A remarkable family of Permian bivalves // *Palaeontology.* – 1983. – V. 26, No 3. – P. 497–520.
15. *Невесская Л.А.* Этапы развития бентоса фанерозойских морей. – М.: Наука, 1998. – 503 с.
16. *Dickins J.M.* Permian pelecypods from the Carnarvon Basin, Western Australia // *Bull. – Bur. Miner. Resour., Geol. Geophys. (Aust.).* – 1956. – No 29. – 42 p.
17. *Waterhouse J.B.* Permian stratigraphy and faunas of New Zealand // *Bull. – N. Z., Geol. Surv.* – 1964. – V. 72. – 101 p.
18. *Waterhouse J.B.* Late Paleozoic Brachiopoda and Mollusca from Wairaki Downs, New Zealand // *Earthwise.* – 2001. – V. 3. – 195 p.
19. *Rocha-Campos A.C.* Moluscos permianos da Formação Rio Bonito (Subgrupo Guatá) SC. // *Bol. Dep. Nac. Prod. Miner., Div. Geol. Mineral.* – 1970. – N. 251. – 89 p.
20. *Runnegar B.* *Euridesma* and *Glendella* gen. nov. (Bivalvia) in the Permian of Eastern Australia // *Bull. – Bur. Miner. Resour., Geol. Geophys. (Aust.).* – 1970. – No 116. – P. 83–118.
21. *Runnegar B.* Late Palaeozoic Bivalvia from South America: Provincial affinities and age // *Ann. Acad. Bras. Cienc.* – 1972. – No. 44, Suppl. – P. 295–312.
22. *Gonzalez C.R.* Bivalvos del Permico inferior de Chubut, Argentina // *Acta Geol. Lilloana.* – 1974. – V. 12, No 13. – P. 233–271.

23. *Waterhouse J.B.* Aspects of the evolutionary record for fossils of the bivalve subclass Pteriomorpha Beurlen. // *Earthwise*. – 2008. – V. 8. – 220 p.
24. *Newell N.D.* Permian pelecipods of East Greenland // *Meddelelser om Grønland, udgivne af Kommissionen for videnskabelige undersøgelser i Grønland*. – København: C.A. Reitzel, 1955. – Bd. 110, No 4. – 36 p.
25. *Logan A.* Permian Bivalvia of Northern England // *Palaeontographical Society Monogr.* – 1967. – V. 121, No 518. – 72 p.
26. *Муромцева В.А., Гуськов В.А.* Пермские морские отложения и двустворчатые моллюски Советской Арктики. – Л.: Недра, 1984. – 208 с.
27. *Бяков А.С.* Зональная стратиграфия, событийная корреляция, палеобиогеография перми Северо-Востока Азии (по двустворчатым моллюскам). – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2010. – 262 с.
28. *Waterhouse J.B., Shi G.R.* Climatic implications from the sequential changes in diversity and biogeographic affinities for brachiopods and bivalves in the Permian of eastern Australia and New Zealand // *Gondwana Res.* – 2013. – V. 24, No 1. – P. 139–147. – doi: 10.1016/j.gr.2012.06.008.
29. *Waterhouse J.B., Bonham-Carter G.* Global distribution and character of Permian biomes based on brachiopod assemblages // *Can. J. Earth Sci.* – 1975. – V. 12. – P. 1085–1146.
30. *Runnegar B.* Ecology of *Eurydesma* and the *Eurydesma* fauna, Permian of eastern Australia // *Alcheringa*. – 1979. – V. 3, No 4. – P. 261–285. – doi: 10.1080/03115517908527798.
31. *Dickins J.M.* Late Palaeozoic glaciation // *BMR J. Aust. Geol. Geophys.* – 1985. – V. 9, No 2. – P. 163–169.
32. *Левен Э.Я.* Динамика родового разнообразия и основные этапы эволюции фузулинид // *Стратиграфия. Геол. корреляция*. – 2003. – Т. 11, № 3. – С. 15–26.
33. *Davydov V.I.* Warm water benthic foraminifera document the Pennsylvanian-Permian warming and cooling events – the record from the Western Pangea tropical shelves // *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* – 2014. – V. 414. – P. 284–295. – doi: 10.1016/j.palaeo.2014.09.013.
34. *Кафанов А.И.* Двустворчатые моллюски и фаунистическая биогеография северной Пацифики. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1991. – 196 с.
35. *Biakov A.S.* Permian biospheric events in Northeast Asia // *Stratigr. Geol. Correl.* – 2012. – V. 20, No 2. – P. 199–210. – doi: 10.1134/S0869593812020025.
36. *Davydov V.I., Biakov A.S.* Discovery of shallow-marine biofacies conodonts in a bioherm within the Carboniferous-Permian transition in the Omolon Massif, NE Russia near the North paleo-pole: Correlation with a warming spike in the southern hemisphere // *Gondwana Res.* – 2015. – V. 28. – P. 888–897. – doi: 10.1016/j.gr.2014.07.008.
37. *Соколов Б.С.* Класс Anthozoa – коралловые полипы // *Полевой атлас пермской фауны и флоры Северо-Востока СССР*. – Магадан: Магадан. кн. изд-во, 1970. – С. 39–42.
38. *Буяков А.С. (Biakov A.S.)* Complete succession of the Permian in northeast Asia: Paleontological evidence for the presence of Changhsingian analogues // *Dokl. Earth Sci.* – 2001. – V. 378, No 1. – P. 399–401.
39. *Biakov A.S., Kutugin R.V., Goryachev N.A., Burnatny S.S., Naumov A.N., Yadrenkin A.V., Vedernikov I.L., Tretyakov M.F., Brynko I.V.* Discovery of the Late Changhsingian bivalve complex and two fauna extinction episodes in Northeastern Asia at the end of the Permian // *Dokl. Biol. Sci.* – 2018. – V. 480, No 1. – P. 78–81. – doi: 10.1134/S0012496618030018.
40. *Scotese C.R.* Atlas of Permo-Triassic paleogeographic maps (Mollweide projection), Maps 49–57, V. 3–4 of the PALEOMAP Atlas for ArcGIS, PALEOMAP Project – Evanston, IL., 2014. – doi: 10.13140/2.1.2609.9209.

41. *Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.B., Ogg G.M.* The Geologic Time Scale 2020. – Elsevier, 2020. – 1268 p.
42. *Бяков А.С., Ведерников И.Л., Брынько И.В.* На пути совершенствования Региональной стратиграфической схемы перми Северо-Востока России: результаты и достижения последнего десятилетия // Вестн. СВНЦ ДВО РАН – 2020. – № 1. – С. 47–56. – doi: 10.34078/1814-0998-2020-1-47-56.

Поступила в редакцию
29.04.2020

Бяков Александр Сергеевич, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией; профессор

Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило ДВО РАН

ул. Портовая, д. 16, г. Магадан, 685000, Россия

Северо-Восточный государственный университет

ул. Портовая, д. 13, Магадан, 685000, Россия

E-mail: abiakov@mail.ru

ISSN 2542-064X (Print)
ISSN 2500-218X (Online)

UCHENYE ZAPISKI KAZANSKOGO UNIVERSITETA. SERIYA ESTESTVENNYE NAUKI
(Proceedings of Kazan University. Natural Sciences Series)

2020, vol. 162, no. 2, pp. 205–217

doi: 10.26907/2542-064X.2020.2.205-217

Marine Bivalves as Indicators of Climatic Changes in the Permian of Northeast Asia

A.S. Biakov

N.A. Shilo North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute, Far East Branch,

Russian Academy of Sciences, Magadan, 68500 Russia

Northeastern State University, Magadan, 685000 Russia

E-mail: abiakov@mail.ru

Received April 29, 2020

Abstract

Climatic reconstruction of the past is one of the most important areas of research in modern geology and related scientific fields. This is especially true for the Late Paleozoic, during which dramatic climatic changes occurred, in many respects reminiscent of the Late Quaternary and the modern ones. This paper discusses the possibility of using marine bivalves as indicators of climatic changes in the Permian of Northeast Asia. Based on the analysis of the confinement of the genera of Permian bivalves and their modern analogues to certain biocoenoses, tropical, thermophilic, and moderately thermophilic (low-Boreal) and cold-loving (high-Boreal) taxa of the genus rank were identified. The dynamics of bivalve species diversity was used as an additional criterion for recognizing climatic changes in the Permian of Northeast Asia. It was shown that, in general, the temperature conditions were quite favorable for the fauna in the region. In the Early Permian, the Gondwanan glaciation apparently did not affect the composition of bivalve communities. A sharp depletion of benthonic communities dominated by *Inoceramus*-like bivalves took place in the second half of the Roadian – during the beginning of the Wordian. At least two more episodes of cold snap were established at the beginning and end of the Capitanian. In the Late Wuchiapingian and Late Changhsingian, warming episodes were recorded, which is confirmed by the invasions of a number of tropical taxa into the basins of Northeast Asia and by the paleotemperature determinations. It was concluded that marine bivalves serve as a good indicator

of climatic changes and can be successfully used for their reconstruction, in particular, for the Permian of Northeast Asia. The results obtained are of great importance for paleoclimatic reconstructions.

Keywords: marine bivalves, paleoclimatic reconstructions, Northeast Asia, Permian

Acknowledgements. The study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project no. 20-05-00604). Paleoclimatic conclusions were made with the financial support of the Russian Science Foundation (project no. 19-17-00178).

Figure Captions

Fig. 1. Changes in the biodiversity of bivalves in Northeast Asia and climatic changes during the Permian (according to [35], with revisions and additions). MSSh – International Stratigraphic Scale, VESSh – East European (General) Stratigraphic Scale, RSSh – Regional Stratigraphic Scale. The black arrows indicate extinction events.

References

1. Zezina O.N. *Ekologiya i rasprostranenie sovremennykh brakhiopod* [Ecology and Distribution of Modern Brachiopods]. Moscow, Nauka, 1976. 139 p. (In Russian)
2. Scarlato O.A. *Dvustvorchatye mollyuski umerennykh vod Severo-Zapadnoi chasti Tikhogo okeana* [Bivalve Mollusks in Temperate Waters of the Northwest Pacific Ocean]. Leningrad, Nauka, 1981. 480 p. (In Russian)
3. Ustritsky V.I. Zoogeography of the Late Paleozoic seas of Siberia and the Arctic. *Uch. Zap. NIIGA, Ser. Paleontol. Biostratigr.*, 1970, no. 29, pp. 58–77. (In Russian)
4. Grunt T.A. Biogeography of the Permian marine basins. *Paleontol. Zh.*, 1995, no. 4, pp. 10–24. (In Russian)
5. Shi G.R., Grunt T.A. Permian Gondwanan-Boreal antitropicality with special reference to brachiopod faunas. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 2000, vol. 155, nos. 3–4, pp. 239–263. doi: 10.1016/S0031-0182(99)00118-2.
6. Biakov A.S. Biogeography of the Permian marine Boreal basins based on bivalves. *Paleontol. J.*, 2015, vol. 49, no. 11, pp. 1184–1192. doi: 10.1134/S0031030115110040.
7. Girty G.H. The fauna of the phosphate beds of the Park City formation in Idaho, Wyoming and Utah. *U.S. Geol. Surv.*, 1910, bull. 436. 82 p.
8. Chronic H. Molluscan fauna from the Permian Kaibab formation, Walnut Canyon, Arizona. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 1952, vol. 63, no. 2, pp. 95–165.
9. Chen C.-C. Lamellibranchiata from the Upper Permian of Ziyun, Guizhou (Kueichow). *Acta Palaeontol. Sin.*, 1962, vol. 10, no. 2, pp. 191–203.
10. Ciriacks K.W. Permian and Eotriassic bivalves of the Middle Rockies. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, 1963, vol. 125, art. 1. 100 p.
11. Nakazawa K., Newell N.D. Permian bivalves of Japan. *Mem. Fac. Sci., Kyoto Univ., Ser. Geol. Mineral.*, 1968, vol. 35, no. 1. 108 p.
12. Newell N.D., Boyd D.W. Oyster-like Permian Bivalvia. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, 1970, vol. 143, art. 4, pp. 219–281.
13. Newell N.D., Boyd D.W. Pectinoid bivalves of the Permian–Triassic crisis. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, 1995, no. 227. 95 p.
14. Yancey T.E., Boyd D.W. Revision on the Alatoconchidae: A remarkable family of Permian bivalves. *Palaeontology*, 1983, vol. 26, no. 3, pp. 497–520.
15. Nevenskaya L.A. *Etapy razvitiya bentosa fanerozoiskikh morei* [Stages of Benthos Development in Phanerozoic Seas]. Moscow, Nauka, 1998. 503 p. (In Russian)
16. Dickins J.M. Permian pelecypods from the Carnarvon Basin, Western Australia. *Bull. – Bur. Miner. Resour., Geol. Geophys. (Aust.)*, 1956, no. 29. 42 p.
17. Waterhouse J.B. Permian stratigraphy and faunas of New Zealand. *Bull. – N. Z., Geol. Surv.*, 1964, vol. 72. 101 p.

18. Waterhouse J.B. Late Paleozoic Brachiopoda and Mollusca from Wairaki Downs, New Zealand. *Earthwise*, 2001, vol. 3, 195 p.
19. Rocha-Campos A.C. Moluscos permianos da Formação Rio Bonito (Subgrupo Guatá) SC. *Bol. Dep. Nac. Prod. Miner., Div. Geol. Mineral.*, 1970, no. 251. 89 p. (In Portuguese)
20. Runnegar B. *Euridesma* and *Glendella* gen. nov. (Bivalvia) in the Permian of Eastern Australia. *Bull. – Bur. Miner. Resour., Geol. Geophys. (Aust.)*, 1970, no. 116, pp. 83–118.
21. Runnegar B. Late Palaeozoic Bivalvia from South America: Provincial affinities and age. *Ann. Acad. Bras. Cienc.*, 1972, no. 44, suppl., pp. 295–312.
22. Gonzalez C.R. Bivalvos del Permico inferior de Chubut, Argentina. *Acta Geol. Lilloana*, 1974, vol. 12, no. 13, pp. 233–271. (In Spanish)
23. Waterhouse J.B. Aspects of the evolutionary record for fossils of the bivalve subclass Pteriomorpha Beurlen. *Earthwise*, 2008, vol. 8. 220 p.
24. Newell N.D. Permian pelecipods of East Greenland. In: *Meddelelser om Grønland, udgivne af Kommissionen for videnskabelige undersøgelser i Grønland*. København, C.A. Reitzel, 1955, Bd. 110, No 4. 36 p. (In Danish)
25. Logan A. Permian Bivalvia of Northern England. *Palaeontogr. Soc. Monogr.*, 1967, vol. 121, no. 518. 72 p.
26. Muromtseva V.A., Gus'kov V.A. *Permskie morskije otlozheniya i dvustvorchatye mollyuski Sovetskoi Arktiki* [Permian Marine Deposits and Bivalve Mollusks of the Soviet Arctic]. Leningrad, Nedra, 1984. 208 p. (In Russian)
27. Biakov A.S. *Zonal'naya stratigrafiya, sobytiinaya korrelyatsiya, paleobiogeografiya (po dvustvorchatym mollyuskam)* [Zonal Stratigraphy, Event Correlation, Paleobiogeography of the Permian of Northeast Asia (Based on Bivalves)]. Magadan, SVKNII DVO RAN, 2010. 262 p. (In Russian)
28. Waterhouse J.B., Shi G.R. Climatic implications from the sequential changes in diversity and biogeographic affinities for brachiopods and bivalves in the Permian of eastern Australia and New Zealand. *Gondwana Res.*, 2013, vol. 24, no. 1, pp. 139–147. doi: 10.1016/j.gr.2012.06.008.
29. Waterhouse J.B., Bonham-Carter G. Global distribution and character of Permian biomes based on brachiopod assemblages. *Can. J. Earth Sci.*, 1975, vol. 12, pp. 1085–1146.
30. Runnegar B. Ecology of *Eurydesma* and the *Eurydesma* fauna, Permian of eastern Australia. *Alcheringa*, 1979, vol. 3, no. 4, pp. 261–285. doi: 10.1080/03115517908527798.
31. Dickins J.M. Late Palaeozoic glaciation. *BMR J. Aust. Geol. Geophys.*, 1985, vol. 9, no. 2, pp. 163–169.
32. Leven E.Ya. Diversity dynamics of fusulinid genera and main stages of their evolution. *Stratigr. Geol. Correl.*, 2003, vol. 11, no. 3, pp. 220–230.
33. Davydov V.I. Warm water benthic foraminifera document the Pennsylvanian-Permian warming and cooling events – the record from the Western Pangea tropical shelves. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 2014, vol. 414, pp. 284–295. doi: 10.1016/j.palaeo.2014.09.013.
34. Kafanov A.I. *Dvustvorchatye mollyuski i faunisticheskaya biogeografiya severnoi Patsifiki* [Bivalve Mollusks and Faunistic Biogeography of the Northern Pacific]. Vladivostok, DVO AN SSSR, 1991. 196 p. (In Russian)
35. Biakov A. S. Permian biospheric events in Northeast Asia. *Stratigr. Geol. Correl.*, 2012, vol. 20, no. 2, p. 199–210. doi: 10.1134/S0869593812020025.
36. Davydov V.I., Biakov A.S. Discovery of shallow-marine biofacies conodonts in a bioherm within the Carboniferous-Permian transition in the Omolon Massif, NE Russia near the North paleo-pole: Correlation with a warming spike in the southern hemisphere. *Gondwana Res.*, 2015, vol. 28, pp. 888–897. doi: 10.1016/j.gr.2014.07.008.
37. Sokolov B.S. Class Anthozoa – coral polyps. In: *Polevoi atlas permskoi fauny i flory Severo-Vostoka SSSR* [Field Atlas of the Fauna and Flora from the Permian Deposits of the Northeastern USSR]. Magadan, Magadan. Knizhn. Izd., 1970, pp. 39–42. (In Russian)
38. Byakov A.S. (Biakov A.S.) Complete succession of the Permian in northeast Asia: Paleontological evidence for the presence of Changhsingian analogues. *Dokl. Earth Sci.*, 2001, vol. 378, no. 1, pp. 399–401.

39. Biakov A.S., Kutugin R.V., Goryachev N.A., Burnatny S.S., Naumov A.N., Yadrenkin A.V., Vedernikov I.L., Tretyakov M.F., Brynko I.V. Discovery of the Late Changhsingian bivalve complex and two fauna extinction episodes in Northeastern Asia at the end of the Permian. *Dokl. Biol. Sci.*, 2018, vol. 480, no. 1, pp. 78–81. doi: 10.1134/S0012496618030018.
40. Scotese C.R. Atlas of Permo-Triassic paleogeographic maps (Mollweide projection), Maps 49 – 57, Vol. 3–4 of the PALEOMAP Atlas for ArcGIS, PALEOMAP Project. Evanston, Ill., 2014. doi: 10.13140/2.1.2609.9209.
41. Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.B., Ogg G.M. *The Geologic Time Scale 2020*. Elsevier, 2020. 1268 p.
42. Biakov A.S., Vedernikov I.L., Bryn'ko I.V. Towards improving the Regional Stratigraphic Scale for the Permian of Northeast Russia: Latest years' results and achievements. *Vestn. SVNTs Dal'nevost. Otd. Ross. Akad. Nauk*, 2020, no. 1, pp. 47–56. doi: 10.34078/1814-0998-2020-1-47-56. (In Russian)

Для цитирования: Бяков А.С. Морские двустворчатые моллюски как индикаторы климатических изменений в перми Северо-Востока Азии // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2020. – Т. 162, кн. 2. – С. 205–217. – doi: 10.26907/2542-064X.2020.2.205-217.

For citation: Biakov A.S. Marine bivalves as indicators of climatic changes in the Permian of Northeast Asia. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennyye Nauki*, 2020, vol. 162, no. 2, pp. 205–217. doi: 10.26907/2542-064X.2020.2.205-217. (In Russian)