

СТРАТИГРАФИЯ

УДК 56.017.2 (571.3X268+551.763.1)

БИОТИЧЕСКИЕ И АБИОТИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ В ПОЗДНЕМ МЕЛУ
АРКТИЧЕСКОЙ БИОГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ

В.А. Захаров, Н.К. Лебедева*, В.А. Маринов*

Геологический институт РАН, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7, Россия

** Институт геологии нефти и газа СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Коптюга, 3, Россия*

Морская биота Арктической палеобиогеографической области отличалась от южнее расположенной Бореальной не наличием эндемиков высокого (надвидового) ранга, а таксономической бедностью. Типичной для Арктики является биота Западно-Сибирской провинции. В сводном разрезе верхнего мела на севере Западной Сибири установлены следы биотических и абиотических событий, приуроченные к границам ярусов или подъярусов: сеномана—турона, среднего—верхнего турона, турона—коньяка, нижнего—верхнего коньяка, коньяка—сантона, сантона—кампана и маастрихта—дания. Самые значительные биотические перестройки установлены на рубежах среднего—позднего турона, коньяка—сантона, сантона—кампана и маастрихта—дания. Отмечено два уровня совпадения максимального разнообразия донных моллюсков, фораминифер, диноцист и нивелировки таксономического состава этих же групп организмов: на рубеже сеномана—турона и в позднем сантоне. Они совпадают с самыми теплыми эпизодами в позднем мелу Северной Сибири. Оба этих биособытия соответствуют по времени накоплению „черносланцевых“ толщ, связанных с эвстатическим подъемом уровня моря в конце сеномана—начале турона и обширной бореальной трансгрессией в сантоне—раннем кампане. Не фиксируется существенное вымирание на границе сеномана и турона. Вымирание беспозвоночных в маастрихте Западно-Сибирской провинции имеет ступенчатый характер. Сокращение разнообразия биоты в Сибири к концу позднего мела было вызвано общим похолоданием на севере Евразии.

Арктическая биогеографическая область, морская биота, палеогеография, поздний мел.

BIOTIC AND ABIOTIC EVENTS OF THE LATE CRETACEOUS ARCTIC
BIOGEOGRAPHIC REALM

V.A. Zakharov, N.K. Lebedeva, and V.A. Marinov

The marine biota of the Arctic paleobiogeographic realm differed from the biota of the Boreal realm in being taxonomically depauperated rather than in having endemics of a high rank (Superrealm). The biota of the West Siberian province is typical of the Arctic. The Upper Cretaceous composite section in northern West Siberia contains traces of biotic and abiotic events restricted to the boundaries of stages or substages: Cenomanian-Turonian, Middle-Upper Turonian, Turonian-Coniacian, Lower-Upper Coniacian, Coniacian-Santonian, Santonian-Campanian, and Maastrichtian-Danian. There are two levels at which the maximum diversity of bottom mollusks, foraminifers, and dinocysts coincides and the taxonomic composition of the same groups becomes most even: at the Cenomanian-Turonian boundary and in the Late Santonian. They coincide with the warmest episodes in the Late Cretaceous of northern Siberia. The two bioevents correspond in time to accumulation of "black shales", associated with the eustatic rise of a sea level in the late Cenomanian-early Turonian and vast Boreal transgression in the Santonian-Early Campanian. No significant extinction has been recorded at the Cenomanian-Turonian boundary. The extinction of invertebrates in the Maastrichtian of the West Siberian province proceeded step by step. By the end of the Late Cretaceous, the Siberian biota became less diverse as a result of general cooling in northern Eurasia.

Arctic biogeographic realm, marine biota, paleogeography, Late Cretaceous

ВВЕДЕНИЕ

Верхнемеловые отложения по площади распространения на поверхности земного шара следуют за четвертичными. Это одна из причин того, что они изучаются исключительно интенсивно. Среди позднемеловых биотических событий, следы которых имеют глобальное или субглобальное распространение, обычно отмечаются перестройки на границах сеномана—турона и маастрихта—дания с массовым выми-

ранием в конце маастрихта; планктонный „взрыв“, перестройка в составе наземной растительности (экспансия цветковых растений) [1].

Многие закономерности развития фанерозойской биоты — этапность, динамика таксономического разнообразия, связь с абиотическими событиями (парниковый климат, тектоноэвстатические изменения уровня моря, аноксидные события, импакт на границе маастрихт—даний, тихоокеанский суперплюм) установлены по результатам исследования биоты позднего мела на примере альб-сеноманского, сеноман-туронского, маастрихт-датского рубежей [2—4]. Однако эти закономерности почти не исследованы на поздне меловой арктической биоте, поскольку изученность этой биоты все еще значительно отстает от изученности таковой в других частях Земли.

Среди седиментационных событий позднего мела широкую известность получили так называемые „черносланцевые“ эпизоды, с которыми связывают распространение аноксидных обстановок в переходное между сеноманом—туроном (ОАЕ2) и туроном—коньяком (ОАЕ3) время и тонкий прослой глин в основании дания с аномальной концентрацией в нем сидерофильных элементов, в частности иридия [1, 2, 4—6]. Следы упомянутых событий наиболее обстоятельно изучены в разрезах тетического, преимущественно средиземноморского, типа или в океанических осадках. В меньшей степени они освещены на материалах из Панбореальной палеобиогеографической надобласти и, если не считать нескольких работ авторов настоящей статьи, почти не обсуждались на материалах Арктической палеобиохоремы [7—11]. Между тем данные по высокоширотным районам являются даже более предпочтительными перед низкоширотными для выяснения причин вымирания организмов, в особенности, в связи с климатическими флуктуациями. Ясно, что игнорирование огромной территории Арктики (более 25 млн км²) ставит под сомнение рассуждения о „глобальности“ любых событий. Целью настоящей статьи является ликвидация этого пробела.

АРКТИЧЕСКАЯ БИОГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОБЛАСТЬ

Арктическая зоогеографическая область в позднем мелу включала всю материковую и шельфовую часть современной Арктики и некоторых, примыкающих с юга, площадей, покрытых в позднем мелу эпиконтинентальными морями, открывающимися в арктическую акваторию (рис. 1). Главная ее особенность — таксономическая бедность морских беспозвоночных в сравнении с расположенной южнее бореальной. Именно по этой причине, а также учитывая своеобразие поздне меловой циркумарктической флоры, В.Н. Сакс [12] предложил выделить в позднем мелу в Северном полушарии бореальный биогеографический пояс с тремя областями: Бореально-Атлантической, Арктической и Бореально-Тихоокеанской. Иерархия и номенклатура палеобиохорем (этот термин введен вместо преокупированного термина „биохория“ [13]) полностью соответствовали принятой в то время для юрского периода и неокома. Следуя современным представлениям и международным договоренностям, для обозначения биохоремы высшей категории мы отказались от термина „пояс“, который широко практикуется в климатологии [14—16]. В соответствии с более строгими критериями выделения палеобиохорем областного и провинциального рангов, следовало бы, возможно, понизить ранг поздне меловых биохорем, принимая во внимание отсутствие на протяжении всего позднего мела среди арктических эндемиков таксонов надвидового ранга

и филолиний, присущих только поздне меловой арктической биоте. Однако, учитывая некоторую условность в определении ранга палеобиохорем и сохраняя стабильность номенклатуры, мы принимаем деление, предложенное В.Н. Саксом [12].

МОРСКАЯ БИОТА

В составе поздне меловой морской биоты Арктики установлены следующие типы, классы и отряды: позвоночные (селахии, костистые рыбы, водные рептилии: ихтиозавры, мозозавры), моллюски (аммониты, белемниты, двустворчатые, гастроподы), иглокожие (морские ежи и лилии), членистоногие (ракообразные: высшие раки и остракоды), брахиоподы, губки (спикулы), простейшие (фораминиферы, радиолярии), микроскопиче-



Рис. 1. Положение поздне меловой Арктической биогеографической области в Панбореальной биогеографической надобласти.

ские водоросли (диатомеи, цисты динофлагеллат, силикофлагеллаты, прازیнофиты, акритархи, кокколитофориды). „Творцами" некоторых ихнофаций (*Rhynchocorallium*, *Scolithos* и *Cruziana*) могли быть разнообразные черви.

В разное время в морской позднемеловой арктической биоте преобладали определенные группы организмов. Например, в течение позднего сеномана — начале кампана в донных сообществах доминировали двустворчатые моллюски из семейства *Inoceramidae*, местами и в отдельные периоды времени в донных сообществах преобладали роды *Semidicranodonta* (= *Lopatinia*), *Falcimylus*, *Oxytoma* и беспозвоночные, оставлявшие следы типа *Arctichnus*, *Ophiomorpha*, *Rhynchocorallium*, а также мелкие горизонтальные следы. Более редкими были гастроподы, лишь спорадически существовали аммониты и белемниты, крайне редко скафоподы. Замковые брахиоподы установлены только в верхнем сеномане. Морские ежи встречены лишь в верхнем сантоне, остатки высших раков — в верхнем сантоне и маастрихте, зубы акул — в верхнем туроне и коньяке, морских ящеров — в коньяке, верхнем сантоне и маастрихте [17,18]. Микрофауна верхнего мела представлена многочисленными фораминиферами (более 80 родов), на отдельных уровнях — обильными комплексами радиолярий отряда *Spumellaria* [19] и единичными остракодами [20]. Очень разнообразны одноклеточные водоросли: диатомовые, диноцисты, зеленые (празиофиты) [21—23]. В кампана и маастрихте обнаружены кокколиты [24].

Насколько можно судить по хорошо изученным группам организмов: моллюскам (аммонитам, белемнитам, двустворчатым, гастроподам), фораминиферам, радиоляриям, диатомовым и динофлагеллатам, среди них нет ни одного таксона высокого ранга, имеющего арктические корни — все они, как и большинство таксонов видового ранга, являются иммигрантами из Европейской или Северо-Американской областей. Однако, несмотря на открытые морские пути, обеспечивавшие свободные связи Арктического бассейна с морями, расположенными южнее, ассоциации моллюсков и фораминифер Арктики оставались значительно более бедными и малочисленными по сравнению с одновозрастными ассоциациями даже северо-восточных районов Европы. Низкое разнообразие морских беспозвоночных вступает в противоречие со свидетельствами относительно высокой устойчивости во времени основных факторов среды: солёности, теплового режима, типов осадков, водной массы, связями с Мировым океаном. Показателем стабильности среды могут служить характеристики самого крупного эпиконтинентального моря-залива Арктического бассейна—Западно-Сибирского: на протяжении всего позднего мела большая часть бассейна находилась в зоне гумидного умеренно-теплого климата, сохранялся кремнистый и терригенно-олигомиктовый состав осадков и относительно низкие скорости их накопления [25]. Основные группы фауны и флоры (на уровне семейств и родов) также оставались постоянными.

БИОТИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

Следы позднемеловых биотических событий разной природы установлены на основе сравнительного анализа структуры разновременных последовательных донных палеосообществ и семипелагических и пелагических палеоассоциаций, а также анализа кривых таксономического разнообразия донных моллюсков, фораминифер и диноцист в самом полном разрезе морского верхнего мела на севере Азии— в Усть-Енисейском районе Западной Сибири (рис. 2).

Последовательность биотических событий. I. Поздний сеноман — появление космополитного вида иноцерамов *Inoceramus (Inoceramus) pictus* Sow. и представителей тихоокеанской ветви *I. (I.) ginterensis* Perg., „шипастых" гастропод рода *Aporrhais*. Появление в значительном количестве крупнораковинных аммонитов рода *Placenticeras* и более редких мелких *Borissiakoceras*. Эта ассоциация аммонитов была широко распространена как в бореальных, так и перитетических морях Северного полушария. В позднем сеномане перидиноидные динофлагеллаты доминируют в ассоциациях. Именно в это время на фоне сеноман-туронской трансгрессии и выравнивания климата развиваются альгофлоры, сходные в различных регионах.

II. Начало раннего турона — появление в массовом количестве космополитного вида митилоидных иноцерамов *I. (Mytiloides) labiatus* Sow. Иммиграция планктонного рода фораминифер *Hedbergella* в Заполярье (Карское море) Западной Сибири [26].

III. Поздний турон — последовательное появление на мелководье в массовом количестве: 1) космополитного вида иноцерамов *I. (I.) lamarcki* Sow. и семи видов иноцерамов-неоэндемиков; 2) двух родов двустворчатых моллюсков *Semidicranodonta* и *Falcimylus*; 3) рода аммонитов *Scaphites*; 4) первая экспансия планктонных фораминифер (четыре рода: *Whiteinella*, *Blefuscuiana*, *Hedbergella*, *Heterohelix*); 5) взрыв видового разнообразия и массовое распространение бореального рода диноцист *Chatangiella*; 6) исчезновение элементов раннемеловых альгофлор и развитие таксонов, достигающих расцвета в сеноне.

IV. Кратковременный эпизод на границе турона—коньяка — резкое обогащение тонкого прослоя внутри пятиметровой пачки глин цистами динофлагеллат.

V. Ранний коньяк — массовое распространение (ракушняковые скопления раковин) двустворчатых моллюсков рода *Volviceramus*. Первое появление морских ящеров.

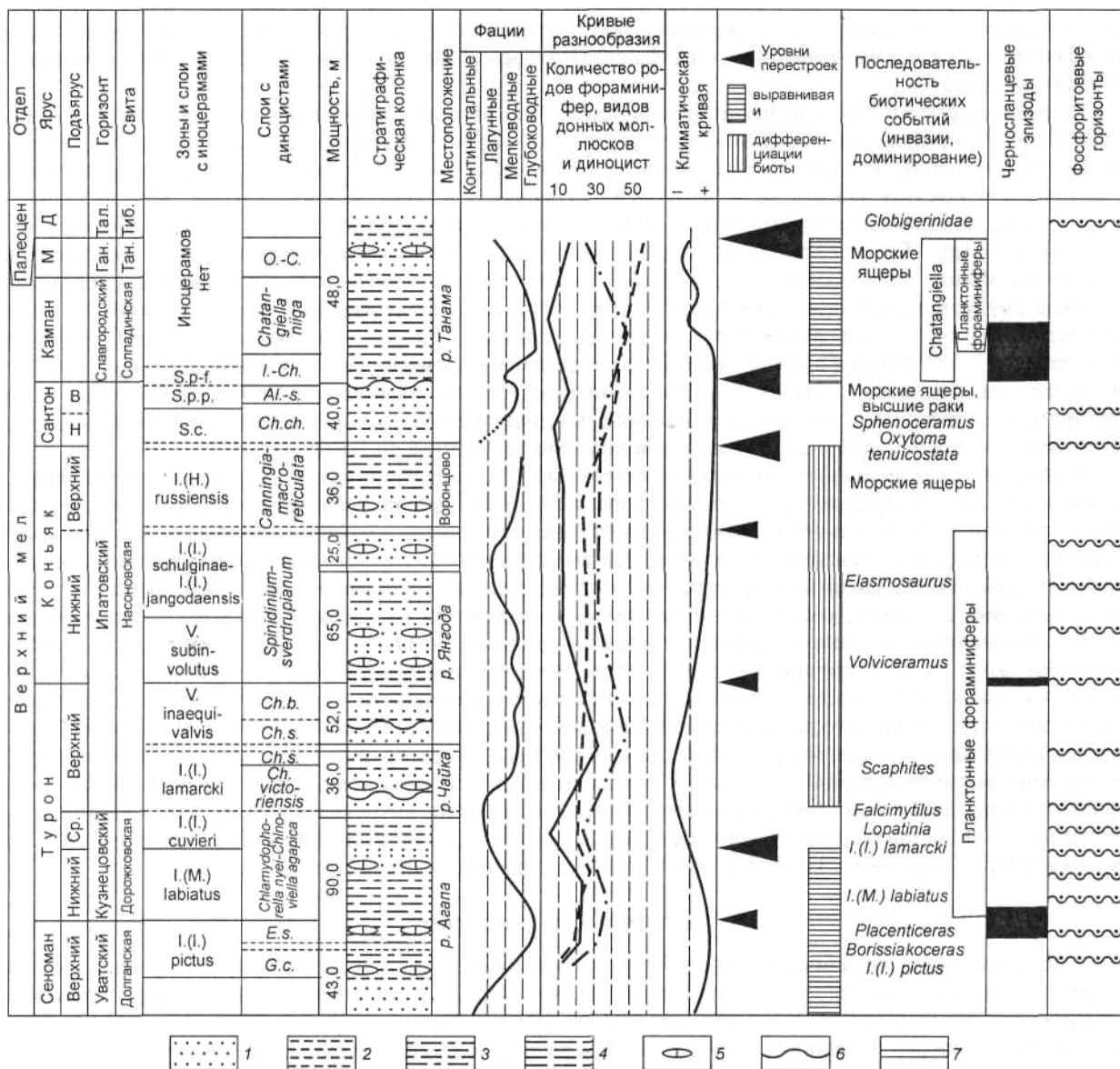


Рис. 2. Сводный разрез верхнего мела северо-востока Западной Сибири и главные события биотической (кривые таксономического разнообразия бентосных моллюсков, фораминифер (для севера Западной Сибири в целом) и диноцист; уровни перестройки в биоте, интервалы таксономической нивелировки и дифференциации, последовательность появления наиболее значимых организмов) и абиотической (типы фаций, кривая тепла, эпизоды черных глин и диастемы = горизонты фосфоритовых желваков) природы.

Ярусы и подъярусы: М — маастрихт, Д — даний; Н — нижний, Ср. — средний, В — верхний. Горизонты и свиты: Ган. — ганькинский, Тал. — талицкий, Тан. — танамская, Тиб. — тибесская. Зоны и слои с иноцеррами: I. (I.). — *Inoceramus*, M. — *Mytiloides*, V. — *Volviceras*, H. — *Haenleinia*, S. — *Sphenoceras*, c. — *cardissoides*, p. — *patootensis*; P-f. — *patootensisformis*. Слои с диноцистами: G. c. — *Geiselodinium cenomanicum*; E. s. — *Eurydinium saxoniense*; Ch. s. — *Chatangiella spectabilis* — *Oligosphaeridium pulcherrimum*; Ch. b. — *Chatangiella bondarenkoi* — *Pierceitespentagonum*; Ch. ch. — *Chatangiella chetiensis*; Al.-s. — *Alterbidinium* spp. — *Spinidinium echinoideum*; L-Ch. — *Isabelidinium* spp. — *Chatangiella verrucosa*; O.-C. — *Operculodinium centrocarpum* — *Cerodinium diebelii*. 1 — пески, 2 — алевриты, 3 — глины алевритовые, 4 — глины, 5 — конкреции известковые, 6 — седиментационные перерывы, 7 — перерывы в наблюдениях. Кривые разнообразия. Линии: сплошная — виды донных моллюсков, штриховая — роды фораминифер, штрихпунктирная — виды диноцист.

VI. Ранний сантон — практически одновременное появление первых представителей двустворчатых моллюсков рода *Sphenoceras* и вида *Oxytoma tenuicostata* (Roemer), распространенного в восточной части Европейской палеобиогеографической области в позднем сантоне и раннем кампане, а в западной части — только в раннем кампане. Диноцисты: *Chatangiella*, *Trithyrodinium*, *Spinidinium*, *Alterbidinium*,

Isabelidinium и др. получают максимальное развитие в сантон—кампане. В это время наиболее четко проявляется широтная дифференциация ассоциаций динофлагеллат.

VII. Поздний сантон — заселение мелководья морскими ежами, высшими раками и селахиями.

VIII. Начало раннего кампана — исчезновение иноцерамов (указание на находку *Inoceramus* cf. *nagaio* Matsumoto et Yeda в нижнем кампане на Юрхаровской площади [27] нуждается в проверке). Этот уровень хорошо прослеживается в Западной Сибири. Ниже этого стратиграфического уровня породы обычно насыщены обломками призматического слоя раковин иноцерамов. Ранний(?) кампан — взрыв видового разнообразия, а затем в течение всего кампана и маастрихта массовое распространение бо-реального рода диноцист — *Chatangiella*.

IX. Поздний (?) кампан — вторая экспансия планктонных фораминифер (четыре рода: *Hedbergella*, *Heterohelix*, *Globigerinelloides*, *Rugoglobigerina*) и их существование в течение маастрихта. Ярким эпизодом в позднем кампане (начало зонального момента *Cibicidoides eriksdalensis primus*) следует считать нивелировку таксономического состава ассоциаций бентосных фораминифер по всей Арктике и резкое увеличение их родового разнообразия (46 родов). Для этого момента характерно массовое появление вида "*Eponides*" *sibiricus* Нескаја. Это событие четко фиксируется как в Западной Сибири, так и на ба-ренцевоморском шельфе [26].

X. Маастрихт — заселение морскими ящерами. Кости морских ящеров (*Elasmosaurus*?) найдены на севере Сибири также в коньяке [17, с. 38], но особенно часто они встречаются в маастрихте [18, с. 58, 64]. На находки „ихтиозавров" в песчаниках разреза Колчедан в Западной Сибири (район г. Свердловска) указывалось ранее [28]. Эти выходы Э.О. Амон [19] по фораминиферам отнес к нижнему маастрихту. Возможно, что заселение Западно-Сибирского моря в маастрихтском веке и широкое распространение в нем морских ящеров следует объяснять открытием Тургайского пролива, связавшего бассейны Перитетис с полярными. В Западно-Сибирском бассейне в конце маастрихта исчезают аммониты. Находки бакулитов достаточно обычны в маастрихте (ганькинская свита) [28], но совсем неизвестны выше нижней границы зоны *Brotzenella praeacuta* Западной Сибири. Из нижнего маастрихта указывается наибольшее число родов бентосных фораминифер — 57 (см. рис. 2). В течение маастрихта исчезают некоторые меловые роды диноцист и на смену им приходят оригинальные таксоны, встреченные и в палеогене: *Cerodinium*, *Palaeocystodinium*, *Operculodinium* и др.

XI. В конце маастрихта (начало зонального момента *Brotzenella praeacuta*) происходят наиболее резкие за весь поздний мел изменения состава и структуры в сообществах фораминифер. Бентосные сообщества приобретают „палеогеновый" облик. Исчезают наиболее характерные элементы поздне-меловых ассоциаций. Столь значительных изменений в сообществах фораминифер Сибири позже не было вплоть до появления эльфидаид в олигоцене (или конце эоцена). В ассоциациях планктонных фораминифер исчезают „специализированные" формы — представители рода *Rugoglobigerina*, а также „неспециализированные" *Heterohelix* и *Globigerinelloides*. Это, хотя и слабее, выражено также в Европейской палеобиогеографической области, где в конце маастрихта исчезают специализированные планктонные фораминиферы родов *Globotruncana*, *Rugoglobigerina* [29]. Хотя следует отметить, что подошва зоны *Brotzenella praeacuta* в Сибири и Восточной Европе хроностратиграфически может не совпадать. Именно этим, возможно, объясняется факт количественного обилия *Globotruncana* и *Pseudotextularia*, зафиксированный в терминальном маастрихте Саратовской области [30]. В надобласти Тетис-Панталасса в ассоциациях планктонных фораминифер маастрихта не фиксируется существенных перестроек [31]. Достоверных находок планктонных фораминифер в дании Западной Сибири нет. Часто указываемый на севере Сибири в списках вид „*Globigerina*" *triloculinoides* Plummer = *Subbotina triloculinoides* (Plummer), наиболее распространен в Зеландии [32].

Динамика разнообразия. Сравнение кривых изменения разнообразия родов фораминифер (микрозообентос), видов бентосных моллюсков (макрозообентос) и диноцист (микрофитопланктон) показывает, что одновременное высокое разнообразие этих групп падает на самый поздний сеноман—ранний турон и поздний сантон (см. таблицу). В позднем туроне идентифицировано максимальное для всего позднего мела число видов двустворчатых моллюсков — 31 и 47 видов диноцист, и сравнительно немного родов фораминифер (25). В кампане много родов фораминифер (49) и видов диноцист (50), но очень низкое видовое разнообразие бентосных моллюсков (4) (см. рис. 2).

Перестройки. Почти все биотические перестройки, кроме среднетуронской, соответствуют рубежам веков. Они нашли отражение в составе и структуре реконструированных палеосообществ и ассоциаций. Следы биотических перестроек наиболее ярко выражены на границах раннего и среднего турона, коньяка—сантона, сантона—кампана и в конце маастрихта. В сводном разрезе отражена последовательность биособытий разной природы, местные перестройки фиксируются многочисленными горизонтами скоплениями фосфоритовых конкреций и обильными остатками аммонитов (скафитов), двустворчатых моллюсков, гастропод, морских ежей, зубов акул и диноцист.

Инвазии, видообразование и миграции. Другими важными биотическими событиями являются две инвазии планктонных фораминифер: в туроне—раннем коньяке и позднем(?) кампане—раннем мааст-

Сведения о таксономическом разнообразии дойных моллюсков, фораминифер и диноцист

Подъярус	Донные моллюски (число видов)	Фораминиферы (число родов)	Диноцисты (число видов)
Верхний сеноман	21	18	32
Нижний турон	22	28	38
Средний турон	6		25
Верхний турон	31	23	47
Нижний коньяк	12	25	31
Верхний коньяк	12	22	33
Нижний сантон	8	37	33
Верхний сантон	16	42	38
Кампан	4	46	47
Маастрихт	15	57	25

Примечание. Данные по донным моллюскам и диноцистам приведены только для севера Западной Сибири, по фораминиферам — для всей территории Западной Сибири.

рихте (см. рис. 2), а также временные интервалы с высоким процентом эндемичных видов иноцерармов (в позднем туроне и коньяке) и интервалы с преобладанием космополитных таксонов: поздний сеноман—ранний турон, сантон.

АБИОТИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

События абиотической природы выявлены на основе междисциплинарного анализа временной последовательности фаций [10].

Трансгрессивно-регрессивные события. Комплексный анализ последовательности фаций в сводном разрезе показывает периодическую смену условий осадконакопления в течение позднего мела на севере Сибири. Так, на территории Усть-Енисейского региона в позднем туроне, коньяке, сантоне и маастрихте преобладали мелководно-морские условия, в позднем сеномане и раннем туроне — относительно глубоководные, перед позднесеноманской трансгрессией — континентальные, а в переходное от среднего к позднему турону, возможно, лагунные обстановки [10] (см. рис. 2).

События „черных“ глин. Два интервала верхнемелового разреза заключают глины черного или темно-серого цветов: пограничные между сеноманом и туроном (около 20 м разреза, отвечающие двум зонам по иноцерармам) и пограничный между туроном и коньяком интервал (слой толщиной 5 м, см. рис. 2). Темно-серые и серые опоквидные глины присутствуют также в основании кампана. Два первых эпизода могут быть интерпретированы с позиций эвстатики, так как отмечаются (в особенности позднесеноманский) по всему Северному полушарию [7]. В Германии (разрезы в окрестностях г. Ганновер) на границе турона и коньяка наблюдается сходная с севером Сибири последовательность эпизодов био- и абиотических событий [4]. Раннекампанское событие отражает бореальную трансгрессию, следы которой фиксируются и на хребте Альфа [23].

Горизонты фосфоритовых конкреций. В сводном разрезе верхнего мела на северо-востоке Западной Сибири насчитывается порядка 15 горизонтов с фосфоритовыми конкрециями [10] (см. рис. 2). По данным К.В. Зверева [33], фосфатсодержащие конкреционные образования по генетическим особенностям можно разделить на 6 типов, среди которых резко преобладают желваки. Большая часть конкреционных горизонтов (12) приурочена к сравнительно узкому стратиграфическому интервалу от кровли сеномана по нижний коньяк (см. рис. 2). Почти все они находятся в составе песчано-алевритовой толщи, обогащенной аутигенными минералами: лептохлоритом, (?)глауконитом и фосфатсодержащими [33, 34]. Желваки рассеяны в пределах относительно маломощных слоев и образуют скопления непосредственно над волнистыми (в сечении) поверхностями седиментационного размыва. Накопление фосфоритовых желваков, по общему мнению, происходит на участках морского дна с низкими скоростями осадконакопления и в окислительной среде, в диапазоне глубин 30—200 м [35, 36]. Однако скопления желваков непосредственно над поверхностями размыва образовались, по нашему мнению, в результате вторичного перемива отложившегося, но еще не консолидированного осадка в крайне мелководных условиях. Об этом свидетельствует хорошая окатанность многих желваков и вертикальные следы жизнедеятельности мягкотелых организмов (фация *Scolithos*), пронизывающие обогащенные желваками песчано-алевритовые слои. Волнистые нижние контакты этих слоев свидетельствуют о перерывах в осадконакоплении — диастемах. Относительно густое скопление поверхностей седиментационных перерывов в пределах турона—нижнего коньяка говорит о частом чередовании эпизодов стабильного осадконакопления и периодов размыва осадка. Это могло быть связано с довольно частыми изменениями уровня моря вследствие пульсационной „работы“ источников сноса или вертикальных колебаний северо-западной окраины Восточно-Сибирской платформы.

Флуктуации тепла. Кривая „тепла“, построенная на основе анализа палеобиогеографической и палеоэкологической структуры сообществ беспозвоночных и фитопланктона (см. рис. 2), показывает флуктуации на двух временных интервалах: 1) в сеномане—туроне (с пиком тепла в переходное между сеноманом и туроном время и спадом тепла в среднем туроне и начале позднего); 2) в конце кампана—маастрихте (с похолоданием в конце кампана, кратковременным потеплением в раннем маастрихте и затем похолоданием в конце маастрихта). С конца турона и до конца сантона на территории северной части Западной Сибири сохранился умеренно-теплый режим.

АНАЛИЗ СОБРАННЫХ ДАННЫХ И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Сравнение всех вышеперечисленных фактов показывает, что положительная корреляция между биотическими и абиотическими данными наблюдается только в переходное между сеноманом и туроном время. На этом временном интервале возрастает таксономическое разнообразие всех изученных групп беспозвоночных (двустворчатые моллюски, гастроподы, аммониты, бентосные и планктонные фораминиферы, микрофитопланктон (динофлагеллаты)). Черносланцевый эпизод на рубеже сеномана и турона обычно связывают с эвстатическим событием, которое привело к широкому распространению аноксидных обстановок в морях и биогеографической нивелировке. Особенности строения разреза и таксономический состав морской биоты на севере Западной Сибири свидетельствуют о следах событий глобального характера [7]. Так, пограничные слои между сеноманом и туроном сложены здесь черными глинами общей мощностью более 20 м (см. рис. 2). Среди моллюсков преобладают космополитные виды иноцерамов: *Inoceramus (Inoceramus) pictus* Sow., *I. (Mytiloides) labiatus* Sow., включая разновидности, именуемые в Западной Европе разными подвидами [37]. Иммиграция видов *I. (I.) ginterensis* Perg. и *I. (I.) tenuis* Mant. — это единственный случай за весь поздний мел проникновения северо-тихоокеанских таксонов низкого ранга на север Сибири [38]. Аммониты родов *Borissiakoceras* и *Placenticeras* известны практически по всему Северному полушарию [39]. В течение всего позднего мела планктонные фораминиферы лишь дважды проникали к евразийским берегам Арктики. Оба эти эпизода связаны с эвстатическими подъемами уровня моря в туроне и кампана. Сходные альгофлоры развиваются в переходное между сеноманом и туроном время в различных регионах мира и, прежде всего, в бореальных бассейнах [21,40]. Комплексы диноцист раннесеноманского — позднетуронского возраста обнаруживают наибольшее сходство с одновозрастными комплексами севера Западной Европы.

Похожая на сеноман-туронскую ситуация наблюдается лишь в позднем сантоне. В это время отмечается вспышка таксономического разнообразия двустворчатых моллюсков, фораминифер и диноцист (см. рис. 2). Значительное увеличение разнообразия биоты происходит за счет видов-иммигрантов из восточной части Европейской палеобиогеографической области и западного внутреннего бассейна Северной Америки. Наиболее яркое событие — иммиграция космополитного рода иноцерамов *Sphenoceramus* и морских ежей родов *Holaster*, *Cardiaster* и *Hemiaster*, близких к северо-американским бореальным формам [18].

Динамика таксономического разнообразия моллюсков (аммонитов, двустворок, гастропод), фораминифер и диноцист в пограничном интервале сеномана и турона не дает оснований говорить о сколько-нибудь существенной биотической перестройке на границе веков (см. рис. 2, кривые таксономического разнообразия). Наиболее заметное событие на границе веков — это смена доминантов в бентосе: группа позднесеноманских *Inoceramus pictus* уступает раннетуронской группе *Mytiloides labiatus*. Таким образом, арктическая морская биота не дает свидетельств в пользу „массового вымирания“ на границе сеномана—турона, которое на этом рубеже регистрируется в западных внутренних районах США несколькими эпизодами на протяжении около 1 млн лет на исходе сеномана и в начале турона [4]. В „глобальном масштабе“ перестройка в таксономическом составе морской и наземной биоты происходит на протяжении всего сеноманского века [41].

Свидетельства резкой перестройки арктической морской биоты имеются в середине турона. Снизились разнообразие как донных моллюсков и фораминифер, так и диноцист, возросла степень их эндемизма (см. рис. 2). Так, среди иноцерамов известны лишь два космополита: *I. (I.) cf. cuvieri* Sow. и перешедший из раннего турона *Mytiloides labiatus* (Sow.) Возможно, что эта ситуация связана с краткой регрессией (генезис газсалинской песчаной пачки в средней части турона трактуется как лагунный). Во всяком случае вышележащие морские толщи верхней части верхнего турона изобилуют остатками 8 видов иноцерамов [38] и других разнообразных моллюсков [18]. Однако в целом временной интервал среднего турона—раннего коньяка, за исключением упомянутой фазы *Volviceras inaequivalvis*, характеризуется низким разнообразием моллюсков, умеренным разнообразием фораминифер и диноцист (см. рис. 2). На поздний турон и коньяк во всех группах организмов приходится рост числа видов-эндемиков. Это событие, казалось бы, совершенно не координируется с состоянием абиотической среды — довольно частыми перепадами глубин, а стало быть изменчивой гидродинамикой (см. свидетельства наличия диастем, рис. 2), перепадами температур, обусловленными изменением глубин, и солености вод, вызванных

колебаниями стока из-за периодического изменения положения береговой линии. Увеличение числа эндемиков не согласуется с одним из положений общей экологии, согласно которому таксономическое разнообразие (а стало быть, и эндемизм) растет при стабилизации факторов среды [42]. Возможным объяснением указанному противоречию могли быть небольшие размеры популяций ввиду ограниченности пригодного для их жизни пространства в северо-восточной части Западно-Сибирского позднемелового моря. Размер популяций обратно пропорционален скорости видообразования [43]. В позднем туроне исчезают элементы раннемеловых альгофлор и получают развитие таксоны, достигающие расцвета в сеноне. Крупным событием становится появление стратиграфически важного рода *Chatangiella* [44].

В пограничном интервале турона и коньяка таксономическое разнообразие снова снижается и возрастает эндемизм. Значительно меняется структура ассоциаций диноцист и увеличивается разнообразие пыльцы покрытосемянных растений. Коньякский век — время активного местного видообразования среди иноцерамов (5 эндемичных видов). Особый интерес представляет пограничный слой черных глин. Он почти лишен остатков макроокаменелостей. В средней его части обнаружен горизонт с высокой концентрацией диноцист. Разнообразие их невысоко, но велика численность. Позднетуронские-раннеконьякские ассоциации диноцист севера Западной Сибири сходны с одновозрастными Восточной Канады. Сходство, однако, неполное, что связано с эндемизмом северо-сибирских динофлагеллат этого времени.

На границе сантона и кампана донные сообщества претерпевают значительную деструкцию: в начале кампана из их состава полностью исчезают иноцерамы, составлявшие до этого ядра донных сообществ; уменьшается таксономическое разнообразие ассоциаций фораминифер.

В Северном полушарии с кампанской бореальной трансгрессией связано наиболее значительное в позднем мелу увеличение разнообразия биоты. На севере Западно-Сибирской палеобиогеографической провинции это событие коснулось прежде всего микробиоты. В фитопланктоне во всем Арктическом бассейне (данные по северо-западу Западной Сибири и району хр. Альфа) наблюдается расцвет диатомовых [22, 23] и динофлагеллат, ассоциации которых обогащаются новыми родами и видами [21]. На сантон—кампан приходится наибольшее видовое разнообразие бореального рода *Chatangiella* [44, 45]. Северо-сибирский комплекс диноцист имеет много общего с таковым из сантон-маастрихтских отложений Арктической Канады — дельты р. Маккензи [46, 47]. В составе комплексов Атлантического побережья США (шт. Нью-Джерси) и севера Западной Сибири практически нет общих видов, однако среди немногочисленных перидиниоидных диноцист родов *Chatangiella*, *Spinidinium* и *Diconodinium*, имеются близкие к видам Усть-Енисейского района [48, 49].

На поздний кампан и ранний маастрихт приходится наибольшее число родов бентосных фораминифер (см. рис. 2, соответственно 46 и 57). Среди моллюсков наблюдается обратная картина: число их таксонов в начале кампана резко сокращается как среди бентоса (найден лишь несколько мелкоракковинных родов палеотаксодонт и гетеродонт), так и среди семипелагических (аммониты представлены одним мелкоракковинным видом рода *Baculites*). Резкое обеднение бентоса в кампане по сравнению с сантоном, скорее всего, связано со сменой типов грунтов — песчано-илистых в позднем сантоне на преимущественно илисто-глинистые в раннем кампане.

Граница кампана—маастрихта на севере Западной Сибири проходит в однородной терригенной песчано-алевритовой толще. Никаких ярких следов событий в переходное между кампаном и маастрихтом время не обнаружено. В единственном разрезе маастрихта на р. Танама (граница с данием здесь не наблюдается) отсутствуют признаки карбонатного осадконакопления. Самые северные разрезы, содержащие карбонатные породы этого возраста, вскрыты скважинами в Широком Приобье. Карбонатное осадконакопление в Западной Сибири связывают с вторжением теплых вод Перитетиса через открывшийся в маастрихте Тургайский прогиб [25]. По-видимому, прохладные воды Полярного бассейна сдерживали распространение тепловодных масс в арктические моря. Это предположение оправдано и тем, что в позднем маастрихте прекратилось поступление теплых вод в Арктику из северо-американского Внутреннего Западного моря-пролива в связи с его закрытием на севере [50].

Маастрихт-датский рубеж глобальной перестройки биоты в Арктике изучен недостаточно. Пограничный интервал морских маастрихт-датских слоев вскрыт только скважинами. Керн их в основном утрачен. Наблюдавшиеся изменения в комплексах моллюсков, бентосных фораминифер и диноцист указывают на ступенчатый, как и в других регионах мира, характер мел-палеогенового биотического кризиса [51]. Данные по Арктике, скорее, свидетельствуют о климатических причинах биотической перестройки, а не ступенчато-импактной, связанной с кометным штормом [3, 52, 53]. С климатическими флуктуациями хорошо увязываются и другие биособытия. Так, пики таксономического разнообразия морской биоты в переходное время между сеноманом и туроном, сантоном и кампаном совпадают с периодами потеплений, а спады в среднем туроне, середине кампана и конце маастрихта — с похолоданиями. На относительно теплый климат в позднем сантоне и начале кампана в западной части Западно-Сибирского бассейна указывают находки устричных *Pycnodonte*, *Curvostrea* и *Lopha* на р. Сыня в Приполярном Зауралье и на р. Сейда в Полярном Предуралье [54]. Установленные по морской биоте коле-

бания тепла в позднем мелу на севере Сибири практически совпадают с реконструкциями потеплений и похолоданий по наземной флоре крайнего северо-востока Азии [55].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как многократно подчеркивалось, в позднемеловых донных сообществах доминировали иноцерамиды. Они исчезли из арктических морей в начале кампана. Самые поздние этапы в развитии этой группы (род *Tenuipteria*) фиксируются в морях на северо-западе Европы, в Средиземноморской провинции и на юге Внутреннего Западного моря США, где в конце маастрихта они обитали в теплых водах [56, 57]. В кампане на севере Западной Сибири также исчезают все свернутые аммониты и белемниты, благополучно доживающие в более южных морях до конца маастрихта. Наибольшие изменения состава и структуры сообществ фораминифер отмечаются В.А. Мариновым на нижней границе зоны *Brotzenella graeacuta* в позднем маастрихте [58]. Даже такой типичный для Арктики диноцистовый род, как *Chatangiella*, исчезает из разрезов в нижней части маастрихта. Последние представители этого рода известны из южных территорий: Северная Италия, Израиль, Нью-Джерси, Техас [45]. Таким образом, мел-палеогеновый биотический кризис в Арктической области проявился раньше, чем в палеобиогеографической надобласти Тетис-Панталасса, и даже на юге Панбореальной надобласти. Вместе с тем он нечетко обозначен пределами какого-то определенного стратиграфического интервала. Наблюдения за динамикой таксономического разнообразия морской биоты Арктики позволяют сделать вывод о постепенном обеднении позднемеловой биоты во времени, сопровождавшемся сокращением ареала доминирующих таксонов за счет высокоширотных акваторий и полным вымиранием типичных позднемеловых представителей в тетических морях вблизи мел-палеогеновой границы. Причина вымирания, как было показано во многих работах и подтверждается нами, климатическая. Одновременно с постепенным охлаждением на севере Сибири климат становится менее стабильным [11]. Возможно, что не столько общее похолодание, сколько частые и широкоамплитудные флуктуации были главной причиной дестабилизации среды обитания водных организмов и качественного обеднения сообществ.

Авторы признательны А.С. Алексеву и Н.М. Чумакову за ценные советы, способствовавшие улучшению статьи.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 00-05-65202).

ЛИТЕРАТУРА

1. Красилов В.А. Меловой период (эволюция Земной коры и биосферы). М., Наука, 1985, 240 с.
2. Алексеев А.С. Массовые вымирания в фанерозое: Дис. в форме науч. докл. на соискание уч. степени д-ра геол.-мин. наук. М., МГУ, 1998, 76 с.
3. Barnes Ch., Hallam A., Kaljo D. et al. Global event stratigraphy / O.H. Walliser (Ed.) // Global events and event stratigraphy in the Phanerozoic. Berlin—Heidelberg—New-York, 1996, p. 319—333.
4. Kauffman E.G., Kennedy W.J., Wood Ch.J. The Coniacian stage and substage boundaries / P.F. Rawson. (Eds) // Proceedings „Second Intern. Symposium on Cretaceous Stage Boundaries" Brussels 8—16, September 1995. Bull. Inst. Royal Sci. Natur. Vol. 66-Suppl. Brussel, 1996, p. 81—94.
5. Найдин Д.П., Похилайнен В.П., Кац Ю.И., Красилов В.А. Меловой период (палеогеография и палеоокеанология). М., Наука, 1986, 262 с.
6. Jenkyns H.C. Cretaceous anoxic events: from continents to ocean // J. Geol. Soc. London, 1980, v. 137, p. 171—188.
7. Захаров В.А., Бейзель А.Л., Лебедева Н.К. и др. Свидетельства эвстатике Мирового океана в верхнем мелу на севере Сибири // Геология и геофизика, 1991, № 8, с. 8—15.
8. Захаров В.А., Бейзель А.Л., Бетехтина О.А. и др. Основные биотические события в фанерозое Сибири // Проблемы доантропогенной эволюции биосферы. М., 1993, с. 25—54.
9. Захаров В.А., Бейзель А.Л., Богомолов Ю.И. и др. Этапность и периодичность в эволюции морских экосистем бореального мезозоя // Экосистемные перестройки и эволюция биосферы. Вып. 1. М., 1994, с. 139—151.
10. Sahagian D.L., Beisel A.L., Zakharov V.A. Sequence stratigraphy enhancement of biostratigraphic correlation with application to the Upper Cretaceous of Northern Siberia: a potential tool for petroleum exploration // Internat. Geol. Rev., 1994, v. 36, p. 359—372.
11. Zakharov V.A. Climatic fluctuations and other events in the Mesozoic of the Siberian Arctic // Proceedings Inter. Conf. on Arctic Margins. 1992. Anchorage, 1994, p. 23—28.
12. Сакс В.Н. Некоторые аспекты геологического развития севера Евразии в мезозое (в связи с плитной тектоникой) // Геология и геофизика, 1976, № 3, с. 3—11.
13. Захаров В.А., Меледина С.В., Шурыгин Б.Н. Палеобиохории юрских бореальных бассейнов // Геология и геофизика, 2003, т. 44, № 7, с. 664—675

14. **Меледина СВ., Захаров В.А., Шурыгин Б.Н.** Предложения к руководству по биогеографическому районированию и номенклатуре биохорий бореальных бассейнов юры // Проблемы стратиграфии и палеогеографии бореального мезозоя: Материалы науч. сессии, посвященной 90-летию со дня рождения В.Н. Сакса. Новосибирск, 2001, с. 58—60.
15. **Westermann G.E.G.** Biochore classification and nomenclature in paleobiogeography: an attempt at order // *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 2000, v. 158, p. 1—13.
16. **Westermann G.E.G.** Marine faunal realms of the Mesozoic: review and revision under the new guidelines for biogeographic classification and nomenclature // *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 2000, v. 163, p. 49—68.
17. **Захаров В.А., Бейзель А.Л., Зверев К.В. и др.** Стратиграфия верхнемеловых отложений Северной Сибири (разрез по р. Янгода). Новосибирск, ИГиГ СО АН СССР, 1989, 70 с.
18. **Захаров В.А., Занин Ю.Н., Зверев К.В. и др.** Стратиграфия верхнемеловых отложений Северной Сибири. Усть-Енисейская впадина. Новосибирск, ИГиГ СО АН СССР, 1986, 82 с.
19. **Амон Э.О.** Верхнемеловые радиолярии Урала // Материалы по палеонтологии и стратиграфии Урала. Вып. 5. Екатеринбург, 2000, 209 с.
20. **Brouwers E.M., De Deckker P.** Late Maastrichtian and Danian ostracode faunas from Northern Alaska: reconstructions of environments and paleogeography // *Palaios*, 1993, v. 8, p. 140—154.
21. **Ильина В.И., Кулькова И.А., Лебедева Н.К.** Микрофитофоссилии и детальная стратиграфия морского мезозоя и кайнозоя Сибири. Новосибирск, ОИГГМ СО АН СССР, 1994, 190 с.
22. **Стрельникова Н.И.** Диатомеи позднего мела (Западная Сибирь). М., Наука, 1974, 203 с.
23. **Varron J.F.** Diatom biostratigraphy of the CESAR 6 core // *Geol. Surv. Canada* 1985, Paper 84-22, p. 137—148.
24. **Векшина В.Н.** Элементы палеогеографии мезозоя и палеогена Западно-Сибирской низменности по данным анализа диатомовых водорослей и кокколитофорид // Тр. СНИИГГиМС, Т. 26. Л., 1962, с. 48—62.
25. **Гольберт А.В., Маркова Л.Г., Полякова И.Д. и др.** Палеоландшафты Западной Сибири в юре, мелу и палеогене. М., Наука, 1968, 150 с.
26. **Василенко Л.В.** Комплексы фораминифер из меловых отложений острова Белый (Карское море) // Стратиграфия и палеонтология Российской Арктики. СПб., ВНИИОкеангеология, 1997, с. 143—152.
27. **Таначева М.И.** Новое в стратиграфии верхнемеловых отложений северо-востока Западной Сибири // Выделение и корреляция основных стратонов мезозоя Западной Сибири // Тр. ЗапСибНИГНИ, вып. 188. Тюмень, 1984, с. 65—68.
28. **Глазунова А.Е., Балахматова ВЛ, Липман Р.Х. и др.** Стратиграфия и фауна меловых отложений Западно-Сибирской низменности. Л., Госгеолтехиздат, 1960, 347 с.
29. **Peryt D.** Maastrichtian extinction of planktonic foraminifera in Central and Eastern Poland // *Revista Espaniola de Paleontologia*, 1988, № 3, p. 105—115.
30. **Alekseev A.S.** Maastrichtian and Lower Palaeocene of Northern Saratov region (Russian platform, Volga river): foraminifera and calcareous nanoplankton // *Bull. Inst. Royal Sci. Natur. Sci. Terre. Supplement A.P.*, 1999, v. 69, p. 15—45.
31. **Найдин Д.П., Копаевич Л.Ф., Москвин М.М.** Микропалеонтологическая характеристика маастрихта и дания в непрерывных разрезах Мангышлака // Изв. АН СССР, Сер. геол., 1990, № 12, с. 67—82.
32. **Olson R.K., Hemleben C., Berggren W.A., Huber B.T.** Atlas of Paleocene Planktonic Foraminifera. Smithsonian Contribution to Paleobiology. Washington, 1999, 252 p.
33. **Зверев К.В.** Типы фосфатсодержащих образований верхнемеловых отложений Усть-Енисейской впадины // Литология и полезные ископаемые, 1990, № 6, с. 112—118.
34. **Zanin Yu.N., Zverev K.V., Solotchina E.P.** Clay minerals and phosphorite genesis in the Upper Cretaceous of the Northern Siberian Platform. Phosphorite research and development // *Geol. Soc. London. Spec. Publ.*, 1990, № 52, p. 223—234.
35. **Геккер Р.Ф.** Распознавание мелководной морской палеообстановки осадконакопления // Условия древнего осадконакопления и их распознавание / Дж. Ригби, У. Хемблина (ред.). М., 1974, с. 253—310.
36. **Гринсмит Дж.** Петрология осадочных пород. М., Мир, 1981, 253 с.
37. **Troeger K.A.** Problems of Upper Cretaceous inoceramid biostratigraphy and paleobiogeography in Europe and Western Asia // *Cretaceous of the Western Tethys. 3rd Intern. Cretaceous Symp. Proceed / J. Wiedmann (Ed.). Tubingen*, 1989, p. 911—930.

38. **Zakharov V.A., Lebedeva N.K., Khomentovsky O.V.** Upper Cretaceous inoceramid and dinoflagellate cysts biostratigraphy of the Northern Siberia // Tethyan/Boreal Cretaceous correlation. Mediterranean and Boreal Cretaceous paleobiogeographic areas in Central and Eastern Europe / J. Michalik (ed.). Bratislava, 2002, p. 137—172.
39. **Найдин Д.П.** Меридиональные связи поздне меловой морской биоты Северного полушария // Тихоокеанская геология, 2001, т. 20, № 1, с. 8—14.
40. **Лебедева Н.К., Пещевицкая Е.Б.** Основные этапы развития динофлагеллат в меловых морях Сибири // Среда и жизнь в геологическом прошлом. (Мат. Всероссийского симпозиума, посвященного 100-летию со дня рождения Р.Ф. Геккера) Новосибирск, Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 2000, с. 59.
41. **Алексеев А.С.** Глобальные биотические кризисы и массовые вымирания в фанерозойской истории Земли // Биотические события на основных рубежах фанерозоя. М., 1988, с. 22—47.
42. **Одум Ю.** Основы экологии. М., Мир, 1975, 740 с.
43. **Майр Э.** Популяции, виды и эволюция. М., Мир, 1974, 460 с.
44. **Лебедева Н.К.** Род *Chatangiella* Vozzhennikova, 1967 (цисты динофлагеллат): морфология и систематика // Новости палеонтологии и стратиграфии. Приложение к журналу „Геология и геофизика“, 2000, т. 41, вып. 2—3, с. 111—125.
45. **Лебедева Н.К.** Род *Chatangiella* Vozzhennikova, 1967 (цисты динофлагеллат): стратиграфическое значение и географическое распространение // Новости палеонтологии и стратиграфии. Приложение к журналу „Геология и геофизика“, 2001, т. 42, вып. 4, с. 125—133.
46. **McIntyre D.J.** Palynology of an Upper Cretaceous section, Horton River, district of Mackenzie, N.W.T., Canada // Geol. Surv. Canada, 1974, Paper 74-14, 57 p.
47. **McIntyre D.J.** Morphological changes in *Deflandrea* from Campanian section, district of Mackenzie, N.W.T., Canada // Geosci., Man., 1975, v. 11, p. 61—76.
48. **Aurisano R.W.** Upper Cretaceous dinoflagellate biostratigraphy of the subsurface Atlantic coastal plain of New Jersey and Delaware, U.S.A. // Palynology, 1989, v. 13, p. 143—179.
49. **Aurisano R.W., Habib D.** Upper Cretaceous dinoflagellate zonation of the subsurface Toms River section near Toms River, New Jersey // Stratigraphic micropaleontology of Atlantic basin and borderlands. Amsterdam, 1977, p. 369—387.
50. **Kennedy W.J., Landman N.H., Christensen W.K. et al.** Marine connections in North America during the late Maastrichtian: palaeogeographic and palaeobiogeographic significance of *Jeletzkytes nebrascensis* Zone cephalopod fauna from the Elk Butte Member of the Pierre Shale, SE South Dakota and NE Nebraska // Cretaceous Res., 1998, v. 19, p. 745—775.
51. **Kauffman E.G.** The dynamics of marine stepwise mass extinction // Paleontology and evolution: extinction events. Revista Espaniola de Paleontologia, numero extraordinario / M.A. Lamolda, E.G. Kauffman, O.H. Walliser (eds). 1988, p. 57—71.
52. **Hut P., Alvarez W., Elder W. P. et al.** Comet showers as a possible cause of stepwise extinctions // Nature, 1987, v. 329, p. 118—126.
53. **Kauffman E.G., Hart M.B.** Cretaceous bio-events // Global events and event stratigraphy in the Phanerozoic / O.H. Walliser (ed.). Berlin—Heidelberg—New York, 1996, p. 285—312.
54. **Маринов В.А., Захаров В.А., Найдин Д.П., Язикова О.В.** Стратиграфия верхнего мела бассейна р. Уса (Полярное Предуралье) // Бюл. МОИП, Отдел геол., 2002, т. 77, вып. 3, с. 26—40.
55. **Головнева Л.Б.** Эволюция флоры мелового периода на северо-востоке России // Палеонтологический журнал, 1998, № 6, с. 87—95.
56. **Dhondt A.V.** Campanian and Maastrichtian inoceramids: a review // Zitteliana, 1983, Bd. 10, p. 689—701.
57. **Dhondt A.V.** Cretaceous inoceramid biogeography: a review // Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 1992, v. 92, p. 217—232.
58. **Захаров В.А., Лебедева Н.К., Маринов В.А.** Арктическая биогеографическая провинция в позднем мелу: морская биота, динамика разнообразия, биособытия и географическая дифференциация (хорология, историческая биогеография) // Среда и жизнь в геологическом прошлом. (Мат. Всероссийского симпозиума, посвященного 100-летию со дня рождения Р.Ф. Геккера). Новосибирск, Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 2000, с. 54—56.