

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ И СТРАТИГРАФИЯ

УДК 551.763.3+551.8:56.074

СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИЙ И ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
СЕНОМАН-ТУРОНСКОГО СОБЫТИЯ НА СЕВЕРЕ СИБИРИ

Н. К. Лебедева, К. В. Зверев

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

„Аноксидное океаническое событие“ на границе сеномана и турона (ОАЕ2) — один из ярких эпизодов меловой истории. Представлены результаты седиментологических и палинологических исследований разреза сеноман-туронских терригенных отложений на р. Ниж. Агара (Усть-Енисейский район) со следами ОАЕ2. Детально изучены текстурные особенности отложений, а также их фациальные взаимоотношения в разрезе. Выявлено характерное для углеродистых фаций чередование стагнационных и нормально-морских обстановок. Это хорошо выражено в смене мелководно-морских песчаных пород с бентосной фауной черными и коричневато-серыми листоватыми глинами с признаками пиритизации, без макрофауны, отражающими обстановки стагнации. Установлены качественные и количественные изменения в составе органикостенного микрофитопланктона, динамика таксономического разнообразия диноцист в зависимости от фаций. Проведен сравнительный анализ распределения палиноморф в отложениях, связываемых с сеноман-туронским аноксидным океаническим событием в разных регионах.

Седиментология, палинология, палеогеография, поздний мел, север Сибири.

SEDIMENTOLOGICAL AND PALYNOLOGICAL ANALYSIS
OF THE CENOMANIAN-TURONIAN EVENT IN NORTHERN SIBERIA

N. K. Lebedeva and K. V. Zverev

„Oceanic Anoxic Event“ on the boundary of Cenomanian-Turonian (OAE2) is a bright episode in Cretaceous history. Results of the sedimentological and palynological researches of Cenomanian-Turonian of terrigenous deposits on the Lower Agara River (Ust'-Yenisei region) are introduced. Sedimentological features of deposits and their facies relationships have been studied in detail. The rhythmicity of anoxic and normal-marine situations is revealed characteristic for „Black shale“ facies. It is well expressed in shift of shallow marine sandy formations with benthonic faunas by black and dark gray fissile clays with pyrite, without macrofaunas, reflecting situations of stagnation. Qualitative and quantitative variations in structure of organic-wall microphytoplankton, dynamics of taxonomical diversity of dinoflagellate cysts are fixed depending on facies. The distribution of palynomorphs in Cenomanian-Turonian sediments in different locales is held.

Sedimentology, palynology, paleogeography, Late Cretaceous, northern Siberia

ВВЕДЕНИЕ

В меловых отложениях Земли нашли отражение крупные геологические (тектонические палеогеографические и др.) и биологические (изменения в составе фауны и флоры) события преобразовавшие облик нашей планеты. К следам таких глобальных событий можно отнести чрезвычайно широкое распространение углеродистых фаций. С началом бурения глубоководных скважин, вскрывших баррем-аптские и сеноман-туронские „черные сланцы“ на юге Центральной и на западе Северной Пацифики значительно расширились знания о строении и географическом распространении отложений этого типа [1]. Они формировались в различных палеобатиметрических обстановках, например, на океанических плато, континентальных окраинах, в эпиконтинентальных морях. Широкое распространение в природе этих осадков привело к мысли, что их образование определялось не локальными условиями, а было продуктом глобальных „океанических аноксидных событий“, которые трактуются как результат взаимного влияния нескольких основных факторов [1—5 и др.]. Это, во-первых, позднемеловая трансгрессия, увеличившая площадь и объем неглубоких эпиконтинентальных морей, в сочетании с высокой биологической продуктивностью. Во-вторых глобальное потепление и выравнивание климата (уменьшение температурных градиентов), ослабленная океаническая циркуляция уменьшили распространение холодных, насыщенных кислородом придонных вод в мировом океане. И, наконец, причины, способствующие развитию плотностной стратификации, например, опреснение поверхностных вод прибрежных частей рек (выносящими большое количество органического вещества наземных растений) и т. д.

Отложения с повышенным содержанием органического углерода, вскрытые скважинами глубоководного бурения, представлены в основном черными, темно-серыми аргиллитами и алевролитами, а также мергелями и известняками. Органическое вещество может быть как морского (сапропелевый тип), так и наземного (гумусовый тип) происхождения. Для этих отложений свойственна слоистость, выражающаяся в чередовании прослоев, обогащенных $C_{орг}$, и прослоев с „нормальным“ содержанием $C_{орг}$, биотурбацией, развитыми сообществами бентосной фауны [6]. Считается, что анаэробные условия возникали на границе вода—осадок, поэтому зарывающиеся организмы здесь жить не могли. В таких фациях встречаются только представители эпибентоса (главным образом иноцерамы) и остатки пелагических организмов [4, 5].

Одним из наиболее ярких эпизодов меловой истории в связи с затронутой проблемой является так называемое „аноксидное океаническое событие“ на границе сеномана и турона (ОАЕ2). Достаточно обстоятельно оно изучено на тетических карбонатных разрезах, разрезах океанических осадков и освещено в многочисленных публикациях. Значительно меньше известно о проявлении этого события в терригенных отложениях бореальных и, особенно, арктических бассейнов.

Как отмечали Д. П. Найдин и др. [5], возникновение „черных прослоев“ в эпиконтинентальных разрезах нужно рассматривать на фоне общего строения заключающих их отложений. В этой связи значительный интерес представляет один из лучших на севере Евразии разрез сеноман-туронских терригенных отложений на р. Ниж. Агапа (Усть-Енисейский район). Существование морских отложений сеномана в Усть-Енисейской впадине предполагалось В. Н. Саксом и З. З. Ронкиной [7] на основании присутствия среди песков, вскрытых скважинами на Яковлевском своде и отнесенных по палинологическим данным к сеноману, прослоев с шамозитом и глауконитом. Но фактическое открытие морских осадков верхнего сеномана состоялось в 1988 г., когда группой палеонтологов и литологов ОИГГМ СО РАН в составе А. Л. Бейзеля, К. В. Зверева, Н. К. Лебедевой, О. В. Хоментовского под руководством В. А. Захарова проводилось изучение верхнего мела в бассейне р. Агапа. На р. Ниж. Агапа был описан разрез терригенных песчано-глинистых отложений мощностью около 100 м с многочисленной фауной, в том числе иноцерамов, которые и позволили установить присутствие верхнего сеномана, а также обосновать положение границы сеномана и турона [8]. В результате детальных седиментологических, палеонтологических, палинологических исследований был построен сводный разрез верхнего сеномана—турона, разработаны параллельные стратиграфические шкалы по иноцератам и цистам динофлагеллат (диноцистам), восстановлены основные биотические и абиотические события, повлиявшие на формирование осадков [8—15].

В последнее время ведутся интенсивные исследования распределения различных организмов, в том числе и органикостенного микрофитопланктона, в пограничных сеноман-туронских отложениях со следами ОАЕ2 на европейском континенте, в Англии, Северной Америке. Это послужило толчком для продолжения работ именно в этом направлении, поскольку детальный палинологический анализ выявил в разрезе на р. Ниж. Агапа разнообразны комплексы микрофитофоссилий, в состав которых входят споры и пыльца наземных растений, цисты динофлагеллат, празиофиты, акритархи, другие группы неясного систематического положения.

Цель настоящей работы — изучение качественных и количественных изменений в составе микрофитопланктона, динамики таксономического разнообразия диноцист в зависимости от фаций в разрезе на р. Ниж. Агапа и сравнительный анализ распределения палиноморф в отложениях, связываемых с сеноман-туронским анноксидным океаническим событием в разных регионах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Изучение седиментологии отложений проводилось в естественных выходах, расположенных по берегам р. Ниж. Агапа и ее притоков. Сравнительно хорошая обнаженность пород и их доступность для исследований как в обнажениях, так и в системах искусственных траншей (на менее открытых участках) позволили детально изучить текстурные особенности отложений, а также их фациальные взаимоотношения в разрезе. Сводный разрез построен на основе корреляции литологическими и палеонтологическими методами многочисленных выходов сеноман-туронских отложений (см. рис. 1).

Здесь следует сделать замечание: О. В. Хоментовским разработана зональная шкала по иноцератам для верхнего мела Усть-Енисейского района [14]. В верхней части разреза на р. Ниж. Агапа в насоновской свите им установлена подзона *In. (In.) cf. cuvieri* внутри зоны *In. (In.) lamarcki* и указан стратиграфический интервал — верхний турон, поскольку в Стратиграфической схеме 1991 г. принято двучленное деление турона [16]. Однако в гипостратотипических разрезах Северо-Западной Европы зоны *In. (In.) lamarcki* и *In. (In.) cuvieri* относятся к среднему турону. Поэтому, чтобы не вносить путаницу в существующие стратиграфические построения, мы будем придерживаться этой точки зрения.

Из всех обнажений послойно отобраны 57 образцов и обработаны по стандартной методике на палинологический анализ. В результате выделены не только споры и пыльца наземных растений, но также споры водных папоротников, одноклеточные органикостенные водоросли отдела *Dinoflagellata*,

отдела Chlorophyta (класс Prasinophyceae), группа неясного систематического положения (акри тархи), пресноводные микрофоссилии формального рода *Schizosporis*.

Во всех спектрах подсчитывались процентные соотношения наземных и морских палиноморф. Внутри морского микрофитопланктона для каждого спектра определялось количественное содержание различных групп и строились циркограммы. Затем однотипные спектры объединялись в ассоциации, распределение которых прослеживалось по разрезу.

ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРЕЗА СЕНОМАН-ТУРОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НА РЕКЕ НИЖНЯЯ АГАПА

Наиболее древние по возрасту породы верхнего мела западной части Енисей-Хатангского мегапрогиба обнажены в естественных выходах в верховье р. Ниж. Агапа (рис. 1). Изученный здесь разрез верхнего сеномана—турона представлен рыхлыми терригенными отложениями мощности около 100 м и характеризуется широким фаціальным разнообразием. В основании сводного верхнего мелового разреза залегает долганская свита (верхний сеноман), представленная преимущественно песчаными, континентальными и глинисто-алевроитовыми, солоновато-водными переходными отложениями. Выше они сменяются морскими глинами дорожковской свиты (верхний сеноман—нижний турон). Венчают верхнемеловой разрез мелководно-морские пески насоновской свиты (средний турон), довольно резко, с минимальным переходным интервалом, перекрывающие морские алевроиты и глины дорожковской свиты. Общая тенденция увеличения снизу вверх объема тонкозернистых алевроитоглинистых отложений в нижней и средней частях сводного разреза, сопровождавшаяся появлением в породах волновых текстур и остатков типично морских форм организмов, отражает начавшуюся в верхнем сеномане трансгрессию моря с запада на область континентального осадочного накопления.

Сложное многоярусное строение русловых песчаных отложений (пачка I) и ее относительно большая мощность при незначительном распространении междоусловных отложений свидетельствуют о формировании этой части разреза в пределах крупной речной системы разветвленного типа характеризующейся активной латеральной миграцией русел, их неоднократным надстраиванием и врезанием в пределах палеодолины. Русловые пески перекрываются выше песчано-алевроитоглинистыми породами, сформировавшимися в пресноводных, солоновато-водных (пачка II, нижняя часть) и морских (пачка II, верхняя часть) условиях. Эту толщу можно рассматривать как эстуариевые отложения, являющиеся переходными к морским отложениям шельфовой системы. Формирование переходной толщи связано с постепенным изменением общих условий осадконакопления от континентальных к обстановкам эстуария, частично отшнурованным от открытого моря характеризующихся накоплением преимущественно тонкозернистых осадков. Накопление этой части разреза происходило при постепенном ослаблении влияния аллювиальных процессов и формировании осадков, сопровождавшемся одновременно усилением влияния морских процессов в начале трансгрессии.

Пачка лептохлоритовых песков с бугорчатой косою слоистостью (пачка III, IV), с размытой перекрывающая тонкозернистые эстуариевые отложения, интерпретируется как трансгрессивные мелководно-морские покровные пески. Источником осадочного материала при образовании покровных трансгрессивных песков служили, очевидно, песчаные косы или небольшие трансгрессивные барьерные острова, развивавшихся в устье эстуария за счет волновой переработки подстилающих аллювиальных осадков. Отсутствие собственно барьерных отложений (пляжевых песков фронтальной части барьера и(или) песчаных эоловых дюн), за исключением тонких слоев штормовых намывных конусов, среди глин и алевроитов верхней части эстуариевых отложений указывает на глубокую эрозионную переработку подстилающих осадков при отступании береговой линии в сторону суши. Такому полному размыву барьерных отложений должна была способствовать относительно небольшая скорость трансгрессии, при которой происходила их полная волновая переработка через механизм отступления префронтальной зоны пляжа, с образованием на месте лишь маломощного слоя трансгрессивных песков.

Палеонтологически начало морской трансгрессии выражается в появлении в глинах разнообразного комплекса микрофитопланктона, в котором доминируют диноцисты (рис. 2). Макрофауна (иноцерамы) появляется только в пачке IV.

Формирование над слоем мелководно-морских трансгрессивных песков морских преимущественно алевроитоглинистых по составу отложений (пачки V—XIII) отражает становление спокойных условий осадконакопления внутреннего шельфа, происходившее по мере развития трансгрессии. Мелководно-морские песчаные и алевроитовые породы (пачка III, IV, VIII) с бентосной фауной осложняющие строение шельфового комплекса, часто перекрываются черными и коричневатосерыми листоватыми глинами с признаками пиритизации, без биотурбации и макрофауны (пачки V, X, XI). К этим наиболее глинистым частям разреза обычно приурочены горизонты рассеянных фосфоритовых конкреций, находящиеся в первичном залегании. Присутствие среди глинистых

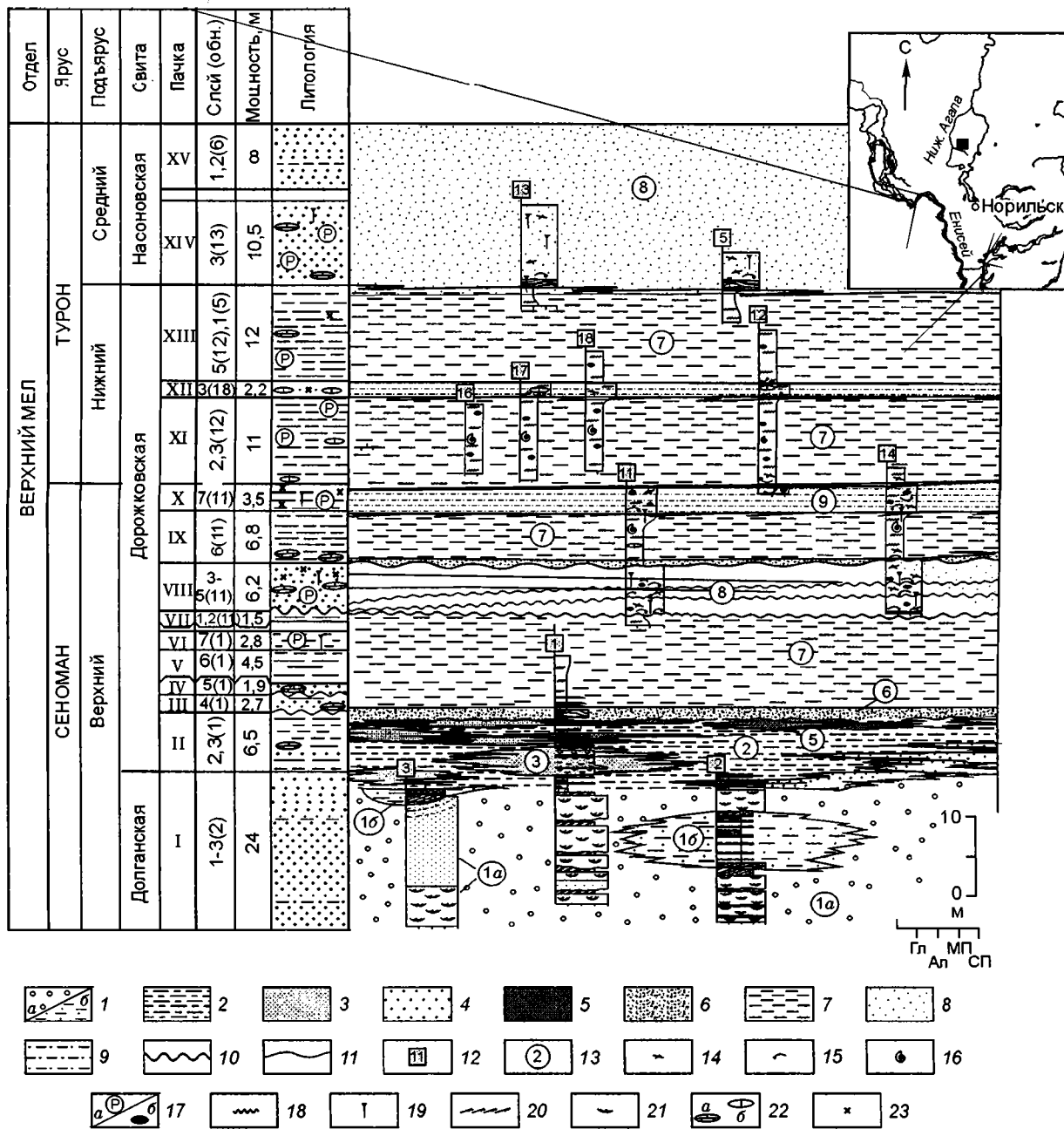


Рис. 1. Схема литофациального расчленения и интерпретации отложений сеномана—турона бассейна р. Ниж. Агапа.

Отложения: 1а — аллювиальные преимущественно песчаные активных русел, 1б — песчано-глинисто-алевритовые заполнения неактивных русел и междурусловых площадей, 2 — алевритоглинистые эстуарные, 3 — приливных дельт тыловой части барьерно-островной системы; 4 — система конус выноса—канал промоины; 5 — штормовые конусы выноса; 6 — мелководно-морские трансгрессивные пески; 7 — глинистые алевриты и глины внутреннего шельфа; 8 — мелководно-морские пляжевые пески; 9 — относительно мелководные алевриты дистальной части пляжа; 10 — морские эрозионные поверхности размыва; 11 — трансгрессивные поверхности размыва; 12 — номера обнажений; 13 — осадочные обстановки; 14 — остатки углефицированной древесины; 15 — биокластика; 16 — макрофауна; 17 — фосфатные: а — конкреции, б — желваки; 18 — илоеды; 19 — пескожилы; 20 — мелкая косая слойчатость восходящей ряби течения; 21 — крупная косая слойчатость трогового типа; 22 — конкреции: а — известковистые, б — сидеритовые; 23 — лептохлорит.

Горизонтальный масштаб произвольный. Обозначения на гранулометрической линейке: Гл — глина; Ал — алеврит; МП — мелкозернистый, СП — среднезернистый песок.

алевритов и глин в этих частях разреза фосфоритовых желваков говорит, по мнению некоторых исследователей, о низких темпах седиментации [17]. Медленные скорости осадконакопления, при отсутствии или крайне низкой гидродинамической активности среды, благоприятствуют развитию анаэробного заражения. Такие условия седиментации, по всей видимости, существовали при

накоплении листоватых глин, на что указывает присутствие в них пиритовых стяжений, а также отсутствие каких-либо следов жизнедеятельности или остатков организмов.

Неоднородный характер строения средней части сводного верхнемелового разреза, обусловленный появлением на некоторых стратиграфических уровнях дорожковской свиты среди алевроитовых глин пачек лептохлоритовых песков и алевроитов (пачки VIII, X и XII), свидетельствует о неоднократной периодической смене условий осадконакопления, связанной с короткопериодическими колебаниями уровня моря и (или) вариациями количества поступающих в бассейн осадков. Особенности строения пачек лептохлоритовых песков и алевроитов (резкая подошва и кровля, наличие внутренних поверхностей размыва, многочисленных горизонтов переотложенных фосфоритовых желваков, повышенное содержание тяжелых минералов, в том числе аутигенных, связанное с их концентрацией за счет перебива осадков) предполагают их накопление в периоды понижения относительного уровня моря, сопровождавшиеся развитием форсированной регрессии [18].

Косо- и горизонтально-слоистые мелководно-морские пески насоновской свиты (пачки XIV и XV), венчающие изученный верхнемеловой разрез, отвечают новому крупному этапу проградации береговой линии, начавшемуся в верхнем туроне. Начало регрессии было связано, по-видимому, с увеличением поступления в бассейн с суши аллохтонного осадочного материала, сопровождавшегося развитием в пределах береговой линии дельтовых систем и ассоциирующих с ними трендовых (песчаных) или шеньерных (преимущественно илистых) прибрежных равнин в междельтовых частях береговой линии. Исходя из особенностей строения мелководно-морских песков и их положения в разрезе, они интерпретируются как отложения баровых пляжей, развивающихся во фронте проградационной волновой дельты.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОФИТОПЛАНКТОНА

Как было указано выше, весь разрез содержит достаточно разнообразные ассоциации микрофитопланктона. Детальный послойный анализ таксономического состава и количественных соотношений диноцист и других групп растительных микрофоссилий выявил определенные закономерности их распределения в зависимости от фаций (рис. 3).

В континентальных отложениях пачки I среди палиноморф доминируют споры и пыльца наземных растений, в составе которых преобладают споры мхов (*Stereisporites* spp.) и пыльца *Taxodiaceapollenites hiatus* (Pot.) Kremp, постоянно присутствуют *Cyathidites* spp., *Ruminatisporites delicatus* Strep., *Foraminisporis asymmetricus* (Cooks. et Dett.) Dett., *Baculatisporites comaumensis* (Cooks.) Pot., *Lobatia involucrata* (Chlon.) Chlon., *Lycopodiumsporites marginatus* Singh, *L. cerniidites* (Ross) Delc. et Sprum., *Foveosporites cenomanicus* (Chlon.) Schvetz., *Klukisporites* sp., *Aequitiradites verrucosus* Cooks. et Dett., *A. spinulosus* Cooks. et Dett., *Rouseisporites* sp., *R. reticulatus* Poc. Состав пыльцы голосемянных остается в разрезе практически неизменным. Основными компонентами являются: *Cedripites parvisaccatus* (Sauer) Chlon., *Sequoiapollenites cretaceus* (Chlon.) Chlon., *Ginkgocycadophytus nitidus* (Balme) de Jars., *Pinuspollenites* sp., *Vitreisporites*, *Phyllocladidites*. Пыльцу покрытосемянных представляют *Tricolpites* spp., *Retitricolpites* spp., в самых верхних частях появляются *Polyporites clarus* N. Mitch. [13]. В небольших количествах содержатся споры водных папоротников, *Schizosporis*, прازیнофиты (*Leiosphaeridia*), спорадически встречаются диноцисты, отнесенные к категории P_x (по терминологии В. Эвитта [19]), возможно, являющиеся пресноводными.

В кровле пачки II появляется ассоциация морских микрофоссилий, в которой доминируют диноцисты (14 видов), довольно высоко процентное содержание пресноводного фитопланктона (6 %) и акритарх (*Veryhachium*, *Leiofusa* — 7 %). В составе диноцист преобладает *Geiselodinium cenomanicum* Leb. (рис. 4).

В песчаных пачках III—IV разнообразие микрофитопланктона растет, количество пресноводной составляющей уменьшается. Появляется наряду с другими интересная группа *Paralecaniella*, первоначально относимая к вольвоксовым водорослям, затем к диноцистам [20], а сейчас к группе неясного систематического положения [21]. Среди диноцист доминирует *Chlonoviella agapica* Leb.

В пачке V, где отсутствует макробиота и предполагаются аноксидные условия, и в пачке VI с достаточно разнообразной бентосной фауной установлена единая ассоциация, в которой продолжают доминировать диноцисты, и возрастает участие *Pterospermella* (до 9 %). Количество видов диноцист составляет 19—22 и только в обр. 13 сокращается до 16. В их составе преобладают *Geiselodinium cenomanicum*, *Chlamydophorella nyei* Cook. et Eis., *Pervosphaeridium truncatum* (Dav.) Below.

Ассоциация из вышележащей пачки глин (VII, обр. 29) видимой мощностью 1,5 м отличается максимальным таксономическим разнообразием диноцист (32 вида). Здесь многочисленны *Circulodinium* spp., *Geiselodinium cenomanicum*, *Chlamydophorella nyei*, *Chlonoviella agapica*, *Odontochitina operculata* (O. Wetz.) Defl. et Cook., *Phyptocorys veligera* (Defl.) Lej.-Carp. et Sarj., *Xenascus blastema* (Dav.) Stov. et Halby. Среди других групп микропланктона преобладает *Pterospermella*. Возможно,

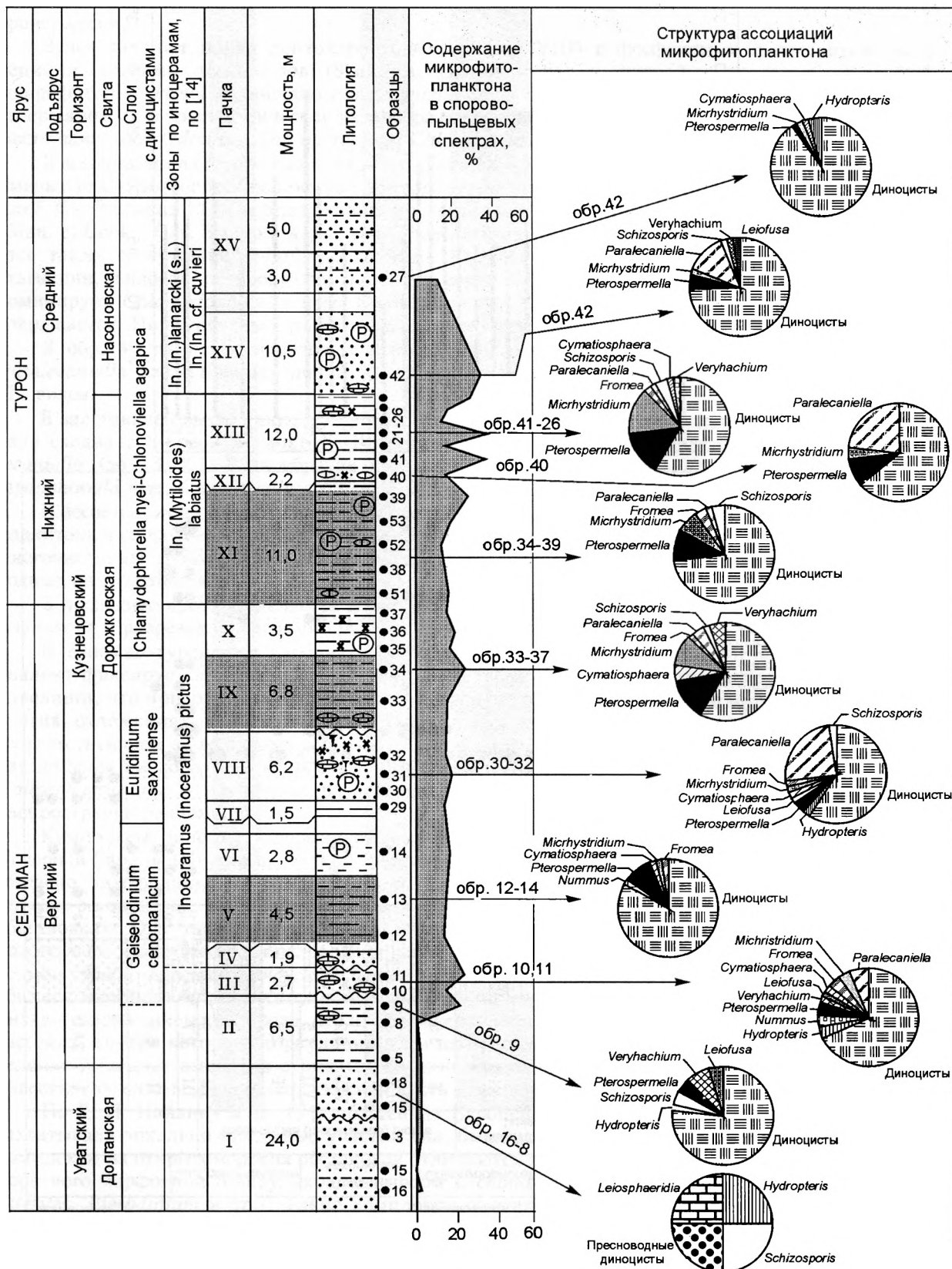


Рис. 3. Структура ассоциаций микрофитопланктона в разрезе на р. Ниж. Агапа.

Усл. обозн. см. на рис. 2.

этот слой представляет собой конденсированный горизонт и отражает максимум позднесеноманской трансгрессии.

Выше залегает пачка лептохлоритовых песков (VIII) с фосфатными и сидеритовыми конкрециями, следами пескожилов (*Skolithos*, *Ophiomorpha*) и фауной иноцерамов. В ассоциации микрофитопланктона количество *Paralecaniella* достигает 25 %, диноцисты хотя и доминируют, но содержание их и таксономическое разнообразие сокращаются (13—19 видов). В их составе ведущее место занимают *Odontochitina operculata*, *Chlonoviella agapica*.

В ассоциации из глинистых алевритов пачек IX—XI процентное содержание диноцист несколько уменьшается. Возрастает количество *Pterospermella* (до 14 %), акритарх (до 15 %), *Cymatiosphaera* (до 5 %). В пачках IX—X среди диноцист преобладают *Chlonoviella agapica*, *Trithyrodinium suspectum* (Man. et Cook.) Dav. В пачке X, где возрастает таксономическое разнообразие диноцист, увеличивается также содержание *Spiniferites ramosus*. В пачке XI, связываемой с обстановками частичной стагнации, видовое разнообразие диноцист вновь убывает (10—16 видов). В составе диноцист доминирует *Chlamydophorella nyei*. Количество же *Trithyrodinium suspectum*, *Chlonoviella agapica* сокращается. Не встречены *Cymatiosphaera* и *Veryhachium*.

В обр. 40 из лептохлоритовых песков (пачка XII) содержание *Pterospermella* сохраняется, *Paralecaniella* увеличивается до 22 %, видовое разнообразие диноцист значительно сокращается (11 видов).

В залегающей выше пачке глинистых алевритов (XIII) структура ассоциации микрофитопланктона сходна с таковой в пачке X. В песчаной пачке XIV вновь увеличивается количество *Paralecaniella* (до 13 %). Разнообразие диноцист достаточно велико (22 вида), преобладают *Chlamydophorella nyei*, *Chlonoviella agapica*, *Euridinium saxoniense* Marsh. et Batt.

В ассоциации из обр. 27 (пачка XV) сокращается процентное содержание морского микрофитопланктона в спорово-пыльцевом спектре и видовое разнообразие диноцист (11 видов). Сравнительно многочисленны только *Chlamydophorella nyei*, *Trithyrodinium suspectum*. Вновь появляются споры водных папоротников.

В последнее время появляется много данных о распределении диноцист и другого микрофитопланктона в разрезах со следами ОАЕ2.

В сеноман-туронских карбонатных отложениях Дувра (Англия) на основании изотопного анализа фиксируется океаническое аноксидное событие [22]. Авторы связывают его с усилением апвеллинга, что приводит к широкому распространению зоны кислородного минимума. Празинофиты в этих отложениях не обнаружены. Что касается диноцист, то они отсутствуют в интервале, соответствующем аноксидному событию, а затем вновь появляются практически в таком же составе, как до зоны кислородного минимума. Для этого интервала характерно также большое количество *Kallosphaeridium*. В изученном разрезе на р. Ниж. Агапа этот род диноцист немногочислен и распространен равномерно.

Комплексы диноцист сеноман-туронского возраста, выделенные из битуминозных мергелей Северной Европы (Нижнесаксонский бассейн, Германия, Восточная Англия), различаются по составу согласно литофациям [23]. Авторы выделили две основные ассоциации диноцист. Первая, *Spiniferites*-ассоциация, приурочена к мелу и мергелям, формировавшимся в открытых морских обстановках. Она также обнаружена в сравнительно богатых органикой мергелях, где предположительно расположена кислородная зона над кислородно-обедненной в стратифицированном водном столбе. Ассоциация *Cyclonephelium*—*Euridinium* обычно отмечается в образцах, содержащих обилие аморфного органического вещества. Это, по мнению авторов, свидетельствует об условиях с низким содержанием кислорода, что предположительно является причиной формирования застойного бассейна, внутри которого циркуляция воды не происходила [23]. Сходная закономерность распределения диноцист выявлена в нижнетуронских битуминозных глинистых мергелях и мергелистых известняках на о-ве Гельголанд (южная часть Северного моря) [24].

По Д. П. Найдину и др. [5], в бассейнах Европейской палеогеографической области стагнация захватывала локально отдельные участки дна, была „скользящей“ от места к месту. Диноцистовые комплексы из открытоморских обстановок отличаются значительным разнообразием, преобладанием хоратного морфотипа гониаулякоидных форм (*Achomosphaera*, *Exochosphaeridium*, *Florentinia*, *Spiniferites*, *Pterodinium* и др.). Такие комплексы описаны из сеноман-туронских отложений Южной Англии, Фракции, Германии [24, 25 и др.].

Детальный палинологический анализ сеноман-туронских углеродистых сланцев и мергелей западных внутренних территорий США выявил следующее: уменьшение разнообразия диноцист связано с проградацией береговой линии; самое большое количество диноцист наблюдается в нижней части трансгрессивного цикла, а не в пик трансгрессии, отношение *Spiniferites/Cyclonephelium* возрастает в направлении от берега и в трансгрессивные моменты [26].

Как видно из приведенного сравнения, данные о распространении органикостенного микрофитопланктона достаточно разнородны, что, возможно, связано с типом сравниваемых разрезов и с

отличием условий, в которых они образовались. Надо отметить, что экологически динофлагеллаты очень разнообразны. Среди них есть автотрофы и гетеротрофы, бентосные и планктонные формы при существенном доминировании последних. Возможно, с этим связаны вариации таксономического состава диноцист и количественного содержания отдельных видов. По-видимому, дефицит кислорода в придонных водах должен более всего затрагивать автотрофные и бентосные формы динофлагеллат. Тем не менее изменение физико-химических условий во время стагнации должно было сказаться на всей структуре альгофлоры.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Характерное для углеродистых фаций чередование аноксидных и нормально-морских обстановок достаточно четко выражено и в верхнесеноманских отложениях бассейна р. Ниж. Агапа. Это хорошо проявляется, в частности, в смене мелководно-морских песчаных пород (пачки IV и VIII) с бентосной фауной вверх по разрезу черными и коричневато-серыми листоватыми глинами с признаками пиритизации, без макрофауны, отражающими обстановки стагнации (пачки V, IX, XI). Сравнительно однородный состав листоватых глин, а также отсутствие в них алевритопесчаных осадков с волновыми текстурами свидетельствуют об их накоплении в относительно глубоководных (ниже базиса штормовых волн) частях морского бассейна в условиях фоновой седиментации. Присутствие среди глинистых алевритов и глин в этой части разреза, фосфоритовых желваков говорит о низких темпах седиментации [17], также способствовавших развитию аноксидных условий. Усиление гидродинамической активности, связанное с постепенным обмелением вследствие регрессии, и (или) изменение волнового климата (увеличение количественных параметров волн, частоты и интенсивности штормов), вызвавшие улучшение аэрации придонных вод (за счет волнового перемешивания водного столба), приводили в дальнейшем к накоплению типично морских песчано-алевритовых осадков со следами биотурбации, с нектонной и бентосной фауной (пачки VI, VIII). Повторное развитие аноксидных условий в бассейне могло быть связано с его относительным углублением, в связи с началом новой фазы трансгрессии, и было обусловлено климатическими изменениями, в частности, общим ослаблением гидродинамической активности среды, вследствие изменения волнового режима.

Несмотря на отсутствие геохимических данных, можно предположить, что гумусовое вещество в накоплении органики преобладало над сапропелевым. Об этом свидетельствует обильная наземная растительность, занимавшая сушу, впоследствии залитую морем, следы которой сохранились в аллювиальных отложениях (рассеянный растительный детрит, древесина, янтарь). Снос с суши наземного растительного вещества был значителен и в дальнейшем, на что указывает доминирование спор и пыльцы над морскими микрофитофоссилиями, присутствие пресноводных водорослей, спор водных папоротников (см. рис. 3), включения углефицированного детрита в осадках и конкрециях.

Данные изучения макрофауны и альгофлоры из отложений верхнего сеномана—нижнего турона на р. Ниж. Агапа указывают на достаточно теплый климат. Во-первых, сравнение комплексов диноцист из этих осадков показывает наибольшее сходство с одновозрастными комплексами Западной Европы. Во-вторых, в составе диноцист заметно доминируют гониаулякоидные формы, хотя содержание их гораздо меньше, чем в тегических разрезах. В-третьих, наблюдается большое видовое и родовое разнообразие. Здесь присутствуют все морфотипы диноцист в примерно равных пропорциях [13]. Все это согласуется с палеонтологическими данными, указывающими на достаточно теплый климат на севере Сибири: это один из уровней инвазии теплолюбивых форм макрофоссилий (аммониты, двустворки) [10, 11].

Значительным биологическим событием поздне меловой эпохи было резкое увеличение таксономического разнообразия и биопродуктивности фито- и зоопланктона — планктонный „взрыв“ [4, 5], которое также сыграло немаловажную роль в формировании углеродистых фаций. В тегических бассейнах оно выразилось в широчайшем развитии известкового нанопланктона (кокколитофориды) и, в меньшей степени, зоопланктона (фораминиферы), повлекшем накопление мощных толщ планктоногенных карбонатных осадков. В бореальных бассейнах, где преобладало терригенное и кремнистое осадконакопление, ядро сообществ фитопланктона составляли диатомовые и органикостенные водоросли — динофлагеллаты (в ископаемом состоянии представленные их цистами — диноцистами).

Смена фаций в разрезе сеноман-туронских отложений на р. Ниж. Агапа сопровождается изменением в структуре и составе ассоциаций микрофитопланктона, хотя не всегда понятно — какие именно факторы влияют в тех или иных случаях. Так, например, количественные соотношения различных групп растительных микрофоссилий из глинистых пачек V, IX—XI, XIII очень близки, а таксономический состав и процентное содержание диноцист значительно отличается. Интересным является повторяющееся увеличение количества *Paralecaniella* и сокращение видового разнообразия диноцист в лептохлоритовых песках. Для глинистых отложений характерно повышенное содержание *Pterospermella*, в туронской части разреза сопровождающееся повышенным содержанием

Michrystidium. Таксономическое разнообразие диноцист колеблется в небольших пределах. Уменьшение количества видов замечено в глинистых пачках V и IX, в которых предполагаются бескислородные условия, и в пачках лептохлоритовых песков (III, IV, VIII, XII). Регрессивный этап также заканчивается сокращением этого показателя.

Достаточно разнообразные сведения о связях микрофитопланктона с аноксидными событиями свидетельствует; по-видимому, о неоднородности условий, в которых происходило формирование „черных сланцев“. На планктонные организмы прямое воздействие, возможно, оказывали не столько бескислородные условия как таковые, сколько факторы, его обуславливающие (например, стратификация воды: соленосная, плотностная, температурная и т. п., апвеллинг или другие причины), либо из него вытекающие (например, обогащение придонных вод органическим веществом). Очевидно, степень и продолжительность бескислородных событий были различными в разных районах, что также оказывало воздействие на состав ассоциаций фитопланктона.

Авторы выражают благодарность В. А. Захарову, Б. Л. Никитенко, В. П. Девятову за ценные рекомендации в ходе работы над статьей.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 00-05-65202, 00-05-65405) и гранта Минобрзаования РФ в области фундаментального естествознания, геология, № 2000.9.8.

ЛИТЕРАТУРА

1. Schlanger S. C., Jenkyns H. C. Cretaceous oceanic anoxic events: causes and consequences // *Geologie en Mijnbouw*, 1976, № 3—4, p. 179—185.
2. Jenkyns H. C. Cretaceous anoxic events: From continents to oceans // *J. Geol. Soc.*, 1980, v. 137, № 2, p. 171—188.
3. Schlanger S. C., Cita M. B. Nature and origin of Cretaceous carbon-rich facies. NY, Acad. press, 1982, 230 p.
4. Красилов В. А. Меловой период. Эволюция земной коры и биосферы. М., Наука, 1985, 240 с.
5. Найдин Д. П., Похиалайнен В. П., Кац Ю. И., Красилов В. А. Меловой период. Палеогеография и палеоокеанология. М., Наука, 1986, 262 с.
6. Мурдмаа И. О. Геологические формации северо-западной части Атлантического океана. М., Наука, 1979, с. 943—946.
7. Сакс В. Н., Ронкина З. З. Юрские и меловые отложения Усть-Енисейской впадины. М., Госгеолтехиздат 1957, 232 с. (Тр. НИИГА, Т. 90).
8. Захаров В. А., Бейзель А. Л., Похиалайнен В. П. Открытие морского сеномана на севере Сибири // *Геология и геофизика*, 1989, № 6, с. 10—13.
9. Захаров В. А., Бейзель А. Л., Лебедева Н. К., Хоментовский О. В. Свидетельства эвстатики мирового океана в верхнем мелу на севере Сибири // *Геология и геофизика*, 1991, № 8, с. 9—14.
10. Захаров В. А., Бейзель А. Л., Бетехтина О. А. и др. Основные биотические события в фанерозое Сибири // *Проблемы доантропогенной эволюции биосферы*. М., Наука, 1993, с. 25—54.
11. Захаров В. А., Бейзель А. Л., Богомолов Ю. И. и др. Этапность и периодичность в эволюции морских экосистем борейального мезозоя // *Экосистемные перестройки и эволюция биосферы*. Вып. 1 / Под ред. А. Ю. Розанова, М. А. Семихатова. М., Недра, 1994, с. 139—151.
12. Захаров В. А., Бейзель А. Л., Лебедева Н. К., Хоментовский О. В. Новое в стратиграфии верхнего мела Северной Сибири // *Материалы конференции „Актуальные вопросы геологии и географии Сибири“*. Томск, 1998, с. 210—215.
13. Ильина В. И., Кулькова И. А., Лебедева Н. К. Микрофитофоссилии и детальная стратиграфия морского мезозоя и кайнозоя Сибири. Новосибирск, ОИГГМ СО РАН, 1994, 190 с.
14. Хоментовский О. В. Иноцерамиды (Bivalvia) и биостратиграфия верхнего мела севера Сибири Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Новосибирск, ОИГГМ СО РАН, 1998, 20 с.
15. Sahagian D., Pinous O. V., Olfieriev A. G., Zakharov V. A. Eustatic curve for the Middle Jurassic—Cretaceous based on Russian Platform and Siberian stratigraphy: zonal resolution // *AAPG Bull.*, 1996, v. 80, № 9, p. 1433—1458.
16. Решение 5-го межведомственного регионального стратиграфического совещания по мезозойским отложениям Западно-Сибирской равнины (Тюмень, 1990 г.). Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1991, 54 с.
17. Heckel P. H. Recognition of ancient shallow marine environments // *Recognition of ancient sedimentary environments*. Tulsa, Soc. Econ. Paleont. Miner., 1972, Spec. Publ., 16, p. 226—286.
18. Posamentier H. W., Allen J. P., James D. P., Tesson M. Forced regression in a sequence stratigraphic framework: Concepts, example and exploration significance // *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 1992, v. 76, p. 1687—1709.

19. Evitt W. R. Sporopollenin dinoflagellate cysts. Their morphology and interpretation. Austin, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 1985, 333 p.
20. Elsik W. C. *Paralecaniella indentata* (Defl. and Cook., 1955) Cookson and Eisenack 1970 and allied dinocysts // *Palynology*, 1977, v. 1, p. 95—102.
21. Fensome R. A., Williams G. L., Bars M. S., et al. Acritarchs and fossil prasinophytes: an Index to genera, species and infraspecific taxa. Contribution series, № 25. Austin, AASP, 1990, 771 p.
22. Jarvis I., Carson G. A., Cooper M. K. E. et al. Microfossil assemblages and the Cenomanian—Turonian (Late Cretaceous) oceanic anoxic event // *Cretaceous Research*, 1988, v. 9, p. 3—103.
23. Marshall K. L., Batten D. J. Dinoflagellate cyst association in Cenomanian—Turonian—„Black shale“ sequences of Northern Europe // *Rev. Palaeobot. and Palynol.*, 1988, v. 54, p. 85—103.
24. Batten D. J., Marshall K. L. Palynology of Upper Cretaceous „Black Shales“ from Helgoland, southern North Sea // *Geol. Jb.*, 1991, A 120, p. 105—115.
25. Tocher B. A., Jarvis I. Dinocyst distribution and stratigraphy of two Cenomanian—Turonian boundary (Upper Cretaceous) section from the western Anglo-Paris basin // *J. Micropaleont.*, 1995, v. 14, p. 97—105.
26. Li H., Habib D. Dinoflagellate stratigraphy and its response to sea level change in Cenomanian—Turonian sections of the Western Interior of the United States // *Palaios*, 1996, v. 11, p. 15—30.

*Рекомендована к печати 28 декабря 2001 г.
Н. В. Сенниковым*

*Поступила в редакцию
21 сентября 2001 г.*