

УДК 551.763.13 (.32 : 563.12 (574.1 + 438))

Л. Ф. Копаевич, И. Валашик

ВЕРХНЕАЛЬБСКО-НИЖНЕТУРОНСКАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАЗРЕЗОВ АННАПОЛЬ (СВЕНТОКШИНСКИЕ ГОРЫ) И КОКСЫИРТАУ (ПОЛУОСТРОВ МАНГЫШЛАК)

Детальная корреляция верхнемеловых разрезов Юга СССР и внекарпатской Польши является одной из основных задач совместной работы группы исследователей Московского и Варшавского университетов по созданию единой стратиграфической схемы расчленения. Хороший материал для таких корреляций представляют разрезы Аннаполь (Центральная Польша, отроги Свентокшиских гор) и Коксыиртау (СССР, п-ов Мангышлак, хребт Северный Актау) (рис. 1).

Разрез Аннаполь на протяжении многих лет привлекал к себе внимание исследователей, поскольку его расчленение, характер пере-
рывов, а также распределение макро- и микрофауны позволяющие установить последовательность геологических событий как местного, так и глобального масштаба [11, 14, 21, 26—28, 30]. В перечисленных работах приводится подробное описание литологической характеристики разреза, его расчленение на основании распределения фауны аммонитов, иноцерамов и планктонных фораминифер (ПФ). Выделенные здесь отложения среднего и верхнего альба, нижнего, среднего и верхнего сеномана и нижняя часть турона представляют собой типично трансгрессивную серию: пески и песчаники среднего альба постепенно сменяются карбонатными песками и мергелями верхнего альба — сеномана, перекрываемыми известняками нижнего турона.

Очень характерным компонентом разреза являются желваковые фосфориты, пользующиеся широким распространением в конденсированной толще среднего — верхнего альба. Единичные желваки отмечаются в глауконитовых мергелях нижнего и среднего сеномана, еще более редки они в известняках нижнего турона.

Внутри этой среднемиеловой последовательности выделено четыре несогласия (рис. 2, а). Они выражены либо сменой литологического состава, либо поверхностями твердого дна. В трех случаях их можно

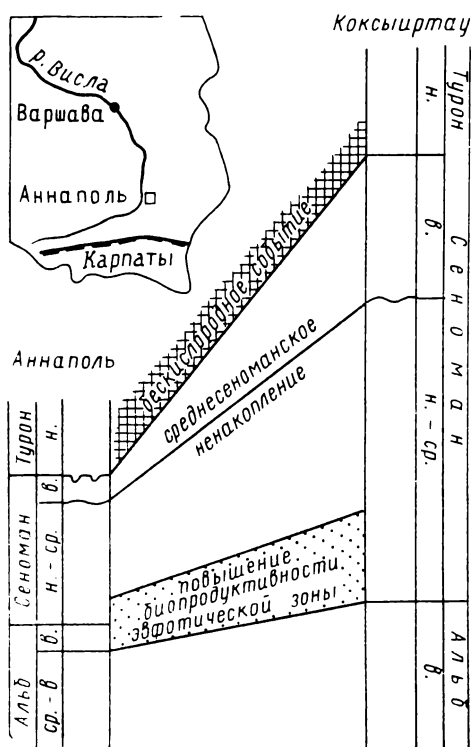


Рис. 1. Схемы расположения разреза Аннаполь и его сопоставления с разрезом Коксыиртау

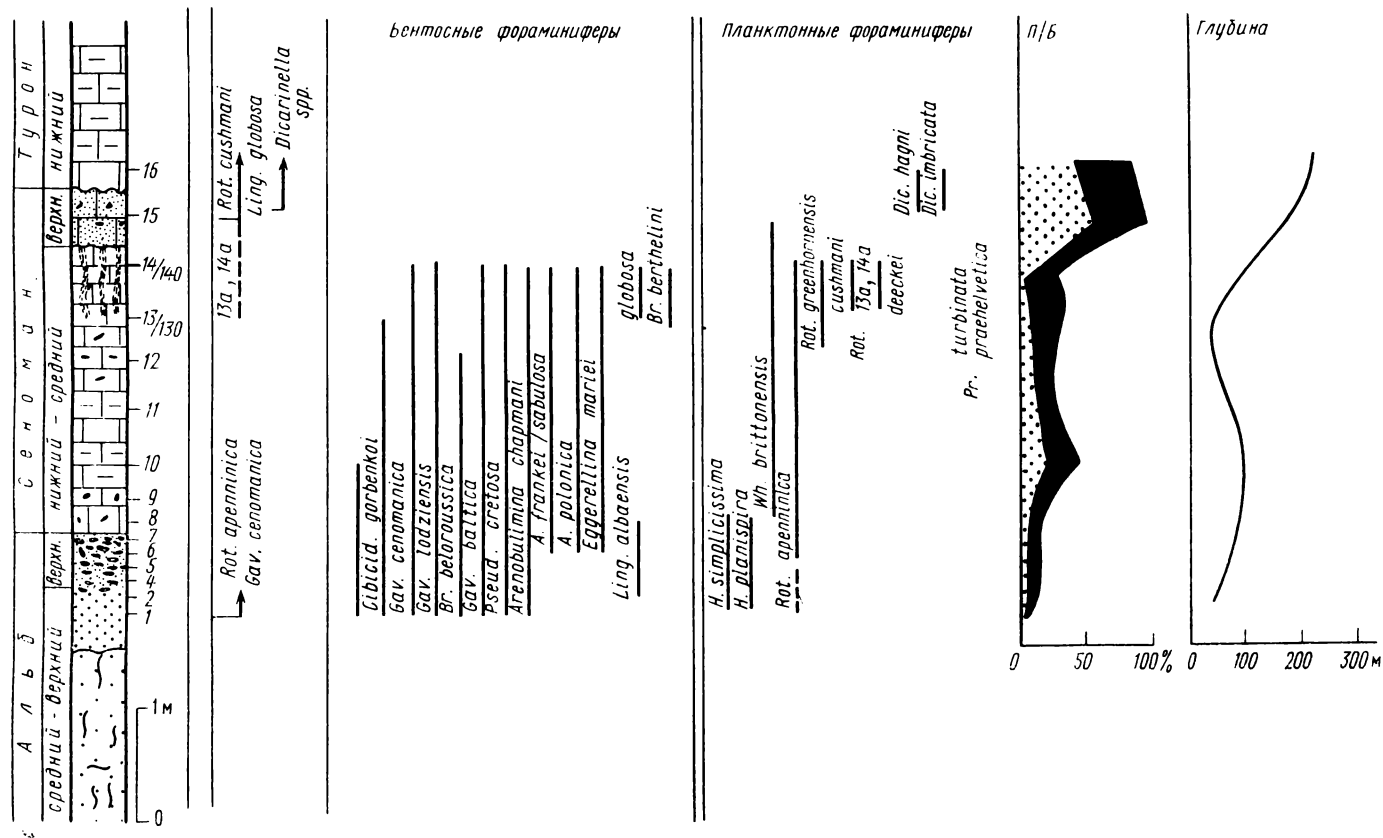
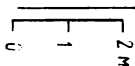
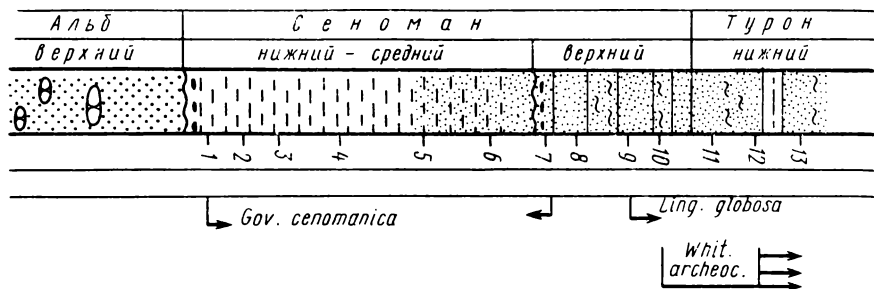


Рис. 2. Расчленение разрезов Аннаполь (а) и Коксыртау (б) по фауне планктонных и бентосных фораминифер и изменение отношения планктон/бентос: 1 — крепкие песчаники; 2 — пески и песчаники слабосцементированные; 3 — известняки глинистые; 4 — алевролиты; 5 — глины; 6 — алевролиты; 7 — сферические конкреции; 8 — фосфоритовые желваки и сrostки; 9 — «глобигериноподобный» неклеватый планктон; 10 — клеватый планктон; 11 — бентос



- Gav. cenomanica*
Drit. formosa
Br. beloroussica
Ar. advena/frankel
Ar. sabulosa
H. carpenteri/dorsoplana/postdors.
Marginula jonesi
Lenticulina spp.
Eggerellina marlei
Pseudotext. cretosa
Cibicid. gorbekol
Cib. polyrraphes

- Neob. numerosa*
Tap. couvigniriformis
Ling. globosa
Br. berthelini

Бентосные фораминиферы



- Hedb. caspia*
Hedb. planispira
Hedb. simplicissima
Whiteinella brittonensis
apenn. greenh.

- Wh. archeoc.*
Hedb. holzli

Планктонные фораминиферы

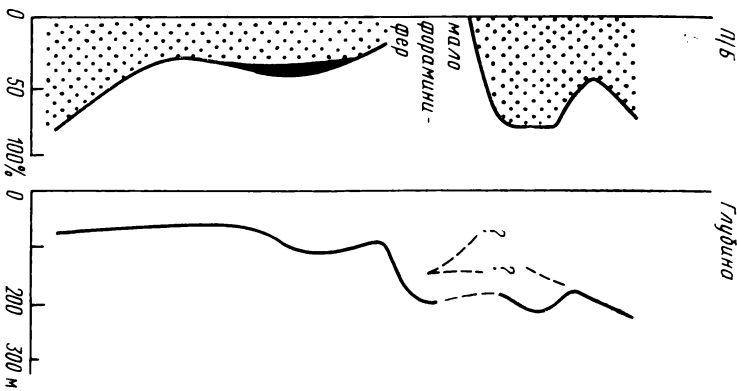


Рис. 2, 6

связать с изменением глубины бассейна и последовавшим за ним изменением характера осадконакопления [36].

Для характеристики отложений того же стратиграфического интервала на Мангышлаке был выбран разрез Коксыртау, который является одним из наиболее полных. Он представляет собой пестрофациальную терригенную толщу, насыщенную перерывами, и включает в себя отложения от верхнего альба до нижнего турона. Перерывы выражаются либо фосфоритовыми горизонтами в виде сростков, либо фосфоритовыми желваками, либо подчеркиваются резкой сменой литологического состава (рис. 2, б). Наиболее детальное описание его приводится в работе Д. П. Найдина и др. ([6], гл. 3, с. 90). Альбские отложения представлены песками и слабосцементированными песчаниками со сферическими гигантскими конкрециями. Граница с сеноманом выражена базальным слоем сростков крупных фосфатизированных темно-коричневых песчаников с фосфатизированными ядрами мантилициферасов и шленбахий. Отложения нижнего—среднего сеномана представлены глинами темно-оливковыми, светло- и темно-серыми с мелкими пиритизированными растительными остатками. Толща верхнего сеномана — нижней части верхнего турона содержит в основании мелкие желваковые фосфориты. В целом — это чередование слабосцементированных песчаников, алевролитов, песков в различной степени глинистых и глин, обычно песчанистых. Породы биотурбированы и содержат лимонитовые конкреции.

Расчленение разреза Коксыртау также базируется на распределении остатков иноцерамов, аммонитов и фораминифер, в большей степени бентосных (БФ), чем планктонных. Фауна БФ обильна и разнообразна в разрезе Аннаполь и может служить прекрасным инструментом для сопоставления.

Расчленение разреза Аннаполь по фауне фораминифер. Пробы с 1 по 14 содержат богатую ассоциацию БФ, среди которых наиболее характерными являются: *Orostella formosa*, *Gavelinella senomanica*, *G. baltica*, *G. lodziensis*, *Cibicides gorbekoi*, *Arenobulimina advena* — *frankei*, *A. chapmani* — *polonica*, *A. sabulosa*. На этом фоне следует отметить исчезновение *Lingulogavelinella albiensis* в пробе 8 и *Brotzenella belorussica* в пробе 10, а также более позднее появление *Cibicides polyrraphes* (проба 10).

Среди ПФ преобладают раковины *Hedbergella simplicissima* и *H. planispira*, большим количеством экземпляров представлены такие важные в стратиграфическом отношении виды, как *Rotalipora arenipinnica* и *R. greenhornensis*.

Систематический состав комплекса БФ позволяет выделить на уровне проб 1—14 отложения зоны *Gavelinella senomanica*, которые широко распространены в пределах Европейской палеобиогеографической области. По своему стратиграфическому объему эта зона отвечает верхам альба и нижнему — среднему сеноману [1, 3, 6, 7, 10, 14]. Состав ассоциации ПФ позволяет выделить на этом же уровне зону *Rotalipora arenipinnica* — *greenhornensis*.

В вышележащих отложениях встречен резко отличный комплекс БФ. Здесь исчезают практически все упомянутые виды за исключением *Cibicides polyrraphes* и одновременно появляются *Lingulogavelinella globosa* и *Brotzenella berthelini*. Эти же виды вместе с ПФ *Rotalipora cushmani*, *Rot. deekkei*, *Praeglobotruncana turbinata*, *Dicarinella imbricata* встречаются в ходах этого слоя (пробы 13а, 14а). По всей видимости, эти отложения можно выделить как сохранившуюся часть зоны *Lingulogavelinella globosa* по БФ или *Rotalipora cushmani* по ПФ, ко-

торые отвечают верхней части сеноманского яруса [1, 3, 10, 25, 31, 32, 37].

В вышележащих известняках (проба 16) БФ практически отсутствуют, за исключением единичных *Lingulogavellinella globosa* и *Brotzenella berthelini*. Среди ПФ широко представлены *Praeglobotruncana turbinata*, *Pr. praehelvetica*, *Dicarinella imbricata* и *D. ex gr. hagni*. Это позволяет предполагать в разрезе Аннаполь присутствие отложений нижней зоны турона — *Dicarinella hagni* или зоны с «примитивными *Dicarinella*» [31, 32].

Расчленение разреза Коксыртау по фауне фораминифер. Отложения верхней части альба в разрезе Коксыртау фауны фораминифер не содержат. В глинистых породах нижней части сеномана присутствует обильный комплекс БФ, представленный видами: *Gavelinella senomanica*, *G. baltica*, *Lingulogavellinella frankei*, *Cibicides polyrraphes*, *Cibicoides gorbenkoi*, *Arenobulimina advena—frankei*, *A. chapmani*. Для глинистой пачки разреза Коксыртау (пробы 1—4) характерны разнообразные в таксономическом отношении *Noeglundina*, типичные для верхней части альба, т. е. как бы его реликты. Комплекс ПФ беден и однообразен, присутствуют главным образом *Hedbergella planispira*, *Hed. simplicissima*, *Whiteinella brittonensis*. Только в пробах 5, 6 присутствует несколько экземпляров *Rotalipora apenninica*, *Rot. greenhornensis* угнетенного облика. Состав ассоциации БФ позволяет выделить на уровне проб 1—6 отложения зоны *Gavelinella senomanica*, возраст которой по фауне аммонитов *Mantelliceras mantelli*, *Schloenbachia*, *Turrilites costatus* датируется как нижний — средний сеноман.

Проба 7, взятая выше фосфоритового горизонта (рис. 2, б), содержит более бедный в количественном и качественном отношениях комплекс фораминифер. Здесь появляются и новые формы, такие как *Neobulimina numerosa*, *Tarpanina eouvigeriniformis*, по-прежнему обычны *Gavelinella senomanica*.

Пачка песчаных пород (пробы 8, 9) не содержит органических остатков, очень редки и раковины фораминифер. Только на уровне пробы 9 встречен *Praeaetiosacma plenus* (Blv.). Согласно современной интерпретации так называемые «пленусовые слои» представляют собой верхние горизонты сеномана [6, с. 69]. Здесь же встречены первые экземпляры *Lingulogavellinella globosa* и *Brotzenella berthelini*. Появление таких бентосных видов, как *Tarpanina eouvigeriniformis* (проба 7), *Lingulogavellinella globosa* и *Brotzenella berthelini* (проба 9) позволяет установить на уровне этих проб отложения зоны *Lingulogavellinella globosa*, входящей в состав верхнего сеномана [1, 3, 10]. В пробе 11 появляется комплекс фораминифер, состоящий преимущественно из представителей ПФ, которые принадлежат родам *Whiteinella*, *Hedbergella*. Впервые он был выделен в пограничных отложениях сеномана и турона под названием «зоны крупных глобигерин», или же *Whiteinella archaeocretacea* [29, 35, 37]. БФ в этом интервале необычайно бедны.

Сопоставление разрезов Аннаполь и Коксыртау. Как это следует из предыдущего текста, оба разреза имеют черты как различия, так и явного сходства. Последнее дает возможность наметить некоторую общность в последовательности геологических событий, имевших место в конце альба — сеномане (рис. 1). И в разрезе Аннаполь, и в Коксыртау комплекс БФ позволяет выделить отложения зоны *Gavelinella senomanica*. Различия в стратиграфическом объеме зоны связаны с местными особенностями развития бассейнов, к которым можно отнести: неблагоприятные условия для сохранения раковин фораминифер в Коксыртау, смесь позднеальбских — раннесеноманских форм в кон-

денсированной фосфатоносной толще разреза Аннаполь. Тут следует отметить, что отложения терминального альба (зона *Stoliczkaia dispar*) во многих регионах Европы содержат комплекс БФ и ПФ, неотличимый от раннесеноманского [10, 31, 32].

Вышележащие отложения в обоих регионах охарактеризованы бедным комплексом БФ, в составе которого присутствуют единичные экземпляры *Lingulogavelinella globosa* и *Brotzenella berthelini*. Стратиграфическое распределение этих форм ограничено верхней частью сеномана — нижней частью турона, что позволяет установить и в разрезе Аннаполь, и в Коксыртау присутствие отложений этого возраста. Часть верхнесеноманских отложений в разрезе Аннаполь была уничтожена последующим размывом, на что указывает присутствие верхнесеноманских ПФ (*Rotalipora cushmani*, *Lingulogavelinella globosa*) в ходах подстилающего слоя (пробы 13а, 14а). Вообще в польском регионе встречено большое количество килеватого планктона (различные *Rotalipora*, *Praeglobotruncana*, *Dicarinella*), практически отсутствующего в Коксыртау.

В разрезе Аннаполь нижняя часть нижнего турона лежит с размывом на верхнем сеномане, выше которого сразу начинаются примитивные *Dicarinella* типа *imbricata* и *hagni*. Стратиграфический диапазон перерыва невелик, так как первые дикаринеллы появляются обычно в самой нижней части турона, ниже первых *Helvetoglobotruncana helvetica*, а иногда отмечаются даже в верхних горизонтах сеномана [22, 31, 32]. Нижняя часть нижнего турона в разрезе Коксыртау связана с верхним сеноманом постепенным переходом и охарактеризована комплексом ПФ, который получил название «зоны крупных глобигерин» [29, 35], зоны *Hedbergella lehmanni* [20], *Whiteinella archeotracea* или *Wh. arctica* [31, 32, 37]. В его состав входят главным образом представители родов *Hedbergella* и *Whiteinella*. БФ редки и имеют явно угнетенный облик.

Интересные данные получаются по соотношению планктон/бентос (П/Б), которое, как известно, служит косвенным показателем изменения глубины бассейна [10, 15—18, 21, 36]. В целом для обоих разрезов характерны невысокие значения отношения П/Б и, следовательно, небольшие глубины, хотя на этом довольно однообразном фоне можно отметить несколько пиков П/Б. Первый наблюдается в фосфатоносной толще терминального альба в разрезе Аннаполь и в нижней части сеномана разреза Коксыртау. Увеличение отношения П/Б в этом случае связано с большим количеством планктона, преимущественно рода *Hedbergella*.

Следующий пик связан с границей среднего и верхнего сеномана и четко выражен в разрезе Аннаполь. Здесь же к этому рубежу приурочен перерыв, выраженный твердым дном (*Hard ground*) с минерализацией, глауконитизацией и глубоко проникающими ходами илоедов [35]. В ходах среднего сеномана (пробы 13а, 14а) встречены представители так называемого «глубоководного» планктона — роталипоидные преглоботрунканы [2, 17, 36].

Перерыв в кровле среднесеноманских отложений имеет широкое площадное распространение, хотя выражен он везде по-разному [4, 10, 16—19, 36]. Как следует из перечисленных выше работ, он распространен на территории Северной и Южной Англии, Западной Германии, Польши, Крыма. В разрезе Коксыртау перерыв представлен фосфоритовым горизонтом (рис. 2, б), в направлении которого наблюдается некоторое увеличение отношения П/Б. Выше перерыва раковины фораминифер отсутствуют, впрочем как и другие органические остатки. Са-

мым заметным является пик П/Б, характерный для пограничных отложений сеномана и турона и ассоциирующий с резким преобладанием «глубоководных» морфотипов — представителей родов *Dicarinella* и *Whiteinella* в Аннаполь и *Whiteinella* в Коксыртау; как уже упоминалось, количество и таксономическое разнообразие БФ резко сокращается, иногда наблюдается его полное отсутствие.

Интерпретация результатов. Если попытаться проинтерпретировать изменения в составе комплексов фораминифер, отмечая общее и различное в обоих разрезах, то представляется следующая картина. Позднеальбский — раннесеноманский пик отношения П/Б связан скорее всего с увеличением продуктивности верхнего слоя воды, т. е. так называемой эвфотической зоны, а не с возрастанием глубины бассейна [2, 36]. Увеличение продуктивности происходило с явным опережением в польском регионе и тесно связано с повышением фосфатности в породах. Данные по современным бассейнам не противоречат этому, в них также наблюдается высокая биопродуктивность зоо- и нанопланктона на обогащенных фосфатным веществом площадях [9, 12].

Событие, связанное с формированием перерыва в кровле среднесеноманских отложений, который пользуется широким площадным распространением от побережья Атлантики до Крыма и Мангышлака, определяется в англоязычной литературе как «mid-senomanian consequence» — «среднесеноманское ненакопление» [10, 16—18]. Его связывают с резким поднятием уровня Атлантического океана и увеличением глубины прилегающих к нему морских бассейнов. Трансгрессия, обусловленная этим явлением, могла проникать далеко на восток, вплоть до Крыма и Мангышлака. В разрезе Аннаполь углубление бассейна подтверждают постепенное увеличение П/Б и присутствие «глубоководных» морфотипов среди ПФ. В разрезе Коксыртау наблюдается лишь незначительное увеличение отношения П/Б в направлении фосфоритового горизонта, глубоководные морфотипы среди ПФ не встречены. По-видимому, мангышлакский бассейн имел, во-первых, меньшие глубины и, во-вторых, из-за сильного терригенного разбавления здесь были условия, неблагоприятные как для обитания, так и для захоронения раковин фораминифер.

Следующий пик П/Б, характерный для пограничных отложений сеномана и турона, ассоциирует с необычайной бедностью количественного и таксономического составов БФ, что указывает, несомненно, на неблагоприятные донные условия. Пограничный сеноман-туронский кризис донной жизни является широко распространенным феноменом, причины же, вызвавшие его, получают разное толкование. Большинство исследователей связывают его с так называемыми «океаническими бескислородными событиями» («Oceanic Anoxic Events») [13, 17, 19, 22—24, 33, 34]. Возникновение последних было скорее всего следствием резкого повышения биопродуктивности поверхностных слоев воды, которое в свою очередь было следствием апвеллинга [22]. Повышенная продуктивность вызвала появление и интенсивное развитие зоны кислородного минимума в водной колонке океанических окраин. Анаэробно-бескислородные условия могли охватывать значительные толщи воды, достигая придонной поверхности. Это выразилось в широком площадном развитии обогащенных органическим веществом прослоев. Такие прослои, представленные битуминозными мергелями, встречаются во многих районах: от разрезов Англии и Западной Германии на западе до Крыма и Кавказа — на востоке [5, 8, 10, 13, 17, 22—24, 33, 34, 37]. В эпиконтинентальных бассейнах придонные воды не были полностью бескислородными, однако сокращение разнообразия бентос-

ной фауны, и в том числе БФ, указывает на неблагоприятные условия, быть может менее значительные. По всей видимости, «бескислородные» воды Северной Атлантики постепенно распространились и в пределы мелководных эпиконтинентальных морей.

Оба разреза — Аннаполь и Коксыртау — формировались в мелководных условиях, здесь скорее всего не могло быть апвеллинга и связанного с ним аномального пика биопродуктивности. Происходившие события выразились, во-первых, в формировании твердого дна (разрез Аннаполь), во-вторых, в кризисе донной жизни. Среди БФ переживают «бескислородные события» наиболее приспособленные — *Lingulogavelinella globosa*, *Brutzenella berthelini* и некоторые агглютинирующие формы.

Таким образом, анализ распределения раковин фораминифер помогает установить общность геологических событий, которые происходили в регионах, достаточно удаленных друг от друга, но принадлежавших когда-то одной палеобиогеографической области. Именно этот фактор определял седиментогенез и биогеографию поздне меловых морей обоих регионов. Необычайное сходство БФ разрезов Аннаполь и Коксыртау указывает на непрекращающуюся связь между морскими бассейнами этих территорий. Естественно, что значительные, так называемые глобальные события (например эвстатические поднятия уровня океана в среднем сеномане и в конце сеномана — начале турона) отражались на характере седиментации и на составе фауны фораминифер обоих регионов. В то же время между этими двумя акваториями существовали явные различия, которые определялись сочетанием климатической субширотной зональности, действием течений, различными водными массами, дополненные воздействием фактора глубины. С влиянием этих причин связано, например, присутствие большого количества «глубоководного» планктона во всех пробах разреза Аннаполь. Необычайно велика и роль тектонических, в частности эпейрогенических, движений, определяющая в значительной мере присутствие в породах терригенной составляющей, а также формирование перерывов, связанных с размывами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимец В. С. Стратиграфические и палеонтологические исследования в Белоруссии. Минск, 1978. С. 143—150.
2. Копаевич Л. Ф. Определение палеоглубин на основе анализа комплексов планктонных фораминифер (по материалам верхнемеловых разрезов Закаспия) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4, Геология. 1989. № 3.
3. Липник Е. С., Люльева С. А. Зональное расчленение сеноманских — сантонских отложений Днепровско-Донецкой впадины по бентосным фораминиферам и известковому наопланктону. Киев, 1981.
4. Найдин Д. П., Алексеев А. С. Значение данных океанского бурения для интерпретации обстановки и условий обитания фауны сеномана Горного Крыма. Эволюция организмов и биостратиграфия середины мелового периода. Владивосток, 1982. С. 17—19.
5. Найдин Д. П., Алексеев А. С., Копаевич Л. Ф. Фауна туронских отложений междуречья рек Кача и Бодрак (Крым) и граница сеноман-турон. Эволюция организмов и биостратиграфия середины мелового периода. Владивосток, 1982. С. 20—32.
6. Найдин Д. П., Беньямовский В. Н., Копаевич Л. Ф. Методы изучения трансгрессий и регрессий (на примере поднемеловых бассейнов Западного Казахстана). М., 1984.
7. Найдин Д. П., Копаевич Л. Ф. Внутрiformационные перерывы верхнего мела Мангышлака. М., 1988.
8. Самышкина К. Г. Фораминиферы и стратиграфия меловых отложений Восточного Кавказа и Восточного Предкавказья. М., 1983.

9. Baturin G.N., Bezrukov P. L. Phosphorites the sea floor and their origin// *Marine Geology*. 1979. Vol. 31. N 3—4.
10. Carter D. J., Hart M. B. Aspects of mid-Cretaceous stratigraphical micro-paleontology // *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. Geol. London*. 1977. Vol. 29. N 1.
11. Cieřlinski S. Development of the Danish-Polish Furrow in the Holy Cross Region in the Albian, Cenomanian and Turonian. Warszawa, 1976. Z 95. S. 249—271.
12. Cook P. J., Mc Elhinny M. W. A reevaluation of the spatial and temporal distribution of sedimentary phosphate deposits in the light of plate tectonics // *Econ. Geology*. 1979. Vol. 74. N 2.
13. Ernst G., Schmid F., Seibertz E. Event-Stratigraphy in Cenoman und Turon von NW-Deutschland // *Zitteliana*. 1983. R. 10.
14. Gawor-Biedowa E. Biostratigraphy of the Albian, Cenomanian and Turonian deposits of Western and Central Poland based on the occurrence of foraminifera // *Bull. Inst. Geol.* 1982. Vol. 329.
15. Grimsdale T. F., Morkhoven F. P. van. The ratio between pelagic and benthonic foraminifera as a means of estimating depth of deposition sedimentary rocks // *Proc. 4th World Petrol. Congr. Sec. 1-D*. 1955. Vol. 4.
16. Hart M. B. The recognition of the mid-Cretaceous sea-level changes by means of foraminifera // *Cretaceous Research*. 1980. N 1.
17. Hart M. B., Bailey H. W. The distribution of planktonic Foraminifera in the mid-Cretaceous of NW Europe. Aspekte der Kreide Europas. JUGS. 1979. Ser. A. N 6.
18. Hart M. B., Tarling D. H. Cenomanian paleogeography in the North Atlantic and possible mid-Cenomanian eustatic movements and their implications // *Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol.* 1974. Vol. 15. N 2.
19. Hilbrecht H. On the correlation of the Upper Cenomanian and Lower Turonian of England and Germany (Boreal and N-Tethys) // *Newsl. Stratigr.* 1986. Vol. 15. N 3.
20. Hinte J. van. A Cretaceous time scale // *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.* Vol. 60, N 4.
21. Huss F. Distribution of planktonic and benthonic Foraminifera in the Upper Cretaceous sediments of NW-Poland // *Acta Geol. Polon.* 1962. Vol. 12, N 1.
22. Jervis I., Carson G. A., Cooper M. K. E. et al. Microfossil assemblages and the Cenomanian — Turonian (late Cretaceous) Oceanic Anoxic Event // *Cretaceous Research*. 1988. N 9.
23. Jeffries R. P. The stratigraphy of the Actinocamax plenus Subzone (Turonian) in the Anglo — Paris — Basin // *Proc. Geol. Assoc.* 1963. Vol. 74, N 1.
24. Jenkyns H. C. Cretaceous anoxic events: from continents to oceans // *J. Geol. Soc.* 1980. Vol. 137, N 2.
25. Koch W. Stratigraphie der Oberkreide in Nordwestdeutschland (Pompeckjehe Scholle). T. 2: Biostratigraphie in der Oberkreide und Taxonomie von Foraminiferen // *Geol. Jb.* 1977. R. 38.
26. Marcinowski R., Radwanski A. The mid-Cretaceous transgression onto the Central Polish Uplands (marginal part of the Central European Basin) // *Zitteliana*. 1983. R. 10.
27. Marcinowski R. Cenomanian ammonites from German Democratic Republic, Poland and the Soviet Union // *Acta Geol. Polon.* 1980. N 30 (3).
28. Marcinowski R., Wiedmann J. The Albian ammonite fauna of Poland and its paleogeographical significance // *Acta Geol. Polon.* 1985. N 35 (3—4).
29. Monciardini Ch. Biozones of Foraminifera and facies du Turonien dans le Nord du Bassin de Paris // *Bull. Bur. Rech. Geol. Min.* 1978. Sh. 1, N 3.
30. Radwanski S. Upper Cretaceous facies and faunas in the central part of the Sudety Mts. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 1966. Vol. 36, N 2.
31. Robaszynski F., Caron M. Atlas de Foraminifères planctoniques du Crétacé moyen (Mér boréale et Tethys). *Cahiers Micropaléont.* F. 1, N 2.
32. Robaszynski F., Alcaydé G., Amedro F. et al. Le Turonien de la région-type: Saumurois et Touraine Stratigraphie, biozonations, sédimentologie // *Bull. Centres Rech. Explor. Prod. El-Aquitaine*. 1982. Vol. 6, N 1.
33. Schlanger S. O., Jenkyns H. C. Cretaceous oceanic anoxic events: causes and consequence // *Geol. Mijnbouw*. 1976. Vol. 55, N 3—4.
34. Seibertz E. Stratigraphisch-fazielle Entwicklung des Turon im süddöstlichen Münsterland (Oberkreide, NW-Deutschland) // *Newsl. Stratigr.* 1979. Vol. 8, N 1.
35. Sigal J. Essai sur l'état actuel d'une zonation stratigraphique à l'aide des principales espèces des Rosalines (foraminifères) // *Comp. Rendu Géol. France*. 1967. N 2.
36. Walaszyk J. Mid-Cretaceous events at the marginal part of the Central European Basin. (Annapol-on-Vistula section, Central Poland) // *Acta Geol. Polonica*. 1987. Vol. 37, N 1—2.

УДК 548.736

М. А. Симонов

КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ СТРУКТУР ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ КАЛЬЦИЕВЫХ БОРАТОВ

Автором изучено большое количество кристаллических структур боратов Ca; Ca, Mg и Ca, Mn; Mg и Mn; Zn и Li, Zn; Cd и Li, Cd и др. Тщательно исследованы как отдельные структуры, так и большие группы этих соединений. Выявлены факторы, влияющие на их строение [10]: развиты положения кристаллохимии силикатов, сформулированные Н. В. Беловым, применительно к боратам. В [9] рассмотрена роль водородных связей в расшифрованных нами кристаллических структурах гидратированных боратов. Изученные бораты классифицированы на основе традиционной систематики, т. е. по типу окислородных радикалов.

В 1988 г. автором [15] сформулированы новые принципы классификации водородсодержащих соединений (сульфатов, боратов, фосфатов, силикатов и др.), анионные радикалы которых образованы из «жестких», стабильных структурных единиц SO_4 , BO_4 , BO_3 , SiO_4 , PO_4 и т. п.

Известно, что ранее классификация таких соединений, как и названных выше боратов, проводилась на основе типа анионного радикала, т. е. рассмотрения степени конденсации элементарных структурных единиц тетраэдров и треугольников через общие атомы кислорода и оценки размерности получающихся радикалов. Соответственно они разделялись на островные, цепочечные, слоистые, каркасные и структуры с радикалами разного типа. В классификациях существует и более высокая степень детализации. Например, соединения с островными радикалами разделяют на орто-, диорто-, триорто-, кольцевые и структуры со сложными группировками. Цепочечные структуры классифицируют по количеству цепочек (одинарные, сдвоенные и т. п.).

Классификации этого типа распространяют на соединения различных составов, в том числе и содержащие атомы H, в частности на гидратированные сульфаты, бораты и др., без учета наличия в структурах многих из них водородных связей, играющих важную роль в строении. Возможно, что раньше это было обоснованным или, точнее, вынужденным, так как существовали проблемы с локализацией атомов H и надежным выявлением водородных связей. В настоящее время благодаря использованию при изучении кристаллических структур прецизионных методов, а часто совместно рентгено-структурного анализа и нейтронографии в значительном числе кристаллических структур соединений различных классов надежно локализованы атом H и выявлены водородные связи.

Рассматривая строение этих соединений и классифицируя их, необходимо обязательно принимать во внимание водородные связи. На-