

The background of the cover is a photograph of a geological outcrop. The upper portion shows a light-colored, highly stratified rock face with numerous horizontal layers and some vertical fissures. The lower portion of the image shows the dark, rippling surface of a body of water, likely a lake or a calm sea, reflecting the sky. The overall scene is a natural landscape with a clear focus on the geological structure of the cliff.

Р.Р. ГАБДУЛЛИН, А.В. ИВАНОВ

**РИТМИЧНОСТЬ
КАРБОНАТНЫХ ТОЛЩ**

Р. Р. Габдуллин, А. В. Иванов

РИТМИЧНОСТЬ КАРБОНАТНЫХ ТОЛЩ

ИЗДАТЕЛЬСТВО САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

2002

Рецензенты:

Кандидат геол.-минерал. наук, доцент Л. Ф. Копеевич
(Московский государственный университет)
Кандидат геол.-минерал. наук З. А. Яночкина
(НИИ геологии Саратовского государственного университета)

Габдуллин Р. Р., Иванов А. В.

Г12 Ритмичность карбонатных толщ. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та,
2002. – 52 с.: ил.
ISBN 5–292–02898–3

В работе систематизированы представления о терминологии, существующих механизмах и моделях формирования ритмичности карбонатных толщ. В качестве примера представлены результаты изучения ритмично построенного карбонатного разреза меловых отложений в окрестностях города Вольска Саратовской области путем комплексирования физических, литолого-геохимических, палеонтологических и петромагнитных методов на современном уровне.

Работа адресуется широкому кругу геологов, студентам геонаучных специальностей вузов.

In the paper a systematization of terminology of present mechanisms, and models of origin of rhythmic carboniferous deposits is presented. As an example the results of investigation by complex of physical, lithology – geochemical, paleontological and petromagnetic methods on the modern level of the rhythmic carbonate section near Volsk town (Saratov region) are presented.

Key words: rhythms, carbonate deposits, Cretaceous deposits, lithology – geochemical and petromagnetic methods.

Табл. 6. Ил. 18. Библиогр.: 77 назв.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 02-05-64576)
и Минобразования РФ (грант на проведение молодыми учеными
научных исследований в ведущих научно-педагогических коллективах
РД 02 1.5 - 483)

УДК 552.54
ББК 26.31(235.54)я73

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Теоретическая часть.....	5
Терминология.....	5
Методы изучения ритмичности карбонатных толщ.....	8
Генетические типы карбонатных ритмов	13
Седиментационные модели формирования ритмичных карбонатных толщ.....	15
Парадигма М. Миланковича.....	29
Пример практического приложения.....	33
Изучение ритмичности на примере разреза карьера цементного завода “Большевик” (г. Вольск, Саратовская область).....	33
Условия формирования ритмов карбонатных толщ на примере верхнего мела Поволжья.....	37
<i>Библиографический список.....</i>	<i>47</i>

Введение

Карбонатные толщи достаточно широко распространены в стратифере и часто характеризуются ритмичностью строения, всестороннее изучение которой имеет важное теоретическое и практическое значение. Однако, несмотря на повышенное внимание к ритмичности карбонатных толщ за рубежом, изученность их на территории России и ближнего зарубежья на сегодняшний день является слабой. Кроме того, остается невыясненной природа карбонатных ритмов. Часто для одних и тех же разрезов дается их различная интерпретация с привлечением ряда противоречащих друг другу климатических и палеогеографических моделей.

Авторами длительное время всесторонне изучаются верхнемеловые отложения Ульяновско-Саратовского прогиба, представленные различными фациями, значительная роль среди которых принадлежит карбонатным, особенно характерным для турон-коньякского и кампан-маастрихтского интервалов. Были детально исследованы верхнемеловые разрезы, содержащие карбонатные интервалы, с особым вниманием к их ритмичности. Одним из наиболее показательных можно назвать разрез карьера цементного завода «Большевик», расположенный в окрестностях г. Вольска Саратовской области, подробно рассмотренный в качестве примера. Основой для аналитических исследований этого разреза явились целенаправленно отобранные образцы горных пород, изучение которых проводилось с применением физических, литолого-геохимических, петрографических, литологических, петромагнитных и палеонтологических методов.

Предлагаемая работа ориентирована на широкий круг геологов, а также может быть использована студентами при изучении курсов «Историческая геология», «Литология», «Литолого-фациальный анализ», «Палеогеография», в учебных программах которых предусмотрены разделы о карбонатном осадконакоплении, ритмичности осадочных толщ.

Авторы выражают благодарность Д. П. Найдину, Л. Ф. Копаевич (МГУ), А. Ю. Гужикову (НИИ геологии СГУ) за консультации, руководству АО «Вольскцемент» и цементных заводов «Большевик», «Коммунар» и «Красный Октябрь» за содействие в изучении разрезов, а также директору Вольского музея краеведения Л. А. Леончик и заведующему отделом природы В. В. Брехову за любезно предоставленную возможность ознакомления с коллекционными материалами.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ТЕРМИНОЛОГИЯ

Ритмично построенные толщи пород на сегодняшний день встречаются в отложениях фанерозоя и докембрия почти повсеместно. В связи с этим, изучение особенностей ритмичности имеет важнейшее теоретическое и практическое значение.

В научной литературе существует ряд различных определений процесса формирования чередующихся слоев (ритмичность, периодичность, цикличность) и результата этого процесса (ритм, ритмич, периодит, цикл, циклит и т.д.). Ритмичность – многократная закономерная повторяемость слоёв определённого состава. Каждый ритм характеризуется более или менее постоянным для данной толщи числом слоёв, сменяющих друг друга в одном неизменном порядке, и более или менее постоянным значением мощности (Геологический словарь, 1955).

Ритмичность вызывает формирование ритма, который, по Н. Б. Вассоевичу (1977), представляет собой мерность чередования реалий и / или их элементов.

На взгляд авторов, ритм (rhythmos, греч.) представляет собой закономерное чередование двух и более слоёв в разрезе, границами между которыми служат естественные поверхности подошвы, кровли, размыва или прочие выделяемые поверхности на основе изменения определённых свойств пород (механических, химических, физических и т.д.). В некоторых случаях поверхность раздела (например, типа «hard ground») также может периодически встречаться в разрезе и маркировать границы ритмов. При постепенных, нерезких границах элементов ритмов, выделение ритмов возможно проводить по профилю выветривания. Элемент ритма (ЭР) — один из двух или более закономерно чередующихся составных частей ритма. В карбонатных породах ритм составляют элементы ритма: более карбонатный (БКЭР) и менее карбонатный (МКЭР). Эту аббревиатуру, на наш взгляд, следует использовать при двучленном строении ритма. Ритмы также можно встретить в терригенных породах, где, по нашему мнению, целесообразно выделять ЭР согласно зер-

нистости пород, например, грубозернистый и тонкозернистый элементы ритма. Критерии выделения элементов ритмов в ритмично построенных толщах осадочных пород могут быть различными. При чередовании трех и более типов пород, на наш взгляд, элементы ритма следует называть по особенностям их литологии.

Помимо понятия “ритм” существует понятие “цикл” (kyklos, греч.), господствующее в зарубежной литературе. На русский язык его лучше перевести как “циклит” – парагенез слоёв, связанных более тесно друг с другом, чем со смежными парагенезами, от которых они отделены границами “большой” резкости (Фролов, 1995). В этом случае циклит – продукт цикличности. Соответственно синонимом ритмичности становится слово «циклитовость», часто употребляемое В. Т. Фроловым. Цикл как элемент разреза может обозначаться как «литоцикл» (Ботвинкина, Алексеев, 1991).

А. А. Трофимук и Ю. Н. Карагодин (1977) определяют элементарный циклит как простейшую слоевую систему, элементы (слои) которой, следуя друг за другом или чередуясь, связаны между собой (сонахождением или сопроисхождением), образуют единое целое, т. е. не делимое на более дробные целые части («циклиты»). Развивая терминологию цикличности и определяя ранговый статус циклитов, эти авторы предложили называть элементарные циклиты – циклитанами, мезоциклиты – просто циклитами, мегациклиты – циклитинами, суперциклиты – циклититами.

На наш взгляд, термин “цикл” представляет собой очень широкое понятие и его не следует употреблять как синоним “циклита”. Существуют циклы Бертрана, Миланковича, Уилсона, Фишера - Артура, эксцентриситета, эклиптики, прецессии, растворения, разбавления и биопродуктивности. Таким образом, слово “цикл” несёт огромную смысловую нагрузку.

Интересное толкование данного термина можно встретить у зарубежных исследователей. Согласно В. Шварцахеру (Schwarzacher, 1993), седиментационные циклы подразделяются на секвентные (регулярное изменение литологии пород), мощностные (регулярные вариации мощностей чередующихся слоёв) и временные (регулярное изменение времени формирования слоёв). Примером циклической последовательности (периодической функции) может являться синусоида. Комбинация периодических функций есть квазипериодическая функция. Астрономические циклы (эксцентриситета, эклиптики, прецессии) являются периодическими последовательностями, а результат их взаимодействия имеет квазипериодический характер и называется «циклы Миланковича».

Естественно, что «геологическим циклам невозможно дать строгого математического определения», хотя существовали определения секвентных циклов как последовательностей типа ABCABC... или ABCBABC... Циклы любого рода генерируются механизмом, называемым осциллирующей системой. Седиментационные циклы (СЦ) отражают условия окружающей среды,

являющейся осциллирующей системой. Осциллирующая система динамична — это система переменных и параметров, описывающих условия окружающей среды в любой момент седиментации. Самым главным признаком этой системы является то, что эти переменные должны взаимодействовать друг с другом таким образом, чтобы генерировались повторяющиеся осцилляции. Определение СЦ через осциллирующую систему, по мнению В.Шварцхера, является «важным логическим шагом», позволяющим классифицировать их на аллоциклы и автоциклы. Автоциклы генерируются внутри осциллирующей системы, а аллоциклы формируются под воздействием осциллирующей системы, но за её пределами. Таким образом, седиментационные циклы являются аллоциклами, так как возникают под воздействием приливов и климатических флуктуаций. Примером автоциклов может считаться цикличность отложений меандрирующего русла реки.

Менее употребляемый и синонимичный первым двум терминам “периодит” (periodite) — некий результат периодического процесса (периодичности, по Н.Б. Вассоевичу (1977), — более или менее регулярной, равномерной повторяемости какой-либо реалии (явления, предмета) во времени и/или в пространстве через равные или близкие по величине интервалы времени). В этом случае акцентируется внимание на равенстве времени образования ЭР (Фролов, 1995). Имеются и другие определения этого термина. Например, периодит — это постепенно и периодически изменяющиеся осадочные последовательности; или периодит — чистый тип циклических осадков с определёнными интервалами образования циклов (Эйнзеле, Зейлахер, 1985).

Существует и другое значение этого термина. Периодиты, или известково-мергельные циклы — генетический тип циклитов, который близок по длительности (около 41000 лет) к изменениям наклона эклиптики и, таким образом, вероятно, имеет астрономическую первопричину (Фролов, 1995).

Со временем стали весьма редко употребляемыми такие термины, как “циклотема” Дж. Веллера (1930), “циклокомплекс” Ю. Н. Карагодина (1974), “циклотитон” В. Е. Хаина (1975), “цикломинералон” или “цикломинерон” Ю. П. Смирнова (1975), “циклома” или “циклосома” Н. Б. Вассоевича (1977), вероятно, по причине их “громоздкости” и не совсем понятной смысловой нагрузки (Фролов, 1995).

Таким образом, в результате «терминотворчества», пик которого приходится на 70-е годы, в отечественную научную литературу было введено огромное количество синонимичных терминов. Многие термины (например, «цикломинералон», «циклитин» или «циклитит») трудно произносимы, длинны и не всегда однозначно переводимы на иностранные языки. Так, А. А. Трофимук и Ю. Н. Карагодин, не всегда точно и логично выстраивая ранговую классификацию циклитов, допустили обозначение одного и того же явления тремя различными терминами: «циклокомплекс», «элементарный циклит» и «циклотитан» (Ботвинкина, Алексеев, 1991).

На данный момент практически общеупотребимыми терминами являются «ритм», «цикл» и «периодит». Разные научные школы используют различные термины. В. Т. Фролов настаивает на термине «циклит», предложенном С. Л. Афанасьевым в 1974 г. «Ритм» встречается в работах В. Рикена (Ricken, 1994), С. Саврда и Дж. Боттье (Savrida, Bottjer, 1994). А. Спренгер и Д. Тен Катэ (Sprenger et al., 1992; Ten Kate, Sprenger, 1992; Sprenger, Ten Kate, 1992) используют термин «периодит», В. Шварцахер (Schwarzacher, 1993) — «цикл».

Ввиду сложности и неоднозначности трактования понятия «циклит», неодинаковой скорости седиментации МКЭР и БКЭР, авторы предлагают использовать термины «ритмичность», «ритм». Ритм — это литифицированные, закономерно чередующиеся породы, сформировавшиеся под воздействием седиментационных циклов и (или) диагенеза.

Карбонатные ритмы являются одним из вариантов ритмов осадочных пород. Они представлены чередованием карбонатных и терригенно-карбонатных пород. Это мергели, карбонатные глины, известняки, мел, характерные для карбонатных платформ (например, отложения норийского яруса в австрийских Альпах), пелагических и гемипелагических обстановок, озёрных отложений — подавляющее большинство известных докембрийских и фанерозойских (юрских, меловых) карбонатных ритмов из разрезов Европы, Азии, Северной Америки, Австралии.

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ РИТМИЧНОСТИ КАРБОНАТНЫХ ТОЛЩ

При изучении ритмичности карбонатных толщ может быть использовано большое число разнообразных методов, дающих наилучший результат в решении конкретных задач при их комплексировании. Охарактеризуем кратко основные из них.

Математические методы анализа периодичности геологических процессов. Они нацелены на выявление закономерностей повторения литологических компонент (элементов) ритмов и вариаций различных параметров одновременно с определением времени формирования ритмов. Наиболее часто используются два основных метода.

Первый — подсчет среднего числа осцилляций параметров по разрезу с последующим делением продолжительности интервала на число пиков. Используются 10 шкал времени, схема сопоставления которых приведена в табл. 1 по литературным данным (Gradstein et al., 1994; Hardenbol et al., 1998). Из нее видно, что оценки продолжительности веков по данным разных авторов могут различаться вдвое и/или на порядок (так же, как и циклы Миланковича (ЦМ)). Попутно считалось совпадение (%): отношение числа шкал, по которому выделены циклы Миланковича к общему числу шкал.

Второй — метод спектрального анализа (разложение в ряд Фурье) на ЭВМ периодического распределения замеренных параметров. Подробно ма-

тематические основы этого метода, как и некоторых других, изложены в ряде работ (Айнемер, Одесский, 1975; Schwarzacher, 1993). А.И. Айнемер и И.А. Одесский (1975) разделяют математические методы анализа ритмичности (метод Бюи-Балло), цикличности (метод Маркова) и периодичности (метод Фурье). Одним из методов анализа периодичности является метод Уолша (Schwarzacher, 1993). В последнее время (Sbigneu, 1997) высказывается точка зрения о целесообразности комбинативного Марков-Миланкович (Фурье) подхода в циклостратиграфии. Выбор метода Фурье был обусловлен задачей оценки вероятной связи ритмичных флуктуаций параметров с циклами Миланковича путем анализа частоты распределения точек экстремума на осцилляционных кривых параметров. Необходимыми «граничными» условиями данного метода являются: 1) ритмичное распределение замеренных параметров в разрезе; 2) обильная фактологическая база (не менее 200 образцов или замеров); 3) равенство временного интервала между точками измерений.

Последнее обстоятельство вызывает определенное затруднение, так как даже в случае равенства шага отбора проб по разрезу невозможно гарантировать соблюдение равенства временных интервалов.

Таблица 1

Схема сопоставления геохронологических шкал

Век	Продолжительность, Ма (по данным разных авторов)									
	V. Hinte, 1975	Harland, 1982	Palmer, 1983	Haq, 1987	Harland, 1989	Cowie, 1989	Odin, 1990	Obradovich, 1993	Gradstein & Ogg, 1994	Hardenbol et al., 1998
m	5	8	8.5	7	9	10	7	6	6.3	6.3
cp	8	10	9.5	10	9	8	10	12	12.2	12.2
st	4	5	3	4	4	3	5	3	2.3	2.3
cn	4	1	2	1	2	2	1	3	3.2	4.5
t	6	2	3	3	3	3	3	4	4.5	4.5
cm	8	6	6	4	5.5	4	5	5	5.4	5.4

Петрографические методы направлены на определение цвета, структуры, формы зёрен, текстуры, минерального состава, характера включений, физических свойств и вторичных изменений пород (Фролов, 1992). Они применяются при изучении разрезов как в полевых, так и в лабораторных (камеральных) условиях.

Макроскопическое изучение пород на обнажении. Кроме визуального макроскопического определения литологических типов осадочных пород производится послонное описание разреза с замером мощностей слоёв. В основе выделения ритмичности, как правило, используются петрографические признаки (критерии). Они подразумевают установление различий чередующихся элементов ритмов по цвету, структуре, текстуре, минеральному составу.

ву, особенностям включений, физическим свойствам и вторичным изменениям. Среди вторичных изменений следует отметить различие элементов ритмов по профилю выветривания. Выветривание чередующихся в разрезе элементов ритмов с разными физическими свойствами приводит к формированию “зализанных лбов” и “западин”. Это обстоятельство делает ритмично построенные разрезы хорошо заметными и облегчает картирование ритмичных пачек.

Для микроскопического изучения пород в шлифах рядом авторов разработаны специальные методики. При обработке разреза «Большевик» (см. ниже) была использована методика В. Т. Фролова (1992). Описание шлифов производилось с помощью микроскопов МИН-8 и ПОЛАМ на кафедрах литологии и петрографии геологического факультета МГУ.

Петрографические исследования разреза позволяют выделить ритмичные и аритмичные толщи, установить литотипы карбонатных ритмов.

Химические методы нацелены на определение минерального, элементного состава исследуемых пород в лабораторных условиях (Фролов, 1992) и включают в качестве наиболее результативных методики: *определения содержания диоксида углерода (CO_2)* объёмным методом на аппарате Кноппа-Фрезениуса (Методы изучения осадочных пород, 1957), *определения содержания органического углерода ($C_{орг}$)* методом автоматического кулонометрического титрования по величине pH на экспресс-анализаторе (Гусева, Соболева, 1989). В результате химических исследований может быть выявлено ритмическое распределение концентраций CO_2 и $C_{орг}$, подтверждающее обоснованность выделения карбонатных ритмов по данным петрографических методов. Химические методы позволяют уточнить минеральный состав литотипов ритмов и оценить условия их формирования.

Физические методы. *Рентгено-фазовый анализ* производится на рентгеновском дифрактометре. Результаты анализа автоматически обрабатываются на ЭВМ. Методика рентгеновского анализа подробно описана, например, в работе В. Г. Шлыкова (1991). Рентгеновский анализ является очень информативным методом определения минерального состава пород, а для достоверной диагностики глинистых минералов – единственным. Итогом рентгено-фазового исследования может явиться определение ряда глинистых минералов, не установленных в результате применения петрографических методов. Уточнённые данные о минеральном составе известняков и мергелей позволяют вернее понять условия их формирования.

Петромагнитные методы. Магнитная дифференциация пород в стратиграфическом разрезе связана с изменениями условий формирования осадков. Скачкообразные петромагнитные изменения обусловлены резкой сменой седиментационных обстановок в связи с размывами и перерывами в осадконакоплении. Петромагнитная ритмика в разрезах адекватно отражает седиментационную ритмичность (Молостовский, Храмов, 1997). Петромагнитная

ритмичность также может являться следствием диагенетических процессов, однако эта связь пока слабо изучена. Таким образом, применение петромагнитных методов целесообразно для изучения ритмичных разрезов.

Целью петромагнитных исследований является воссоздание обстановки седиментации в палеобассейне путём комплексного анализа минералов-магнетиков в разрезах. Достоинством данного метода можно считать возможность определения тонкодисперсных ферромагнитных минералов, не диагностируемых при макро- и микроскопическом изучении пород. Петромагнитные исследования включают в себя определение с последующим анализом ряда характеристик: *магнитной восприимчивости* (k); *естественной остаточной намагниченности* (J_n); *остаточной намагниченности насыщения* (J_{rs}); *разрушающего поля остаточной намагниченности насыщения* (H'_{cs}) и *прироста магнитной восприимчивости после нагрева до 500°C в воздушной среде* (dk).

Карбонатные породы обладают слабой естественной магнитностью. Для измерения *остаточной намагниченности* и *магнитной восприимчивости* пород использовались приборы JR-4 и ИМВ-2 соответственно. Значения k варьируют иногда от 1 до $2 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ, а J_n — от 0.01 до 0.05 нТ. Столь малые величины петромагнитных параметров сравнимы с погрешностью измерений аппаратуры и в таких случаях не использовались для анализа. При детритной природе J_n начальные (регрессивные) стадии седиментационных циклов характеризуются обычно накоплением осадков с повышенной магнитностью, в конечных (трансгрессивных) стадиях происходят заметные спады намагниченности. Если магнитная ритмика обусловлена изменениями геохимических обстановок в палеобассейнах, то заметные повышения J_n и k сопряжены с глубоководными трансгрессивными стадиями, когда в условиях восстановительной среды идёт активное формирование аутигенных магнитных фаз: пирротина и грейгита в ассоциации с тонкодисперсным магнетитом (Молостовский, Храмов, 1997).

Величины *магнитной восприимчивости* и *остаточной намагниченности* пород существенно возрастают после воздействия на них лабораторным магнитным полем или температурой. Величина *остаточной намагниченности насыщения* определяется при относительно равномерном поступлении магнитного материала в осадок, когда вариации значений J_n и k невыразительны. Магнитная дифференциация усиливается до значимой путём воздействия на породу постоянным магнитным полем, вплоть до её насыщения, с последующим замером J_{rs} . Примером использования такой методики могут служить слабомагнитные верхнемеловые отложения Волго-Донского района (Молостовский, Храмов, 1997).

Прирост магнитной восприимчивости. Петромагнитная дифференциация разрезов по параметрам, связанным с температурным воздействием на породы (например, dk), объективно отражает вариации в концентрациях из-

начально немагнитных или слабوماгнитных железосодержащих минералов (пирит, марказит, сидерит, гидроксиды железа), которые отчётливо фиксируются магнитометрически при искусственных нагревах за счёт своего превращения в ферромагнитные соединения в окислительной или восстановительной среде (Молостовский, Храмов, 1997). Происхождение ряда выпечечисленных минералов (например, пирита и марказита) связано с восстановительной средой в бассейне седиментации. Однако в некоторых случаях нельзя исключать и диагенетической природы этих слабых ферромагнетиков.

Оценка *разрушающего поля остаточной намагниченности насыщения* позволяет определять минеральный состав тонкодисперсных ферромагнетиков. В результате в разрезе может быть выявлена петромагнитная ритмичность, что даст ценную информацию об условиях формирования. Сопоставление данных петромагнитных исследований с результатами петрографических, физико-химических и литологических методов дает возможность оценить особенности эволюции палеобассейна (фазы трансгрессий и регрессий).

Палеоэкологические методы применяются с целью восстановления условий в палеобассейне. Наиболее применяемый *актуалистический метод* предполагает использование сведений об образе жизни и условиях обитания ныне живущих организмов (на разных таксономических уровнях) и биоценозов для суждения об образе жизни и условиях обитания родственных организмов и палеоценозов, существовавших в геологическом прошлом (Захаров, 1988).

Важным следует признать использование близких к палеоэкологическим **палеоэколого-палеонтологическим методам**. *Тафономический метод* нельзя в строгом смысле отнести к палеоэкологическим, скорее, это пропалеоэкологический метод (Захаров, 1988), использующийся при палеонтологических и палеоэкологических исследованиях. Оценка автохтонности/аллохтонности остатков организмов, растворения, деформации и окатанности раковин, панцирей позволяет дать характеристику динамического режима седиментации.

Значимым аспектом в изучении условий формирования ритмичности является детальное исследование ихнофоссилий, так как пелагические и гемипелагические ритмичные карбонатные разрезы часто практически лишены остатков макрофауны и хорошо определимой микрофауны. В таком случае информация об условиях седиментации может быть получена при помощи ихнофоссилий. Данному вопросу посвящена обширная серия работ (Ricken, 1994; Savrda, Bottjer, 1994; Bromley, 1996 и др.). Изучение комплексов ихнофоссилий позволяет установить:

- 1) примерную глубину бассейна седиментации (по ассоциациям ихнофоссилий);
- 2) газовый режим в придонных частях бассейна (по количеству и таксономическому составу ихнофоссилий);
- 3) систематические группы бентосных организмов, от которых не сохранились фрагменты скелета, но остались следы их жизнедеятельности. По-

следнее обстоятельство позволяет контролировать и существенно дополнять данные палеоэкологического анализа по макрофоссилиям.

Тип, особенности морфологии, размеры и количество биотурбаций на единицу площади или объема являются критериями для определения кислородного режима в поровой воде осадка и придонной воде. В случае обилия ихнофоссилий, их разнообразия и большой плотности можно утверждать, что осадок формировался в аэробных условиях и наоборот. Однотипность ходов (обычно *Chondrites*) и их небольшое количество свидетельствуют о дизаэробных условиях (Ricken, 1994; Savrda, Bottjer, 1994). На данный момент разработана методика подсчета площади биотурбированных пород в разрезе (Miller, Smail, 1997). В случае сильной аноксии признаки биотурбаций исчезают вовсе, и имеет место формирование сезонных прослоев ("варв").

В результате палеоэкологических и палеоэколого-палеонтологических исследований возможно получение данных о предполагаемой температуре, глубине, солёности, гидродинамическом режиме, структуре дна бассейна седиментации, газовом режиме в момент формирования карбонатных разрезов, хорошо коррелируемых с данными других методов.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ КАРБОНАТНЫХ РИТМОВ

В генетическом аспекте карбонатные ритмы могут быть представлены пелагическими отложениями (хемогенно-биогенный генетический ряд, биогенная группа) (Фролов, 1984), турбидитами (механогенный ряд, флювиальная группа). Подводно-элювиальный ряд генетических типов морских отложений, представленный ихнитолитами, или биотурбитами, гальмиролититами, горизонтами конденсации, панцирями и некоторыми другими типами элювия, широко встречается в верхнемеловых отложениях Русской плиты, юго-западного Крыма (Фролов, 1984) и северо-западного Кавказа. Более того, разные типы элювия часто ритмично распределены по разрезу, позволяя рассматривать их как один из элементов ритма.

Турбидиты формируются при наличии достаточных масс рыхлого материала в геоморфологически или сейсмически неустойчивом положении на склоне. Сход мутьевых потоков и оползней происходит при достижении предела устойчивости откоса рыхлых масс осадков под действием гравитации. Дополнительным катализатором к началу движения рыхлых масс осадков могут служить штормы, пеплопады, землетрясения, а также (в последнее время) техногенная деятельность человека (антропогенный фактор). На суше этот спазматический механизм реализуется, например, селями и снежными лавинами, перемещающимися на километры – десятки километров. В водной же среде поток обломочного материала (далее «турбидиты») перемещается на значительно большие расстояния (сотни километров). Турбидиты формируются в наиболее глубоководных условиях (подножие континентального

склона и ложе океана). Для пород, слагающих эти циклические толщи, характерна традиционная слоистость, отсутствующая у периодитов. Формирование огромных масс осадков в турбидитах происходит в геологическом смысле «мгновенно» (часы-дни). В состав турбидитов в основном входят терригенные породы (глины, алевриты, пески). Эти толщи принято называть «флишем». Если в составе турбидитов присутствует и / или доминирует карбонатный ил или вулканический пепел, то эти специфические генотипы называют соответственно карбонатным флишем (кальцитурбидиты), или туфовым флишем (Фролов, 1995).

Следует отметить, что карбонатный флиш, как частный случай флиша, должен быть представлен механически перемещённым кластическим материалом карбонатного состава. Однако часто к карбонатному флишу относят терригенно-карбонатные, карбонатные циклически построенные толщи. Таким примером (по С. Л. Афанасьеву, 1993) может служить карбонатный флиш верхнего мела Новороссийского прогиба. При этом пласты карбонатных пород в терригенных циклитах трактуются как фоновые осадки, а в карбонатных – как карбонатный флиш.

Существуют два подхода к формулировке определения флиша (Чалышев, Сорвачёв, 1977). Первый – литологический, по которому флиш представляет собой литологический комплекс, обладающий определённой (флишевой) ритмичностью. Второй – геотектонический, формационный, по которому флиш – геотектоническая формация, отражающая определённую стадию развития геосинклинали. Таким образом, понятие флиша приобретает нежелательную двойственность.

Верхнемеловые глинисто-карбонатные, карбонатные отложения Северного и Северо-Западного Кавказа к югу сменяются типичной флишевой формацией, а к северу – платформенными отложениями, т.е. в геоструктурном плане они занимают промежуточное положение между геосинклиналью и платформой. Следовательно, они являются переходными между геосинклинальными флишевыми и сравнительно маломощными платформенными формациями. В случае наличия в них флишевой ритмичности их следует относить к субфлишу – отдалённой от источника сноса разновидности флиша, связанной с собственно флишем постепенным переходом и отличающейся от него небольшим содержанием терригенных пород.

Большинство двухэлементных КР мезозоя относятся к периодитам. Выше уже давалось генетическое определение периодитов. Карбонатные периодиты формируются в пределах внешнего шельфа или мелководного бассейна ниже штормового волнового базиса, на изолированных платформах или в более глубокой части бассейнов вне пределов распространения турбидитов (Эйнзель, Зейлахер, 1985).

СЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ РИТМИЧНЫХ КАРБОНАТНЫХ ТОЛЩ

Моделирование процессов используется практически во всех науках, в том числе и в геологии. При исследованиях особенностей осадконакопления применяются седиментологические модели, описывающие процессы (Нау, 1997): 1) цикличности седиментации; 2) выветривания; 3) эрозии; 4) трансгрессии-регрессии; 5) собственно седиментации; 6) диагенеза. Возможно выделение одно-, дву- и трехмерных моделей цикличности (Tirret, 2000). Палеогеографические модели не могут достоверно отражать истинные процессы седиментации, протекающие в различных ландшафтно-климатических условиях. Многие модели постулируют постоянство, отсутствие или постоянное изменение тех или иных факторов осадконакопления. Таким образом, мы сильно упрощаем взаимодействие составляющих среду компонентов, что является безусловным недостатком всех моделей.

На сегодняшний день существует ряд моделей (Габдуллин, 1997), объясняющих возникновение карбонатных ритмов. Следует заметить, что эти модели были разработаны как для карбонатных, так и для терригенных периодитов.

Модель 1 (Эйнзеле, Зейлахер, 1985). Циклы разбавления (ЦР) (рис. 1, 2). Циклические изменения климата (влажный / сухой) приводят к циклическим флуктуациям в объеме силикатного кластического материала (соответственно больше/меньше), поступающего с реками в бассейн седиментации. В условиях сухого климата (рис. 1, а) формируется более карбонатный элемент ритма (БКЭР), а в условиях влажного (рис. 1, б) – менее карбонатный (МКЭР). В настоящее время эту модель (Lamy, Hebbeln, Wefer, 1998) можно применить к седиментации в одном из районов Чили.

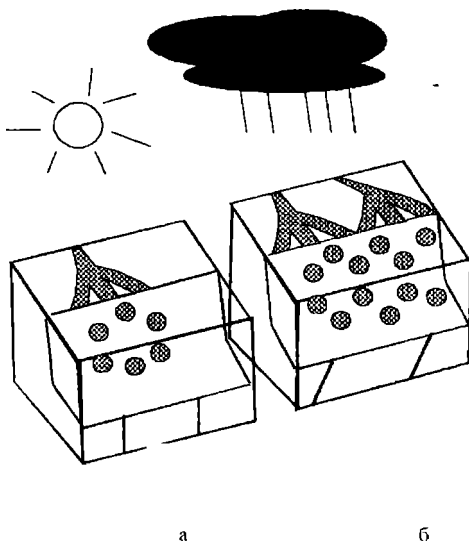


Рис. 1. Принципиальная схема седиментационной модели 1

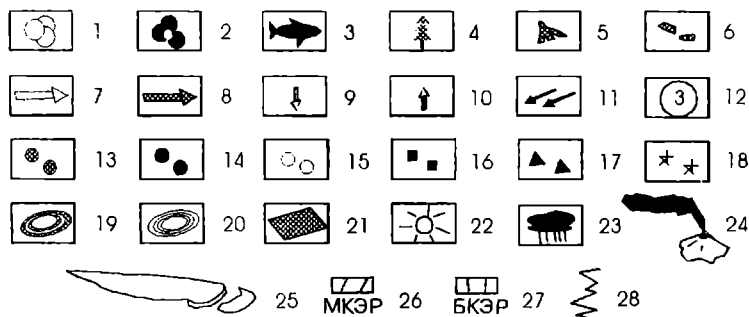


Рис. 2. Условные обозначения к блок-диаграммам: 1–планктон с карбонатным скелетом; 2–планктон с органическим скелетом; 3–позвоночные; 4–растительность; 5–реки; 6–озера, болота; 7–золотой привнос; 8 – гляциальный привнос; 9–регрессия; 10–трансгрессия; 11–морские течения; 12 – номер модели; 13–биогенный материал карбонатного состава; 14–органический терригенный материал; 15–неорганический терригенный материал; 16–вулканогенный материал; 17–гляциальный материал; 18–снег; 19–конденсация осадка; 20–стратифицированные водные массы; 21–критическая глубина карбонатакопления; 22–сухой тип климата; 23–влажный тип климата; 24–вулканогенный привнос; 25–ледники; 26–менее карбонатный элемент ритма; 27–более карбонатный элемент ритма; 28–фациальный переход

Модель 2 (Ruffel, Spaeth, Mutterlose, 1996). Циклы разбавления (рис. 3). Циклические изменения климата (влажный / сухой) приводят к циклическим

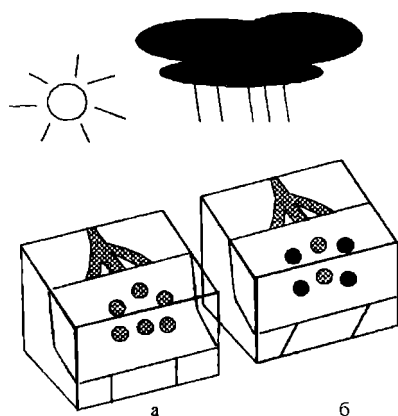


Рис. 3. Принципиальная схема седиментационной модели 2

изменениям в характере выветривания (физическое / химическое) при постоянном речном стоке. Следовательно, имеет место циклический привнос различных компонентов: обильных органикой соединений во влажный сезон (рис. 3, а, МКЭР) и бикарбонатов в сухой сезон (рис. 3, б, БКЭР). Другие исследователи отмечают связь между типом климата, типом выветривания и минералами, сносимыми с суши в бассейн седиментации. Например, индикаторами холодного сухого климата с преобладанием физического типа выветривания могут служить находки в разрезе легко выветриваемых минералов (полевые шпаты, роговая обманка и др.), а индикатором теплого влажного климата может быть каолинит.

Модель 3 (Морозов, 1952).

Циклы разбавления (рис. 4). Трансгрессия (ингрессия) в условиях тектоноэвстазии (рис. 4, б) приводит к поступлению большого объема терригенного материала в бассейн седиментации с формированием МКЭР, регрессия (рис. 4, а) – к уменьшению объема терригенного материала (время формирования БКЭР).

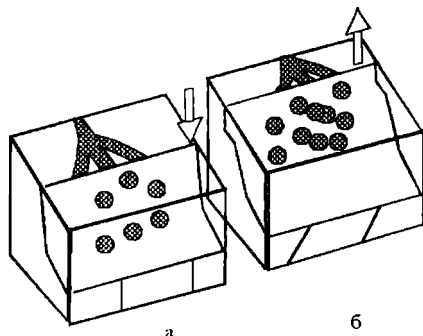


Рис. 4. Принципиальная схема седиментационной модели 3

Модель 4 (Гаврилов, Копачевич, 1996). **Циклы разбавления (ЦР) и биопродуктивности (ЦБ)** (рис. 5). Флуктуации климата вызывают эв-

статические колебания уровня океана. Данная модель предполагает наличие трех фаз. Первая фаза – до регрессии (рис. 5, а) отвечает высокому уровню стояния моря. Вторая фаза (рис. 5, б) связана с регрессией. Во время низкого стояния уровня моря прибрежные районы превращаются в заболоченную местность. Происходит накопление органических соединений. Во время третьей фазы (рис. 5, в) при трансгрессии происходит смыв этих отложений, часть которых тут же захороняется, а часть возвращается в биологический цикл, вызывая резкий всплеск биопродуктивности. Это приводит к аноксии, накоплению и захоронению органики, формированию чёрных сланцев.

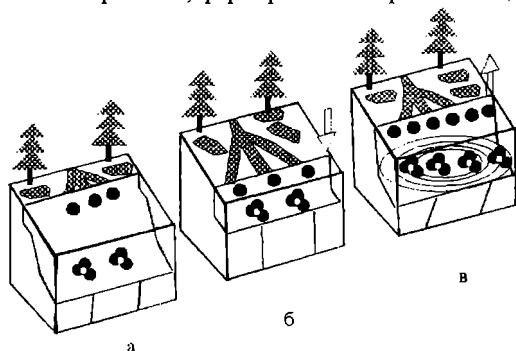


Рис. 5. Принципиальная схема седиментационной модели 4

Модель 5 (Gabdullin, Baraboshkin, 1997). **Циклы растворения** (рис. 6) (**ЦРС**). Описывает формирование ритмичных толщ, содержащих глинистые прослои и закономерно повторяющиеся в разрезе поверхности типа «твердое дно», разделяющие пласты мергеля (известняка) и глины. Данная модель характеризует процесс, включающий три стадии. Пласт мергеля, известняка соответствует процессу седиментации (рис. 6, а), слой глины – процессу конденсации (растворение накопившегося пласта мергеля) – рис. 6, б, а поверхность типа «твердое дно» отвечает режиму ненакопления и подводного выветривания (рис. 6, в). Примерами таких ритмичных толщ могут служить разрезы нижнего баррема и дания юго-западного Крыма (Габдуллин, 1996а,б; Габдуллин и др., 1998).

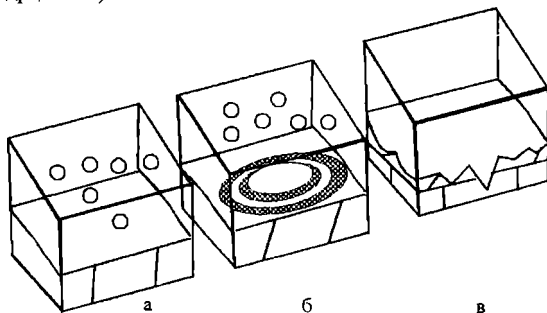


Рис. 6. Принципиальная схема седиментационной модели 5

Модель 6 (Эйнзеле, Зейлахер, 1985). **Циклы растворения** (рис. 7). Вариации климата сказываются на изменении уровня моря и соответственно изменении глубины ГКК. БКЭР соответствует фазе низкого стояния уровня моря (рис. 7, а). Поднятие уровня моря (рис. 7, б) отвечает времени аккумуляции МКЭР.

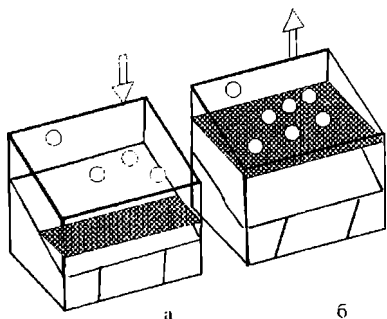


Рис. 7. Принципиальная схема седиментационной модели 6

Модель 7 (Ricken, 1994). **Циклы растворения** (рис. 8). Изменение климата влечёт за собой изменение уровня моря. При эвстазии в придонных водах могут формироваться области с дефицитом кислорода. При опускании уровня моря образуется БКЭР (рис. 8, а), а при поднятии – МКЭР (рис. 8, б).

Модель 8 (Savrdá, Bottjer, 1994). **Циклы растворения** (рис. 9). Изменение климата вызывает изменение циркуляции водных масс в бассейне (переориентировку направления течений). В зависимости от рельефа дна бассейна при переориентации течений могут формироваться области с застойными водами. Таким образом, происходит периодическая смена кислородного режима. В аэробных условиях формируется БКЭР (рис. 9, а), в анаэробных – МКЭР (рис. 9, б).

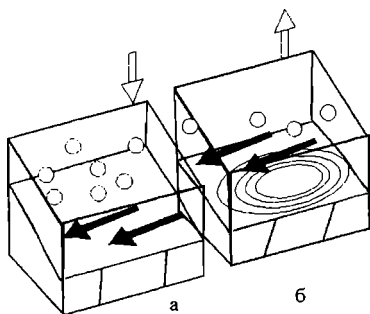


Рис. 8. Принципиальная схема седиментационной модели 7

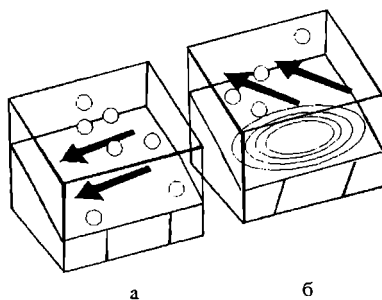


Рис. 9. Принципиальная схема седиментационной модели 8

Модель 9 (Нау, 1996). **Циклы разбавления и растворения** (рис. 10). В зависимости от силы извержения, объема вулканического материала и широты, на которой расположен вулкан, возможны разные виды воздействия на атмо- и гидросферу. Даже при постоянной вулканической активности, но при разных значениях силы извержения и объема вулканического материала, происходит: 1) быстрое выпадение вулканического пепла (разбавление) и кислотных дождей (растворение), если пепел находится в пределах тропосферы; 2) превращение смеси водяного пара и газов в аэрозоль H_2SO_4 с последующей медленной диффузией в тропосферу, разрушением озона и медленным выпадением частиц пепла (последние вместе с аэрозолями отражают большое количество солнечных лучей) при достижении изверженным материалом стратосферы. Граница стратосферы с тропосферой (тропопауза) расположена на высоте 10 км в полярных областях и 20 км в тропиках. Воздействие изверженного материала на режим седиментации и климат очень многогранно, и представляется сложным однозначно связать формирование чередующихся слоев с режимом извержения (рис. 10, а).

Следует отметить, что возможен и механизм циклической вулканической деятельности – (рис. 10, б) с простым изменением объема материала, поступающего в седиментационную систему. Иными словами, имеет место простое количественное разбавление МКЭР (рис. 10, а) и БКЭР (рис. 10, б). Но-

вейшие исследования (Адмакин, 1998) показали не только многопорядковую периодичность вулканической активности в истории Земли (65, 250, 575, 850, 1300, 1800, 2200, 5000-7000 лет и др.), но и связь циклов вулканической активности с циклами Миланковича (22000 лет).

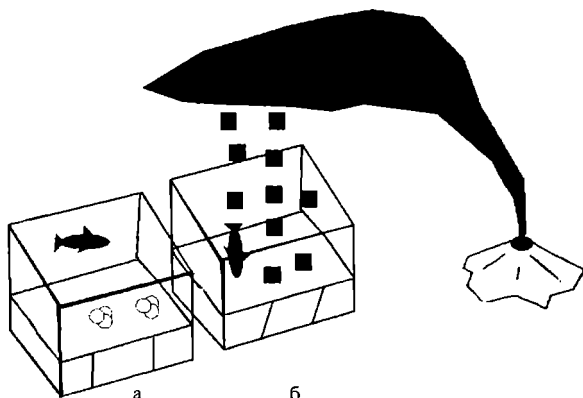


Рис. 10. Принципиальная схема седиментационной модели 9

Модель 10 (Fischer, Arthur, 1977). Циклы биопродуктивности (рис. 11). В геологической летописи наблюдается циклическое чередование политаксонных (при относительном потеплении – рис. 11, а) и олиготаксонных (в случае относительного похолодания – рис. 11, б) интервалов. Природу большей части ритмичных карбонатных толщ верхнего мела Европы и Северной Америки связывают с циклами биопродуктивности. Следует отметить,

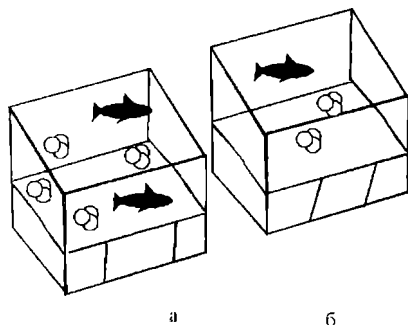


Рис. 11. Принципиальная схема седиментационной модели 10

что потепление океанских вод по типу «Эль Ниньо» у берегов Чили и Перу приводит к смерти ряда морских организмов и миграции других, а также бурному всплеску цветения водорослей («красные приливы») с последующим массовым замором водных организмов (Сывороткин, 1999). Дальнейшее похолодание океанических вод, следующее за потеплением – «Ла Нинья» также существенно воздействует на органический

мир океана. Таким образом, нельзя однозначно установить прямую зависимость между относительным потеплением вод и появлением сравнительно большого числа таксонов. Можно предполагать, что такие явления могли иметь место и в геологическом прошлом. Ряд моделей возникновения «Эль Ниньо» приведены в работе В. Л. Сывороткина (1999).

Модель 11 (Эйнзеле, Зейлахер, 1985). **Циклы растворения** (рис. 12). В основе модели лежат глобальные циклы углерода – изменение соотношения кислород/углекислый газ в атмо- и гидросфере, связанное с изменением площади растительного покрова и его поглотительной способности. Больше лесов – больше поглощается углекислого газа и выделяется кислорода, формируется БКЭР (стадия А, рис. 12,а), и наоборот, при уменьшении площади лесов высвобождается большой объём углекислого газа, и формируется МКЭР (стадия Б, рис. 12, б). Циклы углерода характеризуются глобальным общепланетарным воздействием на атмо-, гидро-, страти- и биосферы. Уменьшение отношения кислород/углекислый газ вызывает повышение температуры (Tajika, 1998; Voss, Mikolaewicz, 2001), потепление тропосферы и охлаждение стратосферы, возрастание количества высокоуровневых облаков и уменьшение количества низкоуровневых (Ramstein et all, 1998). При увеличении баланса кислород/углекислый газ происходит относительное похолодание, охлаждение тропосферы и потепление стратосферы, возрастание количества низкоуровневых облаков и уменьшение количества высокоуровневых. Возможно, из-за общепланетарного масштаба этой модели пока нет примеров конкретных ритмичных толщ, для которых она была бы предложена.

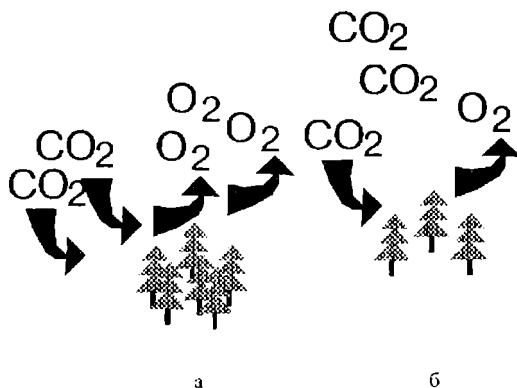


Рис. 12. Принципиальная схема седиментационной модели 11

Таким образом, существуют модели, постулирующие постоянную продукцию карбоната кальция и его периодическое растворение и/или разбавление (модели №1-3, 5-9, 11). Ряд исследователей, наоборот, проповедуют периодические вариации в объеме продуцируемого карбоната кальция на фоне постоянного разбавления или растворения (например, модель №10). Очевидно, что в природе не может быть такого примитивного постоянного и непрерывного действия или бездействия одних факторов при математически закономерном циклическом влиянии других агентов. В частности, эти сложные взаимоотношения подтверждаются неоднозначностью трактовки, привлечением большого количества моделей (иногда взаимоисключающих) для объяснения одного и того же явления разными авторами. Дефицит данных об изучаемом геологическом объекте и/или «расплывчивость» моделей приводит к тому, что сразу несколько моделей могут описывать обстановку седиментации. Многое в выборе модели зависит от личных убеждений и концепций исследователя. Привлечение моделей позволяет, во-первых, классифицировать, систематизировать наши знания о возможных условиях осадконакопления, а во-вторых, с определенной точностью описать процессы седиментации. Охарактеризованные выше модели обычно привлекаются для интерпретации периодитов, формирующихся в нефлишевых бассейнах.

Данные о природе ритмов из разрезов скважин глубоководного бурения также позволяют существенно дополнить палеогеографические модели моделями ледникового (№ 14) и золового (№ 15) разбавления продуцируемого биогенного карбоната терригенным материалом. Эти модели привлекаются для интерпретации современных и новейших осадков позднего кайнозоя и пока не предлагались для более древних толщ.

Обобщая взгляды на условия формирования периодитов, можно разделить 13 моделей (за исключением «турбидитной» (№12) и «темпеститной» (№13) моделей) на три группы. В первую группу входят климатические модели, во вторую – эвстатические, в третью – тектоно-магматические модели.

Подытожим основные представления о существующих моделях возникновения ритмов (табл. 2). Введем следующие параметры: скорость седиментации карбонатных осадков ($V_{\text{седим. карб. осадков}}$) и терригенных осадков ($V_{\text{седим. терриг. осадков}}$), состав карбонатных осадков ($S_{\text{карб. осадков}}$) и терригенных осадков ($S_{\text{терриг. осадков}}$), скорость растворения карбонатных осадков ($V_{\text{раств. карб. осадков}}$). Тенденцию к увеличению (подъему) или уменьшению (падению) тех или иных параметров покажем соответственно знаками «↑» и «↓».

Существующие модели формирования карбонатных ритмов

Группа моделей	Номер и вид модели	Теоретическая сущность
Климатическая	1. (Эйнзеле, Зейлахер, 1985). Циклические вариации <u>объема</u> терригенного разбавления (ЦР) карбонатного материала в бассейне седиментации. Состав терригенного материала постоянен	$V_{\text{седим. карб. осадков}} = \text{const}$ $V_{\text{седим. терриг. осадков}} \neq \text{const}$ $S_{\text{карб. осадков}} = \text{const}$ $S_{\text{терриг. осадков}} = \text{const}$ $\downarrow$ Влажность $\Rightarrow$ МКЭР $\uparrow$ Влажность $\Rightarrow$ БКЭР
	14-15. Ледниковое и ооловое разбавление. Характеристика аналогична модели 1	$V_{\text{седим. карб. осадков}} = \text{const}$ $V_{\text{седим. терриг. осадков}} \neq \text{const}$ $S_{\text{карб. осадков}} = \text{const}$ $S_{\text{терриг. осадков}} = \text{const}$
	2. (Ruffel, Spaeth, Mutterlose, 1996). Циклические вариации <u>состава</u> терригенного разбавления (ЦР) карбонатного материала. <u>Объем</u> терригенного материала постоянен	$V_{\text{седим. карб. осадков}} = \text{const}$ $V_{\text{седим. терриг. осадков}} = \text{const}$ $S_{\text{карб. осадков}} = \text{const}$ $S_{\text{терриг. осадков}} \neq \text{const}$ $\downarrow$ Влажность $\Rightarrow$ МКЭР $\uparrow$ Влажность $\Rightarrow$ БКЭР
	5. (Gabdullin, Baraboshkin, 1997). Циклическое повторение процессов: седиментации, конденсации, ненакопления осадков и подводного выветривания с преобладанием циклов растворения (ЦРС)	$V_{\text{седим. карб. осадков}} \neq \text{const}$ $S_{\text{карб. осадков}} = \text{const}$ $V_{\text{раств. карб. осадков}} \neq \text{const}$ Седиментация $\Rightarrow$ БКЭР Конденсация $\Rightarrow$ БКЭР $\rightarrow$ МКЭР
	8. (Savrdá, Bottjer, 1994). Циклическое растворение биогенного карбоната за счет формирования в придонных водах областей с дефицитом кислорода вследствие переориентировки направления течений. <u>Первоначальный</u> состав и скорость продукции карбоната <u>постоянны</u>	$V_{\text{седим. карб. осадков}} = \text{const}$ $V_{\text{раств. карб. осадков}} \neq \text{const}$ $S_{\text{карб. осадков}} = \text{const}$ $\downarrow$ Концентрация растворенного кислорода. $\Rightarrow$ МКЭР $\uparrow$ Концентрация растворенного кислорода. $\Rightarrow$ БКЭР
Климатическая	10. (Fisher, Arthur, 1977). Циклическое изменение объема биогенной продукции карбонатов. Состав карбонатных осадков может быть <u>непостоянен</u>	$V_{\text{седим. карб. осадков}} \neq \text{const}$ $S_{\text{карб. осадков}} \neq \text{const}$ $\downarrow$ температуры $\Rightarrow$ МКЭР $\uparrow$ температуры $\Rightarrow$ БКЭР
	11. (Эйнзеле, Зейлахер, 1985). Глобальные циклы углерода, связанные с изменением площади растительного покрова и его поглощательной способности, определяют баланс O_2/CO_2 и приводят к цикличности растворения биогенного карбоната в гидросфере	$V_{\text{седим. карб. осадков}} = \text{const}$ $V_{\text{раств. карб. осадков}} \neq \text{const}$ $S_{\text{карб. осадков}} = \text{const}$ $\downarrow$ Площадь лесов $\Rightarrow$ МКЭР $\uparrow$ Площадь лесов $\Rightarrow$ БКЭР

Группа моделей	Номер и вид модели	Теоретическая сущность	
Эвстатическая	3. (Морозов, 1952). Циклические вариации <u>объема</u> терригенного разбавления (ЦР) при трансгрессии (ингрессии) и регрессии в условиях тектоноэвстазии. <u>Состав</u> терригенного материала постоянен	$V_{\text{седим. карб. осадков}} = \text{const}$ $V_{\text{седим. терриг. осадков}} \neq \text{const}$ $S_{\text{карб. осадков}} = \text{const}$ $S_{\text{терриг. осадков}} = \text{const}$	
	4. (Гаврилов, Копаевич, 1996). Циклические вариации <u>объема</u> терригенного разбавления (ЦР) и последующей биогенной продукции карбоната при трансгрессии (ингрессии) и регрессии в условиях эвстазии. <u>Состав</u> терригенного и карбонатного материала постоянен	$V_{\text{седим. карб. осадков}} \neq \text{const}$ (из-за ЦР) $V_{\text{седим. терриг. осадков}} \neq \text{const}$ (из-за ЦР) $S_{\text{карб. осадков}} = \text{const}$ $S_{\text{терриг. осадков}} = \text{const}$ $\uparrow \text{У.М.} \Rightarrow \text{МКЭР}$ $\downarrow \text{У.М.} \Rightarrow \text{БКЭР}$	
	6. (Эйнзель, Зейлахер, 1985). Циклическое растворение биогенного карбоната за счет изменения глубины ГKK. <u>Первоначальный</u> состав и скорость продукции карбоната <u>постоянны</u>	$V_{\text{седим. карб. осадков}} = \text{const}$ $V_{\text{раств. карб. осадков}} \neq \text{const}$ $S_{\text{карб. осадков}} = \text{const}$ $\uparrow \text{У.М.} \Rightarrow \text{МКЭР}$ $\downarrow \text{У.М.} \Rightarrow \text{БКЭР}$	
	7. (Ricken, 1994). Циклическое растворение биогенного карбоната за счет формирования в придонных водах областей с дефицитом кислорода. <u>Первоначальный</u> состав и скорость продукции карбоната <u>постоянны</u>	$V_{\text{седим. карб. осадков}} = \text{const}$ $V_{\text{раств. карб. осадков}} \neq \text{const}$ $S_{\text{карб. осадков}} = \text{const}$ $\uparrow \text{У.М.} \Rightarrow \text{МКЭР}$ $\downarrow \text{У.М.} \Rightarrow \text{БКЭР}$	
Тектономагматическая	9. (Нау, 1996). Циклическое разбавление и растворение вулканическим материалом продуцируемого биогенного карбоната <u>постоянного</u> состава и с <u>постоянной</u> скоростью	$V_{\text{седим. карб. осадков}} = \text{const}$ $V_{\text{седим. вулк. осадков}} \neq \text{const}$ $V_{\text{раств. карб. осадков}} \neq \text{const}$ $S_{\text{карб. осадков}} = \text{const}$ $\uparrow$ Вулканическая активность $\Rightarrow$ МКЭР $\downarrow$ Вулканическая активность $\Rightarrow$ БКЭР	
«Гурбидит-нар»	Циклическое разбавление терригенным материалом продуцируемого биогенного карбоната <u>постоянного</u> состава и с <u>постоянной</u> скоростью в чрезвычайно	глубоководном бассейне	$V_{\text{седим. карб. осадков}} = \text{const}$ $V_{\text{седим. терриг. осадков}} \neq \text{const}$ $S_{\text{карб. осадков}} = \text{const}$ $S_{\text{терриг. осадков}} = \text{const}$
«Темпестивная»		мелководном бассейне	

Климатическая модель условий формирования периодитов схематически представлена на рис. 13. Видно, что ряд вышеуказанных моделей (№ 1, 2, 8, 10, 11, 14, 15) являются частными случаями климатических вариаций в определённых ландшафтных условиях. На наш взгляд, имеет смысл выделять одну общую климатическую модель вместо 7 частных, номера которых указаны на соответствующих им ландшафтных позициях.

Фаза I характеризуется относительно влажным и/или холодным типом климата. Во время этой фазы реками с суши активно транспортируется кластический материал, разбавляющий продуцируемый планктоном фоновый биогенный карбонат кальция. В таких условиях формируется МКЭР. Золовый и гляциальный привнос терригенного материала существенно меньше, поэтому в этих ландшафтных зонах образуется БКЭР.

Фаза II. В условиях жаркого и/или сухого климата резко доминирует золовый и гляциальный транспорт терригенного материала при уменьшении речного стока и соответственно привноса кластического материала. Таким образом, в ландшафтных зонах, подверженных воздействию золового и гляциального разбавления фонового биогенного карбоната кальция, формируется МКЭР. БКЭР образуется в зоне влияния ослабевшего речного привноса. Таким образом, в течение одной фазы МКЭР и БКЭР одновременно формируются в разных ландшафтных зонах. Места их образования симметрично противоположны для следующей фазы.

Потепление климата вызывает активную биопродукцию биогенного карбоната кальция (циклы биопродуктивности), поэтому для фазы II характерно сравнительно большее распространение карбонатных осадков, чем для фазы I. Вариации климата могут приводить к изменению ориентации ветров и течений. При наличии на дне бассейна западин, щелей, ступеней возможно формирование стратифицированных масс при изменении ориентировки течений. Таким образом, в локальных структурах дна бассейна могут возникать циклы растворения. Стратифицированные водные массы также могут формироваться в бухтах, лиманах, эстуариях и лагунах. Этому способствует полузамкнутая форма этих структур и/или смешивание пресных речных и солёных морских вод. Изменение объёма речного стока вызывает вариации солёности в этих бассейнах. Изменения температуры поступающей речной воды и флуктуации температуры воды внутри этих структур тесно связаны с вариациями солёности. Колебания температуры и солёности водных масс в бассейне седиментации приводят к изменению гидродинамического режима бассейна, следствием чего может являться стратификация водных масс.

Формирование застойных стратифицированных вод с условиями растворения карбоната и аккумуляции органики можно наблюдать в современных бассейнах. Не всегда в стратифицированных водных массах возникает анокия. Чаще наблюдается дизоксигенный режим. При таком режиме ещё не происходит сероводородное заражение, но уже формируются стратифицированные

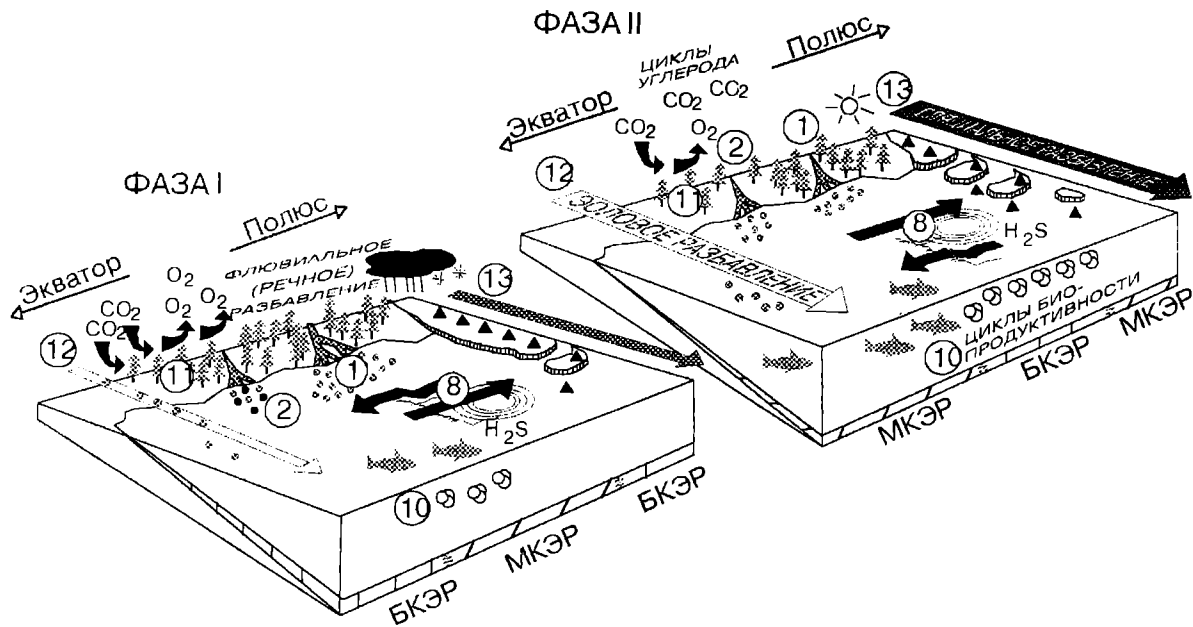


Рис. 13. Схема климатической модели формирования карбонатных периодитов (условные обозначения см. на рис. 2)

водные массы. Периодичность этого режима, его масштабы и причины могут быть различными (табл. 3). Небольшая продолжительность (месяцы) и частота этих событий (годы) не соответствует циклам Миланковича.

Таблица 3

**Характеристика диоксигенного режима в современных бассейнах
(Boesch, Rabalais, 1991)**

Диоксигенный режим	Бухта Нью - Йорка	Шельф Луизиана - Техас
Частота	Редко	Ежегодно
Продолжительность	3 месяца	5 месяцев
Глубина пикноклина	16 м	10 м
Основная причина плотностной стратификации	Температура	Солёность
Донная температура, °С		
Среднегодовая амплитуда	1 - 16	16 - 29
Во время гипоксии	10 - 13	25 - 29
Донный осадок	Среднезернистый песок	Песчанистая глина
Глубина, м	18-50	11-30
Источник углерода	Весенний фитопланктон	Весенний и летний фитопланктон

Аридизация климата находится в тесной связи с количеством углекислого газа в атмосфере и гидросфере. Потепление климата вызывает расширение ареалов пустынных, полупустынных ландшафтов и сокращение площади лесных массивов, что приводит к «парниковому» эффекту. Таким образом, циклы углерода взаимосвязаны с флуктуациями климата.

Эвстатическая модель. Суммируя представления об эвстатической природе периодитов, можно продолжить обобщённую эвстатическую модель, объединяющую модели № 3, 4, 6, 7, которые являются её частными случаями (рис. 14). Фаза I отвечает регрессии и обмелению бассейна седиментации. Фаза II соответствует подъёму уровня воды в бассейне и трансгрессии (ингрессии). Первая фаза характеризует время образования БКЭР, а вторая – соответственно МКЭР.

Современные и древние эвстатические вариации обнаруживают связь с циклами Миланковича (Carter, Naish, 1998; Ulichny, 1999), вариациями $\delta^{13}\text{C}$ (Voigt, 2000) и $\delta^{18}\text{O}$ (Pillans, Chappel. Naish, 1998). Эвстазия определяет режим седиментации: хаотический, закономерно ритмичный, монотонный (Prokorph, Bartelmes, 1996). Современные данные по эвстатическим циклам в Каспийском море за 1929-1995 гг. показывают, что средняя скорость эвстазии составляет 340 мм в год, а амплитуда полного 65-летнего цикла – 3 м (Kroonenberg et al., 2000). В сеноманских отложениях формации Дакота (Юта, США) установлены эвстатические циклы с частотой в 100000 лет и магнитудой 10-20 м (Ulichny, 1999). Закономерная повторяемость эвстатических циклов в геоло-

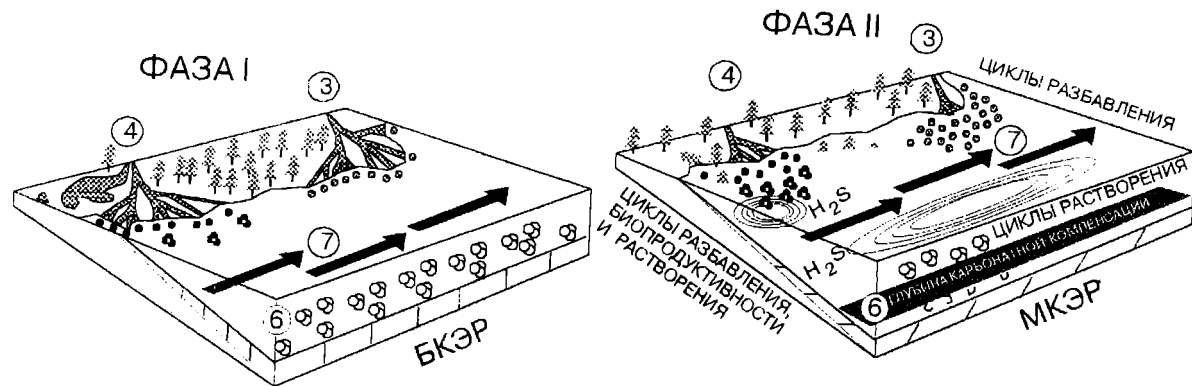


Рис. 14. Схема эвстатической модели формирования карбонатных перидотитов

гическом прошлом и настоящем позволяет прогнозировать их и в будущем. Эвстатический подъем уровня мирового океана в 2000 г. относительно 1950 г. составил 61 мм. Смоделировано (Russell, Gornitz, Miller, 2000) повышение уровня Мирового океана к 2050 г. на 212 мм относительно уровня 1950 г.

В особом ряду стоит **тектоно-магматическая модель** вулканического разбавления и растворения (№ 9), несвязанная с климатическими и эвстатическими флуктуациями. Данное название модели представляется наиболее удачным, так как вулканизм тесно связан с тектонической и магматической активностью земной коры. По мнению В. Т. Фролова (1995), вулканические процессы – самостоятельный фактор формирования циклитов, хотя и тесно связанный с тектогенезом. Следует отметить, что тектоно-магматическая активность Земли как космического тела связана с космическим фактором (процессом эволюции галактик, систем планет и отдельных космических тел).

Модель периодической смены режима седиментации (модель № 5) на данный момент недостаточно хорошо разработана. Это обстоятельство не позволяет привязать данную модель к эвстатическим или климатическим вариациям – она космополитна.

Таким образом, целесообразно выделение трех моделей условий формирования периодов: климатической, эвстатической и тектоно-магматической. Некоторые исследователи (Arthur et al., 1986) для тулонских ритмичных карбонатных разрезов Великобритании предложили модель более высокого порядка, где эвстатическая и климатическая компоненты, а также ЦР, ЦРС и ЦБ влияют на определенные части одной седиментологической системы, т.е. располагаются в разных частях одной блок-диаграммы.

Для рассмотренных трёх моделей ведущими механизмами (факторами) являются циклы разбавления, растворения и биопродукции. В действительности исследователь может достоверно установить циклы разбавления и совместное образование циклов биопродуктивности и растворения. В последнем случае природа МКЭР может интерпретироваться как уменьшение биопродукции карбоната кальция или как возрастание агрессивности среды при постоянном объёме продуцируемого биогенного карбоната кальция.

ПАРАДИГМА М. МИЛАНКОВИЧА

Климат Земли зависит от множества факторов как космических, так и планетарных. Гипотезы можно объединить соответственно в две группы: астрономо-физическую и геолого-географическую. Все они обладают общепланетарным действием. К первой группе относится так называемая «парадигма Миланковича», которая исходит из принципа постоянства солнечной радиации и переменности положения поверхности Земли по отношению к потоку солнечных лучей.

Представления о неравномерном распределении солнечной радиации по поверхности Земли в связи с изменениями элементов земной орбиты впервые

были предложены английским астрономом Д.Кроллом в 1875 г. Он высказал предположение о связи периодических изменений положения и объема полярных ледовых шапок, обусловленных колебаниями климата, с вариациями эксцентриситета земной орбиты и наклоном эклиптики планеты (Найдин, Копачевич, 1988). Широкую известность этой гипотезе придали труды М.Миланковича, впоследствии поддержанные В.Кепеном и А.Вегенером (Синицын, 1980). Изменение распределения солнечной радиации по поверхности планеты связывалось с периодическими изменениями: наклона земной оси (циклы наклона эклиптики), эксцентриситета земной орбиты и прецессии оси вращения Земли (время перигелия). Схема астрономических циклов Милютина Миланковича (ЦМ) приведена на рис. 15.

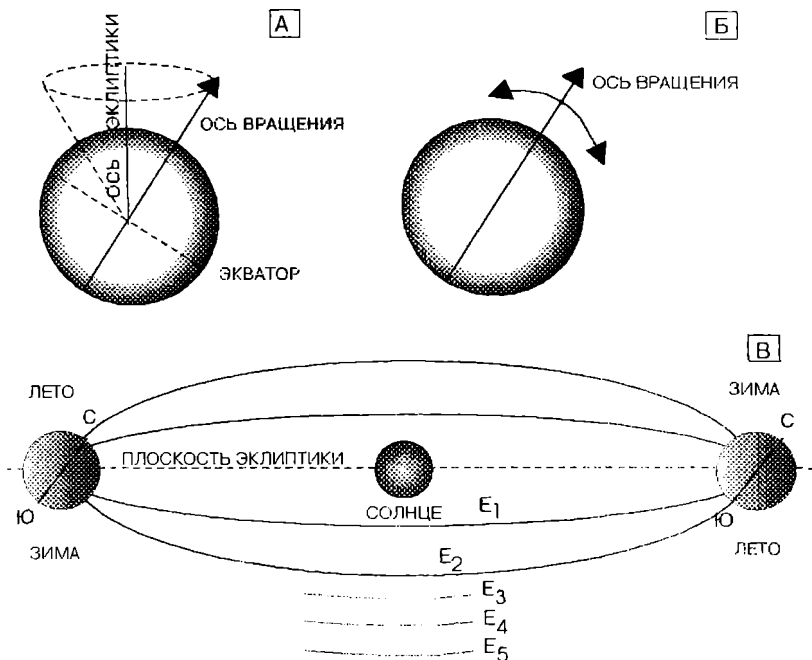


Рис. 15. Схема циклов Миланковича

Теория космической цикличности, вызывающей климатические флуктуации, была впервые обоснована в работе М. Миланковича (1939). Вариации оси вращения Земли и элементов земной орбиты влияют на сезонное и широтное распределение солнечной радиации по поверхности нашей планеты. Это распределение контролируется вариациями следующих астрономических параметров:

ров: прецессии, наклона эклиптики и эксцентриситета земной орбиты. Вариации эксцентриситета орбиты Земли влекут за собой изменение количества солнечной энергии. Возмущения двух других параметров приводят к широтному перераспределению солнечной радиации. Флуктуации инсоляции, определяющей тепловое состояние земной поверхности, изменяют: 1) интенсивность испарения и конденсации атмосферной влаги; 2) силу и направление ветров и морских течений; 3) продолжительность зимы и лета; 4) положение зоны апвеллингов. Таким образом, имеют место флуктуации тёплого и холодного, а также сухого и влажного типа климата (Найдин, Копеевич, 1988).

Данные периодические изменения элементов земной орбиты М. Миланкович рассчитал для избранных широт на весь четвертичный период. В результате этих расчётов появилась кривая колебаний величин солнечной радиации, впоследствии сопоставленная Ф.Цейнером в 1963 г. с хронологией четвертичного периода. Пики на кривой Миланковича, отвечающие периодам с прохладным летом, сопоставлялись с ледниковыми эпохами, а пики, отвечающие периодам с тёплым летом, – с межледниковыми эпохами. Данная корреляция была настолько убедительна, что многие исследователи (А. Кеппен, А. Вегенер и др.) приняли кривую радиации Миланковича за основу геологического летоисчисления (Синицын, 1980).

Скорость вращения Земли и траектория орбиты не были постоянными в геологической летописи. А. Бергером в 1989 г. были математически высчитаны величины продолжительности астрономических циклов (табл. 4) с учётом уменьшения продолжительности дня, постоянно возрастающего расстояния между Землёй и Луной, а также изменений инерции движения космических тел за последние 400 млн лет. Следует обратить внимание, что, во-первых, исследователь выделил короткие и долгие циклы наклонения эклиптики; а, во-вторых, продолжительность циклов наклонения эклиптики в раннем силуре приближается к продолжительности циклов современной прецессии. В табл. 4 приведены лишь некоторые примеры оценки продолжительности астрономических циклов из существующих многочисленных публикаций (Schwarzacher, 1993). Современные представления о продолжительности астрономических циклов отражены в табл. 5.

Таблица 4

Эволюция продолжительности циклов прецессии и наклонения эклиптики в фанерозое (Berger, 1989). Прим.: Ма – миллионов лет назад

Время	Ма	Циклы прецессии (лет)		Циклы эклиптики (лет)	
Современность	0	19000	23000	41600	54000
Поздний мел	72	18641	22474	39328	51100
Ранняя пермь	270	17545	20868	34227	42250
Поздний карбон	298	17272	20468	32954	40403
Средний девон	380	16562	19428	29649	34309
Ранний силур	440	16014	18625	27097	29884

Оценка продолжительности астрономических циклов

Астрономические циклы	Schwarzacher, 1993	Gale, 1998
Циклы прецессии	$P_{1,2}: 19-23$	$P_{1,2}: 19-23$
Цикл наклонения эклиптики	39-41	41
Циклы эксцентриситета	$E_1: 100-104$	$E_1: 106$
	$E_2: 400-410$	$E_2: 410$
		$E_3: 1290$
Продолжительность, тыс. лет		

Ряд исследователей четвертичного периода (астрономы и климатологи) обратили внимание научной общественности на некоторые недостатки парадигмы Миланковича. Климатические последствия этих изменений должны были проявляться поочередно в северном и южном полушариях, но интервалы потепления и похолодания (в т.ч. и оледенения) носили общепланетарный характер. Отмечалось также несоответствие основных событий четвертичного периода, рассчитанных по кривой Миланковича, и данных, полученных методом ленточных глин и изотопным методом. Колебания солнечной радиации, вызванные изменениями элементов земной орбиты, должны были иметь место и в дочетвертичное время. Однако в палеогене и неогене отсутствуют признаки оледенений (Синицын, 1980). Позднее ряд американских астрономов установили, что изменения солнечной радиации невелики и, следовательно, не имеют большого климатического значения. Вариации температуры оценивались приблизительно в 2° , что недостаточно для инициации оледенения. В расчётах Миланковича игнорировались динамические процессы атмосферы и удлинение продолжительности суток в результате замедления вращения Земли под влиянием лунных и солнечных приливов (на $0,0014 - 0,0024$ сек в столетие). Например, в начале палеозоя сутки были на 2,5 ч короче современных (Синицын, 1980). В последнее время высказываются предположения, что климатические флуктуации могут быть вызваны не столько ЦМ, сколько эволюцией климатической системы Земли (Большаков В., Большаков П., 1999).

С другой стороны, результаты изучения мезо-кайнозойских разрезов скважин глубоководного бурения и ритмично построенных фанерозойских толщ обнаруживали связь с астрономическими циклами Миланковича (ЦМ). На данный момент гипотеза М.Миланковича доминирует среди прочих астрономо-физических моделей изменений климата и фактически является парадигмой.

В случае, когда установлено, что время формирования выделенных типов ритмов отвечает циклам прецессии, эклиптики и эксцентриситета, климатическая или эвстатическая модель (Габдуллин, Иванов, 2001) формирования периодитов может трансформироваться в циклы (модель) Миланковича.

В последнее время высказываются предположения о «солнечных циклах Миланковича» (Волков, 2000), т.е. циклов прецессии (95 млн лет), эклиптики (190 млн лет) и эксцентриситета (570 млн лет) орбитальных параметров Солнца.

ПРИМЕР ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

ИЗУЧЕНИЕ РИТМИЧНОСТИ НА ПРИМЕРЕ РАЗРЕЗА КАРЬЕРА ЦЕМЕНТНОГО ЗАВОДА «БОЛЬШЕВИК» (г. Вольск, Саратовская область)

Разрезы окрестностей г. Вольска и карьеров цементных заводов изучались и ранее. Их описание приводится в ряде работ (Архангельский, 1912; Матесова, 1930; Милановский, 1940; Волго-Уральская нефтеносная область, 1959; Герасимов и др., 1962; Атлас мезозойской фауны, 1967; Глазунова, 1972). Изучаемый разрез (рис. 16) приурочен к северо-западному борту карьера цементного завода «Большевик» (г. Вольск, Саратовская область). За основу стратиграфического расчленения верхнемеловых отложений Русской плиты принята схема А. С. Алексеева, А. Г. Олферьева и С. М. Шика (1995).

Средний-верхний подъярусы туронского яруса

Туронские отложения представлены карбонатными породами среднего-верхнего подъяруса с многочисленными раковинами *Inoceramus lamarki* и панцирями морских ежей, с размывом перекрывающими альбские песчаные темно-серые глины.

Пачка I. Мержель с фосфоритовыми желваками и горизонтами обломков призматического слоя иноцерамов мощностью 2 м. Мощности иноцерамовых горизонтов убывают снизу вверх по разрезу от 0,1-0,25 м до 0,04-0,05 м. Встречены ожелезнённые обломки мела. В основании пачки наблюдается образование типа «фосфоритовой плиты» (0,3 м), представляющее собой мергель, переполненный стяжениями фосфоритов разной формы, в основном подукатанными. Их максимальная концентрация наблюдается в средней части «плиты».

Пачка II. Желтовато-серый мел, иногда кремнестый, мощностью 2,5 м. Микроскопически данная порода представляет собой известняк биокристаллокластический. Отложения пачки содержат остатки морских ежей *Micraster corbovis*, *M. corstetudinarium*, *M. leskei*, *Conulus subrotundus*, *C. subconicus*, аммонитов *Scaphites geitmitzi*, *Lewesiceras peramplum*, иноцерамов *Inoceramus lamarki*, *In. apicalis*, *Holaster planus*, устриц *Monticulina nikitini*, *Pycnodonte melovatkensis* и др. Среднетуронский возраст обосновывается присутствием зональных видов *Inoceramus lamarki*, *In. apicalis*. Верхний турон устанавливается по находкам иглокожих *Micraster corstetudinarium*, *Holaster planus*. В работе М.Н. Матесовой (1930) из туронских отложений отмечались массовые находки устриц, брахиопод, зубов и обызвествленных позвонков акулых рыб. В туронских отложениях встречены следы жизнедеятельности *Chondrites*, *Teichichnus* и *Planolites*. Ритмичность отсутствует.

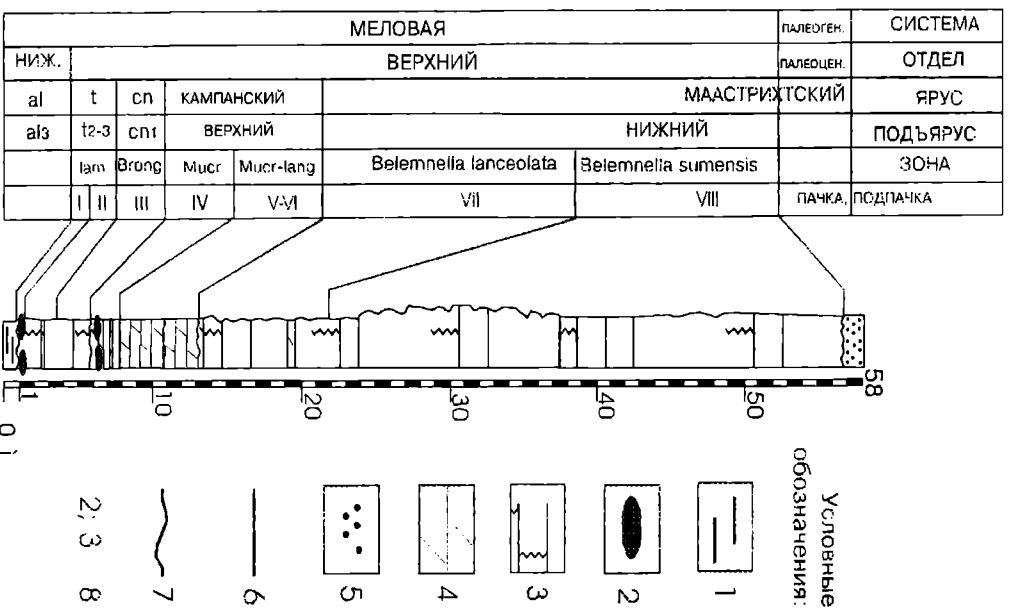


Рис. 16. Разрез верхнемеловых отложений карьера цементного завода «Большевик» в Волжске Саратовской области. Условные обозначения: 1 - глины; 2 - фосфориты; 3 - шпиль мел; 4 - мергели; 5 - песок; 6 - сопоставе стратиграфические границы; 7 - несогласные; 8 - ритм. Сопоставление ритмов: 8-тип ритмов, чье ритмическое соотношение: ритм. *Belemnella lanceolata*, ритм. *Belemnella sumensis*, ритм. *Belemnella lanceolata*.

Нижний подъярус коньякского яруса

Пачка III. Желтовато-серый мел (микроскопически — известняк биокристаллолитокластический) мощностью 1,5-2 м. В верхней части наблюдается зеленовато-серый мергелевидный мел с фосфоритовыми стяжениями и глауконитом мощностью 0,5 м. Общая мощность отложений коньяка составляет 2-2,5 м. На принадлежность данных отложений к нижнему подъярусу указывают находки *Cremnoceramus wandereri*. Морские ежи в изобилии встречаются в разрезах района г. Вольска (Матесова, 1930, 1935; Герасимов и др., 1962). Отмечались находки устриц и аммонитов (Матесова, 1930). Ритмичность в данных отложениях не установлена.

Верхний подъярус кампанского яруса

Пачка IV. «Второй горизонт кампана». Рыхлый писчий мел с большим количеством панцирей морских ежей (Сенгилей, Хвалынский, Вольск) или чередование серых окремнелых песчанистых глауконитовых плитчатых глин, опок и серых окремнелых глауконитовых песчаников (Нижняя Банновка). Кремнистость к кровле пачки усиливается. Мощность пачки — 2-3 м. Пачка содержит макрофоссилии: *Belemnitella mucronata mucronata*, *Belemnitella mucronata senior*, *Isomicraster sp.* и др.

Отложения кампана несогласно, с размывом перекрывают породы коньяка. Амплитуда «волнистости» эрозионной поверхности может доходить до 5 см. Кампанские отложения представлены карбонатными породами верхнего кампана мощностью 6 м. Это в основном белый писчий мел (микроскопически — биокристаллолитокластический известняк) с тонкими прослоями зеленовато-серого мелоподобного мергеля, или «полосчатый мел», по М.Н. Матесовой (1930), мощностью 2 м. Граница между нижней и верхней пачками эрозионная. Пачка «полосчатого мела» ($K_2cr_2^1$) характеризуется в районе Вольска также находками *Belemnitella mucronata mucronata*, *Isomicraster sp.* Она относится к нижней зоне верхнего кампана — *Belemnitella mucronata senior*. «Полосчатый мел» характеризуется также присутствием остатков *Inoceramus dariensis*, *Belemnitella mucronata volgensis*, *Echinocorys sp.* (Герасимов и др., 1962).

Пачки V-VI. «Второй-третий горизонты кампана». Толща узловатых белых биокристаллолитокластических мергелей, заключенных в серо-зеленом биокристаллолитокластическом мергеле («брекчированный мел», по М. Н. Матесовой) мощностью 4 м. В середине верхней пачки наблюдается эрозионная поверхность с закатившимися в эрозионные ниши панцирями морских ежей. Возможно, эта поверхность является границей пачек V и VI. Толща «брекчированного мела» ($K_2cr_2^{2-3}$) в Вольском районе содержит ростры *Belemnitella langei*, *B. mucronata mucronata*, *B. m. senior*, морские ежи *Afi-*

craster grimmensis и *Coraster cubanicus*. Следовательно, она относится к верхнему кампану и представлена вторым и третьим его горизонтами (Герасимов и др., 1962). Таким образом, данный стратиграфический интервал разреза охарактеризован зонами *micronata* и *langei*.

Из кампанских отложений района Вольска также отмечены находки родов головоногих (*Bostrychoceras*), двустворчатых (*Monticulina*, *Pycnodonte*, *Hyotissa*, *Spondylus* и др.) и лопатоногих (*Dentalium*) моллюсков, брахиопод (*Carneithyris*) и одиночных кораллов (*Parasmilia*). Этот интервал разреза получил название «микрастрово кладбище» из-за обилия находок панцирей морских ежей (Матесова, 1930). В кампанских отложениях Вольского разреза установлены следы жизнедеятельности *Thalassinoides*, *Teichichmus* и *Planolites*.

Ритмичность в толще «полосчатого мела» представлена 10 ритмами типа 1: мел (0,4–0,1 м) – глинистый мергель (0,02–0,05 м). В кровле более карбонатных элементов ритма (БКЭР) – слоёв мела наблюдаются эрозионные поверхности. Ритмичность в «брекчированном меле» представляет собой переслаивание массивных (2,5–0,6 м) и глинистых (0,03–0,05 м) мергелей. Установлено 3 ритма, отнесённых к типу 2.

Нижний подъярус маастрихтского яруса

Мощность отложений нижнего маастрихта в Вольском районе составляет до 40–60 м. Следует отметить, что в разрезе карьера цементного завода «Коммунар» (Вольск) присутствуют отложения самой первой подзоны ($K_2m_1^1$) — *Belemnella licharewi*, которые не встречены в изучаемом разрезе. Они представлены серовато-белым песчанистым мелом с тонкими глинистыми прослоями (0,3–0,4 м).

Пачка VII. Белый писчий мел с прослоями зеленовато-серого мергеля (10–15 м). Нижнемаастрихтский возраст отложений подтверждается находками *Belemnella lanceolata*, *Baculites anceps leopoldensis*, *Acanthoscaphites tridens*, *Hoploscaphites constrictus* (Герасимов и др., 1962). Этот комплекс форм характеризует среднюю подзону нижнего маастрихта ($K_2m_1^2$). Пачка содержит 8 ритмов типа 1: писчий мел (2,5–0,2 м) – глинистый мергель (0,03–0,17 м). Ритмы хорошо подчёркиваются профилем выветривания и не выдержаны по мощности (0,35–2,6 м).

Пачка VIII. Писчий мел с прослоями глины и мергелей, сверху сменяющийся глауконитовыми песчанистыми мергелями, мощностью 30–57 м. Третью подзону нижнего маастрихта ($K_2m_1^3$) устанавливается в исследуемом разрезе по находкам *Bel. lanceolata sumensis*, *Bac. anceps leopoldensis*, *Ac. tridens*, *H. constrictus*, *In. balticus*.

Пачка представлена ритмами типа 1: писчий мел (1,1–2 м) – «глинистый мергель», «глина» (0,03–0,05 м). Рентгено-фазовый анализ показывает, что большинство визуально определяемых глинистых прослоев являются глини-

стым писчим мелом (табл. 6). Ритмы хорошо проявляются в профиле выветривания и хорошо выдержаны по мощности (1,15-2,05 м). Более того, возможно выделение ритмов более высокого порядка путём группировки ритмов по парам. Иными словами, закономерно чередуются ритмы мощностью в 1 м с ритмами мощностью в 2 м. Таким образом, возможно выделение 9-ти ритмов третьего порядка и 4-х ритмов второго порядка в интервале 12 м от основания пачки. Далее толща аритмична на протяжении 11 м. Затем наблюдаются 2 ритма мел-глина третьего порядка (мощность ритмов 1-2,5 м) или 1 ритм второго порядка. И опять на протяжении 10 м толща аритмична. Возможно, что аритмичные интервалы в 10-12 м есть не что иное, как элементы ритма первого порядка, чередующиеся с ритмичными интервалами.

Таблица 6

Распределение концентраций минералов в маастрихтской части разреза карьера 3-да "Большевик" (пачка VIII) по данным рентгено-фазового анализа

Минералы, %	Писчий мел, %	Глинистый мел, %
Кальцит	96.4	76.7
Иллит	1	5
Хлорит	-	2.5
Альбит	-	2.5
Кварц	2.2	12.2
Микроклин	0.3	1.1

В нижнемаастрихтских породах Вольска также содержатся ежидароиды (*Cidaris, Salenia*) и спатангоиды (*Echinocorys*), устрицы (*Pycnodonte, Volgella, Liostrea*), пектениды (*Chlamys, Janira, Spondylus*), губки (*Ventriculites*) и кораллы (*Cylicosmilia*); редко встречаются брахиоподы (*Carneithyrus* (?)), брюхоногие моллюски (*Calliostoma* (?), *Pleurotomaria* (?)). В маастрихтских отложениях разреза завода «Большевик» установлены также ихно-фоссилии *Thalassinoides*, *Teichichnus* и *Planolites*.

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РИТМОВ КАРБОНАТНЫХ ТОЛЩ НА ПРИМЕРЕ ВЕРХНЕГО МЕЛА ПОВОЛЖЬЯ

Поздний турон

В туронское время в Ульяновско-Саратовском бассейне в мелководно-морских условиях происходило накопление преимущественно карбонатных илов и терригенных фосфоритонесных осадков (Герасимов и др., 1962). Бассейн седиментации можно охарактеризовать следующим образом.

Состав палеоценоза. Бентосные формы (иглокожие, пелециподы, брахиоподы) и планктон с карбонатным скелетом резко преобладают над нектонными (белемниты, акулы). Следы жизнедеятельности *Planolites* могут

принадлежать как иглокожим, так и пелециподам. Следы *Thalassinoides* указывают на присутствие в составе палеоценоза ракообразных.

Глубина. Скорее всего, бассейн был мелководным.

Газовый режим. Обилие иглокожих, ракообразных (следы *Thalassinoides*), хрящевых рыб свидетельствует в пользу нормального содержания растворённого в воде кислорода.

Солёность. Присутствие иглокожих и брахиопод, подтверждает нормальную солёность бассейна.

Тип субстрата. Присутствие рыхлого субстрата подтверждается находками спатангоидных ежей и ихнофоссилий *Planolites*, *Thalassinoides*, *Chondrites*. Остатки устриц и брахиопод могут указывать на твёрдый субстрат. Скорее всего, дно бассейна было рыхлым со скальными выступами.

Гидродинамика. Устрицы свидетельствуют в пользу активных гидродинамических процессов.

Температура воды (Тейс, Найдин, 1973) во второй половине турона в Саратовском Поволжье по белемнитам оценивается равной 14-15 °С.

В изучаемом разрезе ритмичность в туронских отложениях не установлена. Распределение изученных параметров приведено на рис. 17.

Коньякский век

В коньякский век в Ульяновско-Саратовском бассейне происходила преимущественно карбонатная седиментация (Герасимов и др., 1962). Для бассейна седиментации были характерны следующие особенности.

Состав палеоценоза. Биоценоз представлен планктоном с карбонатным скелетом, ракообразными, следами *Thalassinoides*, иноцерамами и морскими ежами. Находки нектонных форм макрофауны не известны. Комплекс фораминифер представлен аномалиями. Такой бедный состав сообщества, скорее всего, указывает на неблагоприятные условия окружающей среды.

Глубина. Предположительно глубоководный бассейн.

Солёность. Присутствие ракообразных (следы *Thalassinoides*) и редких пелеципод, скорее всего, подтверждает предположение о нормальной солёности палеобассейна.

Газовый режим. Следы ракообразных (*Thalassinoides*) свидетельствуют в пользу нормального содержания растворённого в воде кислорода. В то же время следы *Chondrites* указывают на восстановительную среду. В разрезе встречаются пиритовые конкреции, что свидетельствует о дефиците растворённого в воде кислорода. Вариации в распределении ихнофоссилий и концентрации органического углерода указывают на флуктуации газового режима.

Тип субстрата. Рыхлый мягкий субстрат необходим для существования спатангоидных ежей рода *Micraster*. Рыхлость субстрата дна бассейна также

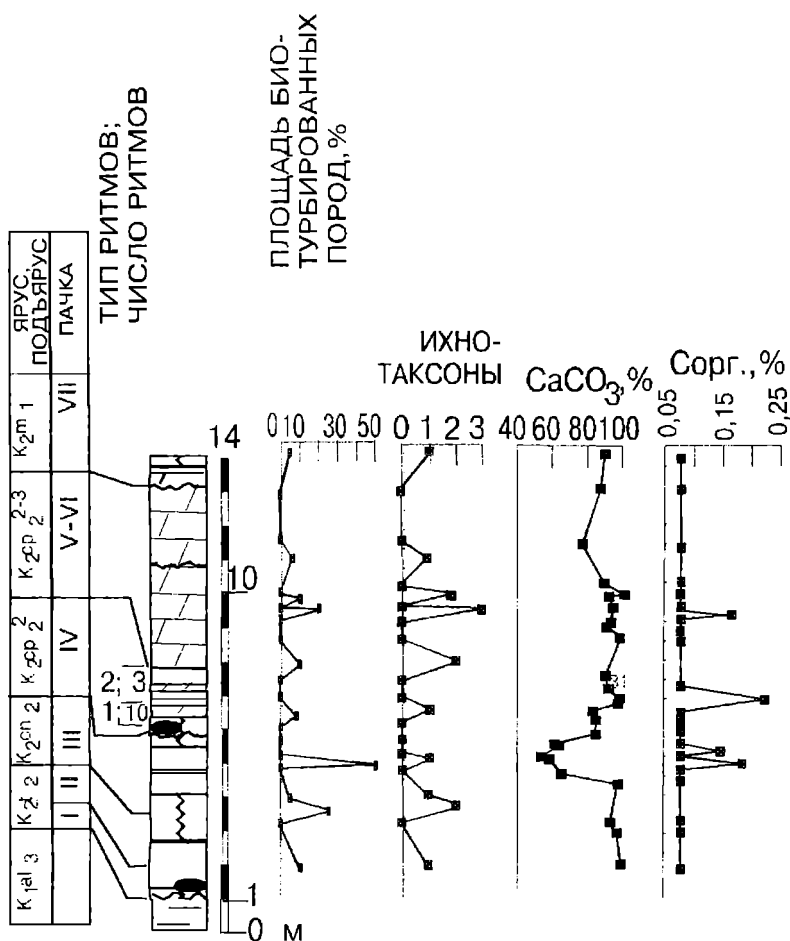


Рис. 17. Распределение площади биотурбированных пород, ихнотаксонов, карбоната кальция, органического углерода, магнитной восприимчивости и ее прироста, естественной остаточной намагниченности, остаточной намагниченности насыщения и разрушающего поля остаточной намагниченности в альб-нижнемаастрихтских отложениях карьера цементного завода "Большевик" г. Вольска Саратовской области (условные обозначения см. на рис. 15) (см. также с. 40)

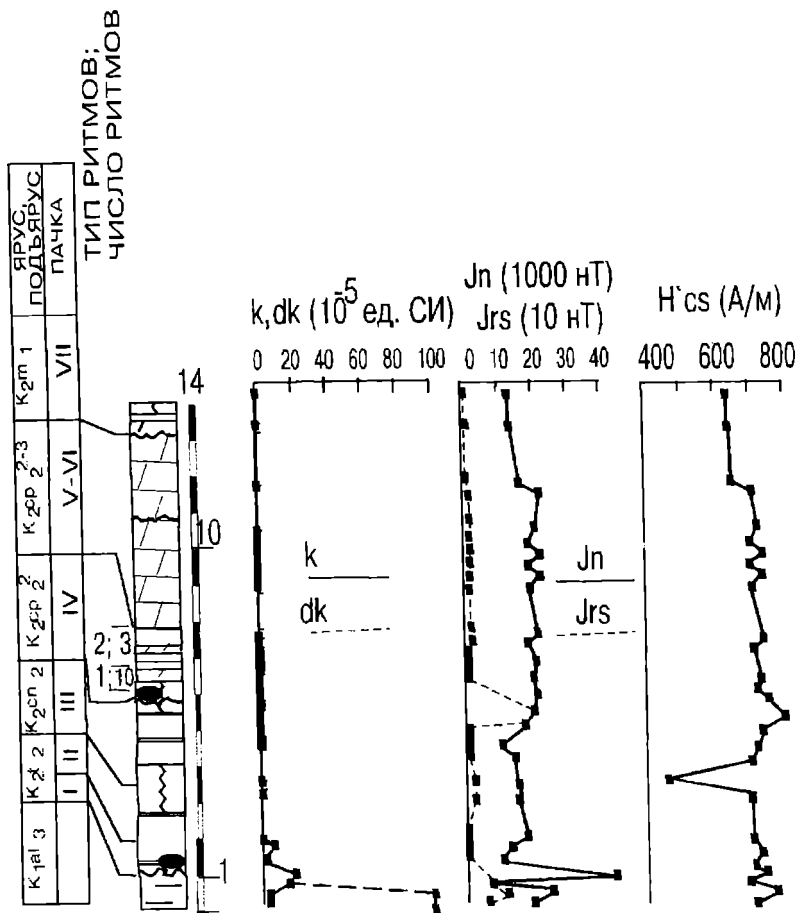


Рис. 17. Окончание

подтверждается ихнофоссилиями *Thalassinoides*, *Chondrites*. Иноцерамы могут заселять разные типы грунтов. Скорее всего, дно бассейна было рыхлым.

Гидродинамика. Присутствие масс воды с повышенной солёностью и дефицитом кислорода свидетельствует о стагнации, нарушении циркуляции в бассейне.

Температура бассейна Русской плиты в позднем коньяке (Тейс, Найдин, 1973) по белемнитам составляла 13-15 °С.

В разрезе Вольска ритмичность в коньякских отложениях не выделена.

Поздний кампан

В кампанский век в Ульяновско-Саратовском бассейне преобладала карбонатная седиментация. На юге Ульяновско-Саратовского прогиба в мелко-водно-морских условиях проходило формирование кремнисто-терригенных осадков, в остальной части – карбонатных осадков. Бассейн седиментации характеризовался следующими особенностями.

Фаза *Belemnitella mucronata*.

Состав палеоценоза. Планктон с карбонатным скелетом. Бедный комплекс макрофоссилий, представленный бентосными формами: несколькими видами иглокожих, пелеципод (иноцерамы) и белемнитов.

Глубина. По данным Н. А. Бондаренко (1990), эти отложения накапливались в пелагиали.

Газовый режим. Незначительные вариации газового режима следуют из циклического распределения концентрации C_{org} , объёма биотурбации, присутствия в разрезе пиритовых конкреций.

Тип субстрата. Бентосные организмы представлены спатангоидными ежами, обитающими в рыхлом, илистом грунте, и иноцерамами, заселяющими все типы грунта. Следовательно, скорее всего, грунт был мягким и илистым.

Температура. По рострам белемнитов (Тейс, Найдин, 1973) установлено, что температура была приблизительно равна 13-14 °С.

Данные по солёности и гидродинамике палеобассейна отсутствуют.

Формирование ритмичности в разрезе карьера цементного завода «Большевик»

Практически полное отсутствие привноса магнитных терригенных минералов (Габдуллин и др., 1998) подтверждается низкими значениями и отсутствием осцилляций на большинстве кривых петромагнитных параметров. Признаков, свидетельствующих о растворении карбоната кальция, не найдено. Таким образом, ЦР и ЦРС не могут быть механизмами формирования ритмов. Скорее всего, происхождение ритмов связано с ЦБ (в бассейне с карбонатной седиментацией) и вариациями климата. Модель № 10 объясняет природу десяти ритмов типа 1.

Фаза *Belemnitella mucronata* - фаза *Belemnitella langei*.

Состав палеоценоза. Планктон с карбонатным скелетом. Встречаются нектонные формы, представленные белемнитами и аммонитами. На их фоне резко доминируют бентосные формы: кораллы, лопатоногие и двустворчатые моллюски, брахиоподы и иглокожие (всего: 7 родов, 7 видов). Присутствие пелеципод подтверждается следами *Teichnichus*, а следы *Thallassinoides* указывают на присутствие в биоценозе ракообразных.

Глубина. В рассматриваемых отложениях встречены два вида иноцерамов. Данные отложения формировались в пелагиали (Бондаренко, 1990).

Солёность. Кораллы, находимые в отложениях этой пачки, безусловно, свидетельствуют в пользу нормальной солёности бассейна седиментации. Следует отметить присутствие остатков стеногалинных иглокожих, ракообразных (следы *Thallassinoides*).

Газовый режим. Присутствие пиритовых конкреций и ихнофоссилий *Chondrites* указывает на восстановительную среду, однако имеются находки одиночных кораллов. Слабые флуктуации концентрации растворённого в воде кислорода подтверждаются циклическими распределениями концентрации органического углерода и объёма биотурбации.

Температура. Присутствие кораллов указывает на достаточную тепловодность бассейна. По рострам белемнитов (Тейс, Найдин, 1973) получены значения температуры – 14-16 °С.

Тип субстрата. На рыхлость субстрата указывает присутствие в огромных количествах панцирей спатангоидных ежей («микрастрово кладбище»): *Micraster grimmensis* и *Coraster cubanicus*; а также раковин лопатоногих моллюсков (*Dentalium*) и ихнофоссилий *Teichnichus*, *Thallassinoides*, *Chondrites*, циклически распределённых по разрезу. Твёрдый субстрат необходим для обитания кораллов (*Parasmilia*) и двустворчатых моллюсков (*Monticulina*, *Spondylus*). Таким образом, скорее всего, дно бассейна было рыхлым со скальными выступами.

Гидродинамика. Находки одиночных кораллов свидетельствуют об условиях с активной гидродинамикой.

Моделирование условий седиментации. Признаки для подбора модели № 10 и описание процессов в седиментационной системе аналогичны вышеописанным для фазы *Belemnitella mucronata*. Данная модель объясняет природу 3-х ритмов типа 2.

Ранний маастрихт

На юге Ульяновско-Саратовского прогиба в мелководно-морских условиях проходило формирование кремнисто-терригенных осадков, в остальной части – карбонатных осадков.

Фаза *Belemnella lanceolata*.

Состав палеоценоза. Палеоценоз с преобладанием планктона с карбонатным скелетом и бентосных форм макрофоссилий над нектонными макрофоссилиями. Следы *Planolites* могут принадлежать пелециподам, гастроподам и иглокожим. Следы *Thalassinoides* указывают на присутствие ракообразных.

Солёность. В данных отложениях присутствуют губки (*Ventriculites*), живущие в условиях нормальной солёности.

Газовый режим. Наличие пиритовых конкреций свидетельствует о восстановительных условиях. С другой стороны, в скудном биоценозе присутствуют стенооксидные губки и эвриоксидные устрицы. Возможно, имели место слабые вариации газового режима, подтверждённые ритмичным распределением ихнофоссилий (объёмом биотурбации) и концентрацией органического углерода.

Тип субстрата. Спатагониды (*Echinocorys*), цидароиды и ракообразные (следы *Thalassinoides*) обитают в рыхлом и мягком грунте. Твёрдый субстрат благоприятен для губок и теребратуллит. Брюхоногие моллюски безразличны к типу субстрата. Дно, скорее всего, было илистым со скальными выступами.

Гидродинамика. Присутствие устриц и губок свидетельствует об активных гидродинамических процессах (течения).

Глубина. По данным Н. А. Бондаренко (1990) эти отложения накапливались в пелагиали (т.е. глубже 130-200 м). Губки-вентрикулитиды были найдены на глубине от сотен метров до 6 км. Устрицы остроидного типа обычно обитают на глубинах 40-100 м. Ежи-цидароиды заселяют глубины 75-100 м (иногда до 4 км), где питаются губками. Таким образом, ежи-цидароиды и губки, по всей видимости, сосуществовали вместе. На наш взгляд, глубина бассейна могла составлять более 100 м (нижняя сублитораль – батияль). Сравнительно мелководные формы (например, пектенитиды), скорее всего, являются аллохтонными.

Температура по данным анализа для аналогичного интервала в разрезе у г. Хвальника (Тейс, Найдин, 1973) оценивается как равная 12,9 °С.

Формирование ритмичности. Предполагается почти полное отсутствие привноса магнитных терригенных минералов: низкие значения и отсутствие осцилляций на большинстве кривых петромагнитных параметров (рис. 18). Корреляция I_{rs} и H'_{cs} не подсчитана, так как $I_{rs} = 0$. Отсутствуют данные о стратификации вод в бассейне. Предполагается, что формирование ритмов типа I (Gabdullin, 1998; 1999) связано с циклами биопродуктивности (модель № 10) в относительно глубоководном бассейне с карбонатной седиментацией.

Фаза *Belemnella sumensis*.

Состав палеоценоза. Планктон с карбонатным скелетом, бентосные формы преобладают над нектонной макрофауной. Присутствие пелиципод подтверждается следами *Teichnichus*. Следы *Thalassinoides* информируют об обитавших в то время ракообразных.

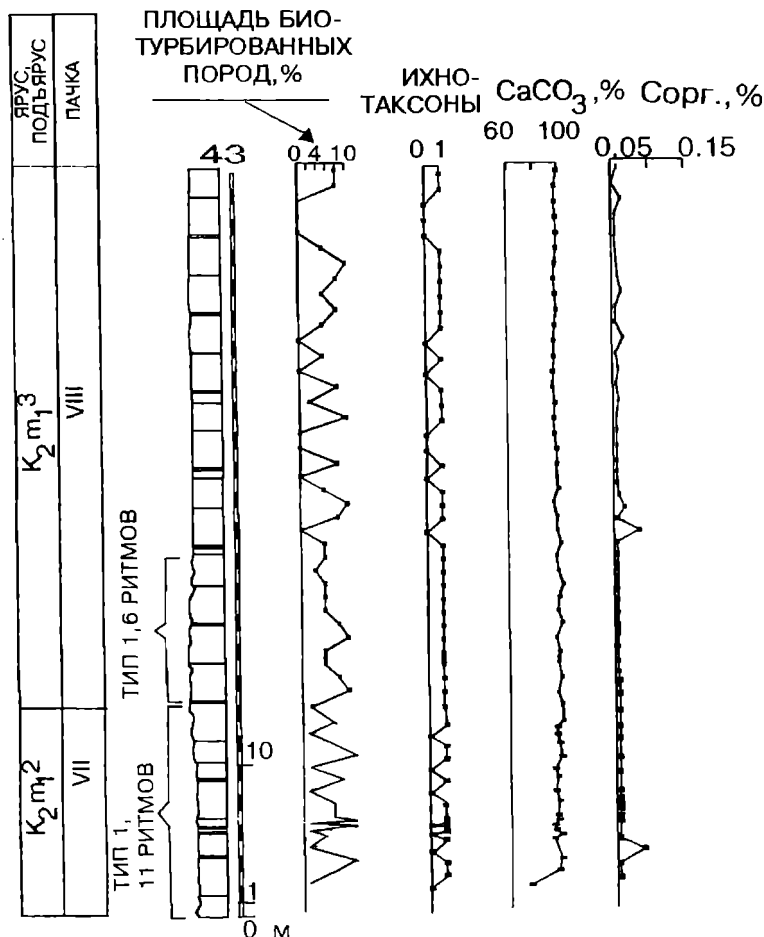


Рис. 18. Распределение площади биотурбированных пород, ихнотаксонов, карбоната кальция, органического углерода, магнитной восприимчивости и ее прироста, естественной остаточной намагниченности, остаточной намагниченности насыщения и разрушающего поля остаточной намагниченности в нижнемаастрихтских отложениях карьера цементного завода "Большевик" г. Вольска Саратовской области. Условные обозначения приведены выше (см. также с. 45)

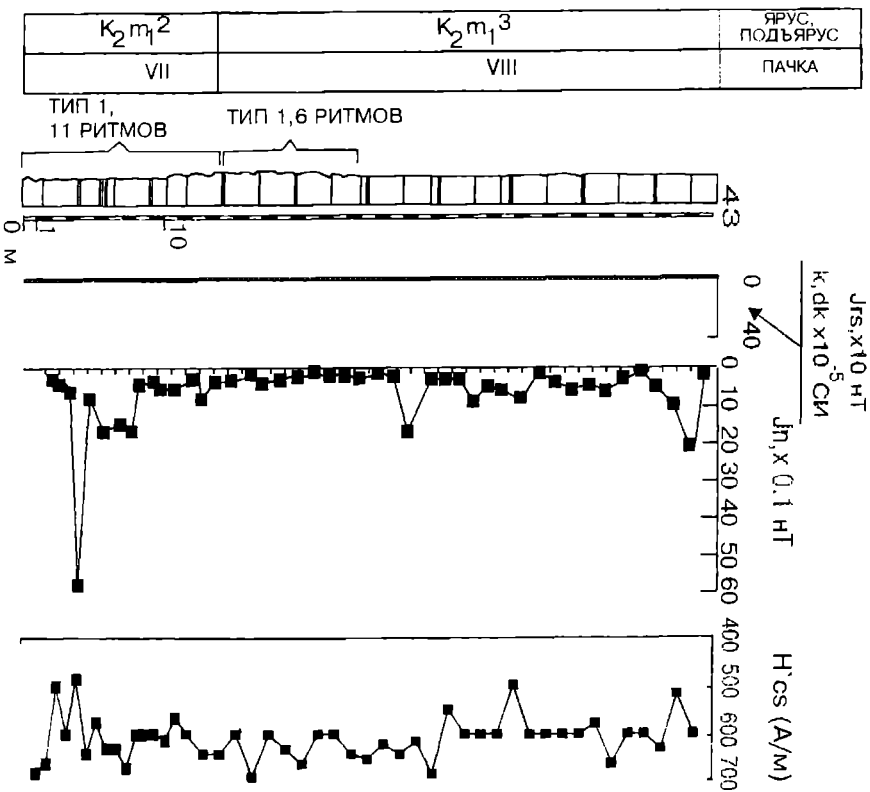


Рис. 18. Окончание

Глубина. По данным Н. А. Бондаренко (1990) эти отложения накапливались в пелагиали. В рассматриваемых отложениях встречен комплекс макрофоссилий, в том числе представленный устрицами (40-100 м), пектенидами (2-50 м) – *Janira*; цидароидами (75-100 м) – *Cidaris*, *Salenia*. Глубина бассейна, скорее всего, составляла 40-70 м (сублитораль). Возможно, на дне имелись скальные выступы, к которым прикреплялись кораллы, пектениды, теребратулиды. Они представляли собой «верхний ярус» сообщества. Анализ палеоэкологии современных морских беспозвоночных показывает, что в любом биоценозе существует «ярусность» распределения организмов. На наш взгляд, ошибочно было бы считать, что дно бассейна всегда было ровным, либо такие члены сообщества, как кораллы (прикреплённый бентос) и пектениды находятся в аллохтонном залегании (более, чем на 100 м ниже места обитания).

Солёность. В данных отложениях присутствуют стеногалинные двусторчатые моллюски – плевротомарии и кораллы, обитающие в условиях нормальной солёности. Устрицы остроидного типа (12-30 ‰) не переносят повышение солёности. Таким образом, можно сделать предположение о нормальной солёности палеобассейна.

Газовый режим. Наличие пиритовых конкреций свидетельствует об условиях дефицита растворённого в воде кислорода. С другой стороны, присутствуют стеноокисные пектениды, кораллы, губки и эвриокисные устрицы. Возможно, имели место слабые флуктуации газового режима, подтверждаемые цикличным распределением ихнофоссилий (объёмом биотурбации) и концентрацией органического углерода.

Температура. Биоценоз представлен теплолюбивыми кораллами (*Cylindrosyllia*) и устрицами (0-32 °C). Пектениды (*Janira*) обитают при температуре от 8,8 до 23,5 °C. Следовательно, можно приблизительно оценить температуру воды (23,5 °C и менее).

Тип субстрата. Цидароиды (*Cidaris*, *Salenia*) обычно селятся на илистых грунтах. Внутри рыхлого осадка в норах обитают спатангонды и ракообразные (следы *Thalassinoides*). Твёрдый субстрат необходим кораллам, двусторчатым моллюскам – пектенидам и брахиоподам – теребратулидам. Остальные члены сообщества (брюхоногие моллюски) могли быть безразличными к типу грунта. Дно было илистым со скальными выступами.

Гидродинамика. Присутствие устриц и пектенид свидетельствует об активных гидродинамических процессах (течения).

Формирование ритмичности. Предполагается почти полное отсутствие привноса магнитных терригенных минералов (низкие значения) и отсутствие осцилляций на большинстве кривых петромагнитных параметров при привносе кварца и глинистых минералов (вместе до 20%) во время формирования МКЭР (Габдуллин и др., 1998). Следовательно, существуют предпосылки для модели № 1, объясняющей формирование ритмов типа 1 с позиции климатических вариаций.

Библиографический список

Аймакин Л. А. Периодичность некоторых кратковременных древних литогенетических событий // Литология и полезные ископаемые. 1998. № 3. С. 244-257.

Алексеев А. С., Олферьев А. Г., Шик С. М. Объяснительная записка к унифицированным стратиграфическим схемам верхнего мела Восточно-Европейской платформы. СПб., 1995. С. 1-58.

Архангельский А. Д. Верхнемеловые отложения востока Европейской России // Материалы для Геологии России. Т. XXV. Изд-во Импер. Мин. Об-ва, 1912. С. 138-353.

Атлас мезозойской фауны и спорово-пыльцевых комплексов Нижнего Поволжья и сопредельных областей / Под ред. В. Г. Камышевой-Елпатьевской. Саратов, 1967. Вып. 1. 257 с.

Афанасьев С. Л. Флишевая формация. Закономерности строения и условия образования. М., 1993. 360 с.

Большаков В. А., Большаков П. В. Астрономическая теория палеоклимата – новая концепция // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1999. № 6. С. 3-13.

Бондаренко Н. А. Стратиграфия и условия седиментации сантонских, кампанских и маастрихтских отложений Правобережья Нижнего Поволжья: Автореф. Дис. ... канд. геол.-мин. наук. Саратов, 1990. 22 с.

Ботвинкина Л. Н., Алексеев В. П. Цикличность осадочных толщ и методика ее изучения. Свердловск, 1991. 335 с.

Вассоевич Н. Б. Уточнение понятий и терминов, связанных с осадочными циклами, стадийностью литогенеза и нефтеобразования // Основные теоретические вопросы цикличности седиментогенеза. М., 1977. С. 34-58.

Волго-Уральская нефтеносная область. Юрские и меловые отложения / Под ред. Т. Л. Дервиз. Л., 1959. С. 8-352.

Волков Ю. В. О периодических составляющих Фриборда и геохронологической шкалы // Нетрадиционные вопросы геологии: Материалы VIII научного семинара. М., 2000. С. 57-61.

Габдуллин Р. Р. Модели формирования ритмичности в карбонатных толщах // Леонардо да Винчи 20 века (к 100-летию А. Л. Чижевского): Тез. юбилейной сессии РАЕН, М., 28 февраля 1997 г. М., 1997. С. 103-104.

Габдуллин Р. Р. Роль палеонтологических критериев в изучении перерывов и горизонтов конденсации в ритмичных нижнебарремских отложениях г. Белой, Верхоречье, Крым // Проблемы изучения биосферы (к 70-летию выхода в свет «Биосферы» В. И. Вернадского): Тез. докл. Всерос. науч. конф. Саратов, 1996. С. 48-49.

Габдуллин Р. Р. Роль палеонтологического фактора в определении условий формирования ритмичности в сеноманских отложениях СЗ Крыма // Проблемы изучения биосферы (к 70-летию выхода в свет «Биосферы» В. И. Вернадского): Тез. докл. Всерос. науч. конф. Саратов, 1996. С. 49-50.

Габдуллин Р. Р., Гужиков А. Ю., Выдрик А. Б., Дуноин И. А. Условия формирования ритмичности в верхнемеловых карбонатных породах карьера «Большевик» (Вольск, Саратовская область) // Геология и минеральные ресурсы юго-востока Русской платформы: Тез. докл. междунар. науч. конф. , посвященной памяти проф. В. В. Тикшаева. Саратов, 20-22 января 1998 г. Саратов, 1998. С. 41.

Габдуллин Р. Р., Иванов А. В. Комплексное изучение ритмичности карбонатного осадконакопления на примере позднемелового бассейна Ульяновско-Саратовского прогиба // Тр. НИИ геологии СГУ. Новая серия. 2001. Т. VIII. С. 69-90.

Гаврилов Ю. О., Копачевич Л. Ф. О геохимических, биохимических и биотических следствиях эвстатических колебаний // Стратиграфия. Геологическая корреляция. Т. 4, № 4. 1996. С. 3-14.

Геологический словарь: В 2 т. Т. 2. М., 1955. 122 с.

Герасимов П. А., Мигачева Е. Е., Найдин Д. П., Стерлин Б. П. Юрские и меловые отложения Русской платформы. М., 1962. С. 88-181.

Глазунова А. Е. Палеонтологическое обоснование стратиграфического расчленения меловых отложений Поволжья. Верхний мел. М., 1972. 204 с.

Гусева А. Н., Соболева Е. В. Практикум по геохимии горючих ископаемых. М., 1989. С. 100-104.

Захаров В. А. Палеоэкологические исследования // Современная палеонтология. Т. 1. М., 1988. С. 369-399.

Матеева М. Н. Полезные ископаемые Вольского Поволжья. Ч. 1. // Тр. Вольского Окружного научно-образовательного музея. Вольск. 1935. Вып. 4. 68 с.

Матеева М. Н. Геологические экскурсии в окрестности города Вольска // Тр. Вольского Окружного научно-образовательного музея. Вольск, 1930. Вып. 3. 36 с.

Методы изучения осадочных пород. Т. 2. М., 1957. С. 30-32.

Миланкович М. Математическая климатология и астрономическая теория колебаний климата. М.;Л., 1939. 194 с.

Милановский Е. В. Очерк геологии Среднего и Нижнего Поволжья. Л., 1940. 276 с.

Молостовский Э. А., Храмов А. Н. Магнитостратиграфия и её значение в геологии. Саратов, 1997. 180 с.

Морозов Н. С. О ритмичности процесса осадконакопления в меловом периоде в районе Доно-медведицких дислокаций // Докл. АН СССР. Т. LXXXVII. № 2. М., 1952. С. 265-268.

Найдин Д. П. Астрономические вариации, флуктуации климата и ритмичность карбонатных толщ. Статья 1. Актуалистические предпосылки. Параметры Земной орбиты и климат // Изв. вузов. Геология и разведка. 1989. № 10. С. 35-47.

Найдин Д. П. Астрономические вариации, флуктуации климата и ритмичность карбонатных толщ. Статья 2. Климатические флуктуации и ритмичные карбонатные толщи мезозоя // Изв. вузов. Геология и разведка. 1990. № 6. С. 29-43.

Найдин Д. П., Копачевич Л. Ф. Внутриформационные перерывы верхнего мела Мангышлака. М., 1988. 141 с.

Синицын В. М. Введение в палеоклиматологию. М., 1980. 248 с.

Сывороткин В. Л. Озоновый слой и Эль-Ниньо // Нетрадиционные вопросы геологии: Материалы науч. семинаров. М., 1999. С. 224-234.

Тейс Р. В., Найдин Д. П. Палеотермометрия и изотопный состав кислорода органических карбонатов. М., 1973. 254 с.

Трофимук А. А., Карагозин Ю. П. Теоретические и прикладные вопросы цикличности седиментогенеза // Основные теоретические вопросы цикличности седиментогенеза. М., 1977. № 3. С. 3-15.

Фролов В. Т. Литология: В 3 кн. Кн. 3. М., 1995. 352 с.

- Фролов В. Т. Генетическая типизация морских отложений. М., 1984. 222 с.
- Фролов В. Т. Литология: В 3 кн. Кн. 1. М., 1992. 336 с.
- Хэллем А. Интерпретация фаций и стратиграфическая последовательность. М., 1983. С. 169-259.
- Чалышев В. И., Сорвачев Н. С. Ритмичность карбонатных отложений. Л., 1977. 40 с.
- Шныков В. Г. Рентгеновские исследования грунтов. М., 1991. 184 с.
- Эйнзель Г. Общие сведения о природе и условиях нахождения и распознавания циклических отложений (периодитов) // Циклическая и событийная седиментация / Под ред. Г. Эйнзель, А. Зейлахер. М., 1985. С. 11-63.
- Эйнзель Г., Зейлахер А. Палеогеографическое значение темпеститов и периодитов // Циклическая и событийная седиментация / Под ред. Г. Эйнзель, А. Зейлахер. М., 1985. С. 478-485.
- Arthur M. A., Bottjer D. J., Dean W. E., et al. Rhythmic bedding in Upper Cretaceous pelagic carbonate sequences: varying sedimentary response to climatic forcing // *Geology*. 1986. 14. P. 153-156.
- Berger A. L. Pre-Quaternary Milankovitch frequencies // *Nature*. 342. P. 133.
- Boesch D. F., Rabalais N. N. Effects of hypoxia on continental shelf benthos: comparisons between the New York Bight and the Northern Gulf of Mexico / From Tyson R. V., Pearson T. H. (eds.), *Modern and Ancient Continental Shelf Anoxia* // *Geol. Soc. Spec. Publ.* 1991. № 58. P. 27-34.
- Bromley R. G. Trace fossils: biology, taphonomy and applications. *Chapman & Hall*, London, 1996. 320 p.
- Carter R. M., Naish T. R. A review of Wanganui Basin, New Zealand: global reference section for shallow marine. Plio-Pleistocene (2,5-0 M.a) cyclostratigraphy // *Sedimentary Geology*. 1998. 122. P. 37-52.
- Fischer A. G., Arthur M. A. Secular variations in the pelagic realm in: Cook H. & Enos P., (Eds.) // *Deep water carbonate environments*, Special publication of the Society of economic Paleontology and Mineralogy. 25. 1977. P. 19-50.
- Gabdullin R. Rhythmically bedded carbonates: below and above K/T boundary // *Abstracts of Final Meeting of INTAS PROJECT 1994-1414. Moscow March 23-25, 1998* z. M., 1998. P. 13.
- Gabdullin R. R. Types of rhythmicity in the Upper Cretaceous and Lower Paleocene rocks of Russian craton and Southern adjacent areas (SW Crimea, NW Caucasus). EUG 10 // *Abstracts of oral and poster presentations 28 March - 1 April 1999*, Spassbourg (France), 1999. P. 237.
- Gabdullin R., Baraboshkin E. Rhythmicity in highly condensed sediments: sedimentary model of the Barremian "Cephalopod Limestones" of SW Crimea // *Abstracts of 18-th IAS Regional European Meeting of Sedimentology*. Heidelberg. September 2-4, 1997. P. 136.
- Gale A., 1998. Cyclostratigraphy / In: *Unlocking the Stratigraphical Record: Advances in Modern Stratigraphy*. Edited by P. Doyle & M.R. Bennett, Wiley & Sons Ltd., 1998. P. 195-220.
- Gradstein F.M., Agterberg F.P., Ogg J.G., et al. Mesozoic time scale // *Journal of Geophysical Research*. 1994. V. 99. N B12. P. 24051-24074.
- Hardenbol J., Thierry J., Farley M. B. et al. Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphic Framework of European Basins. In: Graciansky P.-Ch., Hardenbol J., Jacquin T. & Vail P. T., eds., *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*, SEPM Spec. Publ. 60, chart 1. 1998.
- Hay W. W. Tectonics and climate. *Geol. Rundsch.* 85. Springer-Verlag, 1996. P. 409-437.
- Hay W. W. Understanding and modeling the sedimentary system in: *Geowissenschaften* 15. Heft 1. 1997. P. 5-10.
- Kroonenberg S. B., Badyukova E. N., Storms E. A. et al. A full sea-level cycle in 65 years: barrier dynamics along Caspian shores // *Sedimentary Geology*. 2000. 134. P. 257-274.
- Lamy F., Hebbeln D., Wefer G. Late Quaternary precessional cycles of terrigenous sediment input off the Norte Chico, Chile (27.5 °S) and palaeoclimatic implications // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 1998. № 141 (3-4). P. 233-251.

Miller M. F., Smail S. E. A semiquantitative field method for evaluating bioturbation on bedding planes // *Palaos*. 1997. № 12(4).

Pillans B., Chappel J., Naish T. A review of the Milankovich climate beat: template for Plio-Pleistocene sea-level changes and sequence stratigraphy // *Sedimentary Geology*. 1998. № 122. P. 5-21.

Prokoph A., Bartelmes F. Detection of non-stationarities in geological time series: wavelet transform of chaotic and cyclic sequences // *Computers and Geosciences*. 1996. № 22(10). P. 1097-1108.

Ramstein G., Serafini-Le Treut Y., Le Treut H. et al. *Climate Dynamics*. 1998. № 14(4). P. 233-247.

Ricken W. Rhythmic sedimentation related to third - order sea - level variations. Upper Cretaceous, Western Interior Basin in: *Orbital forcing and the Milankovitch Theory*. Special Publications of the International Association of Sedimentology. 1994. P. 167-193.

Ruffel A., Spaeth C., Mutterlose J. Sedimentary and biogenic cycles in the Early Cretaceous of NW Europe in: *Cretaceous stratigraphy, paleobiology and paleogeography*. Abstracts of the Jost Wiedmann symposium. Tübingen, Germany, 7-10 March, 1996. P. 163-165.

Russell G. L., Gornitz V., Miller J. R. Regional sea level changes projected by the NASA/GISS Atmosphere-Ocean Model // *Climate Dynamics*. 2000. № 16 (10/11). P. 789-797.

Savirka C., Bottjer D. Ichnofossils and Ichnofabrics in rhythmically bedded pelagic / hemipelagic carbonates: recognition and evaluation of benthic redox and score cycles in: *Orbital forcing and the Milankovitch Theory*. Special Publications of the International Association of Sedimentology. 1994. P. 195-210.

Schwarzacher W. *Cyclostratigraphy and the Milankovitch Theory*. - Elsevier. Amsterdam, 1993. 225 p.

Sprenger A. et al. Calciturbidite composition related to exposure and flooding of a carbonate platform (Triassic, Eastern Alps) // *Rhythmicity in deep water sediments, documentation and interpretation by pattern and spectral analysis*. Proefschr. Amsterdam, 1992. P. 169-182.

Sprenger A., Ten Kate W. Correlation of the cyclicities in two calciturbidite-marl successions of the Late Berriasian age (SE Spain, SE France) // *Rhythmicity in deep water sediments, documentation and interpretation by pattern and spectral analysis*. Proefschr. Amsterdam, 1992. P. 152-167.

Tajika E. Climate change during the last 150 million years: reconstruction from a carbon cycle model // *Earth and Planetary Science Letters*. 1998. № 160(3-4). P. 695-707.

Ten Kate W., Sprenger A. Orbital cyclicities above and below the Cretaceous / Paleogene boundary at Zumaya (N Spain). Agost and Relieu (SE Spain) // *Rhythmicity in deep water sediments, documentation and interpretation by pattern and spectral analysis*. Proefschr. Amsterdam, 1992. P. 87-117.

Tipper J. C. Patterns of stratigraphic cyclicity // *Journal of Sedimentary Research*. 2000. № 70 (6). P. 1262-1279.

Ulrichy D. Sequence stratigraphy of the Dakota Formation (Cenomanian), Southern Utah: interplay of eustasy and tectonics in a foreland basin // *Sedimentology*. 1999. № 46 (5). P. 807-836.

Voigt S. Cenomanian-Turonian composite $\delta^{13}\text{C}$ curve for Western and Central Europe: the role of organic and inorganic carbon fluxes // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2000. № 160 (1-2). P. 91-104.

Voss R., Mikolajewicz U. Long-term climate changes due to increased CO_2 concentration in the coupled atmosphere-ocean general circulation model ECHAM 3/LSG // *Climate Dynamics*. 2001. № 17(1). P. 45-60.

Научное издание

**Габдуллин Руслан Рустемович,
Иванов Алексей Викторович**

РИТМИЧНОСТЬ КАРБОНАТНЫХ ТОЛЩ

Редактор *В. А. Трушина*
Технический редактор *Л. В. Агальцова*
Ответственный за выпуск *Е. В. Попов*
Корректор *Е. А. Малютина*
Компьютерная верстка *Е. В. Попова*

На обложке -- разрез верхнемеловых отложений у с. Нижняя Банновка Саратовской области
(фото *В. Б. Сельцера*)

Подписано в печать 9. 12. 2002.

Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,02(3,25). Уч.-изд. л. 3,6.

Тираж 200. Заказ **129**

Издательство Саратовского университета.
410026. Саратов, Астраханская, 83.
Типография Издательства Саратовского университета.
410026. Саратов, Астраханская, 83.

Руслан Рустемович Габдуллин



Родился 20 апреля 1974 года в г. Москве. В 1996 году окончил кафедру исторической и региональной геологии геологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова. С ноября 2000 — младший научный сотрудник одноименной кафедры. 12 мая 2000 года защитил кандидатскую диссертацию на тему «Ритмичность верхнемеловых отложений Русской плиты, СЗ Кавказа и ЮЗ Крыма (строение, классификация, модели формирования)». Имеет 7 методических, 2 научно-популярных и 36 научных публикаций.

Область научных интересов: седиментология и палеогеография верхнемеловых карбонатных отложений Русской плиты и её южного обрамления.

Алексей Викторович Иванов



Родился 31 августа 1974 года в г.Саратове. В 1996 году окончил с отличием геологический факультет Саратовского университета, кандидат геолого-минералогических наук (1996), доцент (1999). Сотрудник кафедры исторической геологии и палеонтологии СГУ (1995). Заместитель декана геологического факультета СГУ по научной работе (1996–1997). С 1997 года — директор НИИ геологии Саратовского университета. Автор и соавтор более 150 научных работ, в том числе 11 монографий, 5 учебных пособий, научно-популярной книги. Трижды удостоен звания «Соросовский доцент», дважды Государственной научной стипендии.

Область научных интересов: мезо-кайнозойские отложения и их фауна, некоторые общие вопросы эволюции организмов, проблематичные ископаемые остатки, а также геоэкологические проблемы.