

На правах рукописи

Габдуллин Руслан Рустемович

**Ритмичность верхнемеловых отложений Русской
плиты, СЗ Кавказа и ЮЗ Крыма (строение,
классификация, модели формирования)**

25.00.01 - общая и региональная геология

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук**

Москва -2000

Введение

Работа выполнена на кафедре исторической и региональной геологии геологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова

Научный руководитель - кандидат геолого-минералогических наук, доцент Е.Ю. Барабощкин
Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук М.А. Левитан
доктор геолого-минералогических наук В.С. Вишневская
Ведущая организация - Производственное геологическое объединение «Центргеология»

Защита состоится 12 мая 2000 года в 12.00 на заседании диссертационного совета К 053.05.02 по общей и региональной геологии и геотектонике в Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова по адресу: 119899, ГСП-3, Москва, Воробьевы горы, МГУ, геологический факультет, ауд. С-1.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке геологического факультета МГУ, 6 этаж Главного здания.

Автореферат разослан «12» апреля 2000 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат геолого-минералогических наук

Т.Ю. Тверитинова

Актуальность работы. Природа ритмичности карбонатных толщ хорошо изучена за рубежом и слабо изучена в России и странах СНГ. Между тем этот вопрос имеет важное теоретическое и практическое значение. Природа карбонатных ритмов весьма проблематична: часто она для одних и те же разрезов интерпретируется по-разному с привлечением ряда противоречащих друг другу климатических, палеогеографических моделей. В настоящее время отмечена связь формирования нефтематеринских пород с ритмичным колебанием уровня моря. Циклические изменения климата и ландшафтно-географических условий, восстанавливаемые по ритмичным разрезам - важный аспект для прогноза и поиска месторождений полезных ископаемых. Климато-палеогеографическая природа установленной ритмичности внутри битуминозных мергелей сеноман — туронского бескислородного события (ОАЕ-2) актуальна для стратиграфии и поиска полезных ископаемых. Широкая площадная распространённость и выдержанность ритмичных пачек в изученных разрезах позволяет опознавать и прослеживать отложения при проведении геолого-съёмочных работ.

Цель работы. Основная цель работы заключается в изучении ритмичности в карбонатных толщах верхнемеловых отложений Русской плиты, СЗ Кавказа и ЮЗ Крыма. Конкретные задачи состояли из: 1) выделения ритмов; 2) классификации ритмов; определения: 3) строения ритмов; 4) механизмов и моделей формирования ритмичных толщ и 5) палеогеографических условий седиментации.

Научная новизна. Впервые изучены ритмично построенные карбонатные толщи верхнего мела Русской плиты, ЮЗ Крыма и СЗ Кавказа комплексированием литолого-геохимических, палеонтологических и петромагнитных методов на современном научном уровне. Предложена новая единая классификация типов ритмов для эпиплатформенных нефлишевых и флишевых разрезов. Систематизированы представления о терминологии, существующих механизмах и моделях формирования ритмичности карбонатных толщ. Одна модель предложена впервые. Установлена батиметрическая зональность типов ритмов и моделей условий их формирования.

Практическая ценность. Практическая ценность работы заключается в возможности использования полученных результатов при расчленении и корреляции верхнемеловых отложений Русской плиты и её южного обрамления. Результаты исследований в дальнейшем могут послужить материалом для построения литолого-палеогеографических карт для указанных территорий, прогнозирования районов распространения нефтематеринских пород.

Фактический материал. Изучена ритмичность 22 разрезов верхнемеловых отложений в естественных обнажениях и карьерах Русской плиты (Брянская область — 3, Белгородская область — 1, Ульяновская область — 1, Саратовская область — 4), ЮЗ Крыма (Бахчисарайском район — 9) и СЗ Кавказа (Краснодарский край — 4). Отобранные 617 образцов горных пород, изучены с применением физико-химических, петрографических, литологических, палеонтологических и петромагнитных методов. Изучено 135 шлифов. 442 образца были подвергнуты комплексным петромагнитным исследованиям, 434 образца — определению концентрации CO_2 , 399 образцов —

определению концентрации органического углерода. Масс-спектральный анализ изотопов $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ был проведён по 135 образцам, рентгено-фазовый анализ — по 6 образцам. Образцы пород анализировались в лабораториях геологического факультета МГУ, ГИН РАН, НИИ Геологии СГУ (Саратов) и института земных технологий Брюссельского Университета (Бельгия).

Помимо собственного материала и данных, автор использовал материал и данные, любезно предоставленные Е.Ю.Барабошкиным, Д.П.Найдиным, А.С.Алексеевым, А.Ю.Гужиковым, А.Б.Богачкиным, А.В.Ивановым, Н.А.Бондаренко, Е.А.Щербининой, Н.А.Тур, Е.А.Кеппенсом, Е.В.Поповым, А.В.Маригиным, Т.А.Кузьмичёвой и А.Б.Выдриком.

Апробация. Основные результаты были доложены на: Международных конференциях по фундаментальным наукам «Воробьёвы Горы» и «Ломоносов», Москва (1995, 1996, 1997, 1998, 1999); Всероссийской конференции «Проблемы изучения биосферы», Саратов (1996); XXVIII региональном Европейском коллоквиуме по седиментологии, Гейдельберг, ФРГ (1997); на юбилейной сессии РАЕН, посвящённой 100-летию А.Л.Чижевского, Москва (1997); научных чтениях, посвящённых 90-летию профессора М.В.Муратова, Москва (1998); Международной конференции, посвящённой памяти профессора В.В. Тикшаева, Саратов (1998); конференции «Геологические науки-98», Саратов (1998), Международном коллоквиуме по характеристике карбонатных резервуаров, Лондон, Великобритания (1998); Пятом седиментологическом конгрессе, Аликанте, Испания (1998); Международном симпозиуме Евросоюза по геонаукам (EUG-9, 10), Страсбург, Франция (1998, 1999); IV Международной конференции «Новые идеи в науках о Земле», Москва (1999); XXXIII Тектонического совещания, Москва (2000), на заседаниях рабочих групп в рамках проектов: Mid Cretaceous Sea Level Project — Амстердам (1994); IGSP №362 (Tethyan/Boreal Cretaceous Correlation) — Стара Лесна, Словакия (1997); INTAS (Bio-events at the K/T boundary on the southern margin of the white chalk sea) — Москва (1998); проекта IGSP №381 (South Atlantic Mesozoic Correlations) — Гавана, Куба (1998). Материал, собранный в процессе работы над диссертацией был использован при составлении палеогеографических карт для позднего сеномана, раннего кампана и позднего маастрихта в рамках проекта «Peg-Tethys» на заседаниях рабочих групп в Москве в 1997 и 1998 гг.

Публикации. По теме диссертации опубликована 21 работа (4 научных статьи и 17 тезисов докладов), из них: 12 авторских и 9 публикаций с соавторами.

Структура работы. Работа состоит из «Введения», 6 глав, «Заключения», списка литературы и 24 приложений. Объём диссертации составляет 422 страницы. Иллюстрации включают: 53 фотографии, 41 таблицу и 127 рисунков. Список литературы включает 194 названия (105 на русском и 89 на иностранных языках).

Автор глубоко признателен своему научному руководителю Е.Ю.Барабошкину за многочисленные рекомендации и советы, полученные при работе над диссертацией.

Автор выражает признательность за консультации, помощь в определении ископаемого материала, совместные полевые наблюдения и лабораторные исследования, а также предоставленный фактический материал А.С.Алексееву и Л.Ф.Копавич (МГУ), Е.М.Первушовой (СГУ), А.Ю.Гужикову, А.В.Иванову и А.Б.

Богачкину (НИИ Геологии СГУ), Н.А.Бондаренко (КубГУ), Д.П.Найдину и А.М.Никишину (МГУ), Т.В.Любимовой (КубГУ), Е.В.Попову (СГУ), А.В.Маринину и Т.А.Кузьмичёвой (МГУ), А.Б.Выдрику и Ф.С.Кочкину (МГУ). Автор выражает благодарность Е.Кеппенсу (Брюссельский Университет, Бельгия), А.Донт (Королевский музей естественной истории, г. Брюссель, Бельгия), В.Хэю (Геомар, г. Киль, ФРГ), Г.Вайсерту (Геологический институт, г. Цюрих, Швейцария) за консультации, рецензирование и помощь при лабораторных исследованиях. Проведение полевых работ было бы невозможно без финансовой поддержки РФФИ (грант 98-05-64196).

Содержание работы

Глава 1. Методика изучения ритмичности в карбонатных толщах

Изучение ритмичности проводилось по стандартной методике (Фролов, 1993; Schwarzacher, 1993; Gale, 1998), включавшей полевую и лабораторную стадии. Выбор разрезов был обусловлен их стратиграфической полнотой, хорошей стратиграфической изученностью и доступностью. Для решения поставленных задач был проведён комплекс лабораторных (петрографических, химических, петромагнитных, палеонтологических, палеоэкологических) исследований.

Лабораторные методы включали: петрографические методы (макроскопическое изучение пород, микроскопическое изучение пород в шлифах); химические методы (определение содержания диоксида углерода (CO_2) объёмным методом на аппарате Кноппа-Фрезениуса; определение содержания органического углерода (Сорг.) методом автоматического кулонометрического титрования по величине рН на экспресс-анализаторе АН-7529; масс-спектральный анализ изотопов $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ на масс-спектрометре «Delta Е»); физические методы (рентгено-фазовый анализ на рентгеновском дифрактометре ДРОН-4); палеоэколого-палеонтологические методы (палеоэкологический анализ, тафономический анализ; подсчёт отношения планктонных и бентосных фораминифер, выполненный Т.А.Кузьмичёвой (МГУ)). Петромагнитные методы включали определение *магнитной восприимчивости* (k); *естественной остаточной намагниченности* (Jn); *остаточной намагниченности насыщения* (Jrs); *разрушающего поля остаточной намагниченности насыщения* (H'cs) и *прироста магнитной восприимчивости после нагрева до 500°C в воздушной среде* (dk); *дифференциальный термический магнитный анализ* (ДТМА). Данные исследования производились на приборах JR-4 и ИМБ-2 в палеомагнитной лаборатории НИИ Геологии СГУ. Кроме замеренных параметров анализировались графики расчетных параметров - линейного коэффициента корреляции между Jrs и H'cs и, в особенности, дисперсий Jrs и H'cs. Интерпретация данных петромагнитных исследований производилась совместно с А.Ю.Гужиковым (СГУ).

Проведённый комплекс исследований позволил выделить ритмы в карбонатных породах верхнего мела Русской плиты и её южного обрамления, определить минеральный состав и установить циклическое распределение физических, химических и др. характеристик. Кроме того с их помощью была произведена типизация ритмов, удалось оценить существующие модели условий формирования карбонатных ритмов и ряд из них применить для интерпретации их природы.

Глава 2. Стратиграфия верхнемеловых отложений Русской плиты, ЮЗ Крыма, СЗ Кавказа

Стратиграфии верхнемеловых отложений Русской плиты и описанию ключевых разрезов Ульяновско-Саратовского прогиба и Воронежской антеклизы, рассматриваемых в работе, посвящен ряд фундаментальных работ (Архангельский, 1912; Матесова, 1930, 1935; Милановский, 1940; Камышева-Елпатьевская, 1951, 1967; Дервиз, 1959; Герасимов и др., 1962; Глазунова, 1972; Москвин и др., 1986 и др.). За основу стратиграфического расчленения разрезов была взята региональная стратиграфическая схема расчленения верхнемеловых отложений (Олферьев, Алексеев, Шик, 1995). Верхнемеловые отложения Русской плиты широко распространены и представлены в основном морскими отложениями, в состав которых входят: карбонатные, кремнистые и терригенные разности. В работе дана попачечная нумерация отложений. Исследовались разрезы Воронежской антеклизы (г. Фокино, Бетово и Чернетово в Брянской области; г. Старый Оскол в Белгородской области) и Ульяновско-Саратовского прогиба (гг. Сенгилей, Хвалынский, Вольск, сел. Нижняя Банновка и Шиханского водозабора). Пески, песчаники, алевроиты и глины характерны для сеноманских отложений Воронежской антеклизы и Ульяновско-Саратовского прогиба. Ритмичная толща писчего мела турона-коньяка Ульяновско-Саратовского прогиба и Воронежской антеклизы (г. Старый Оскол) характеризуется широким площадным распространением и хорошо опознается в поле. В Брянской области данная толща характерна для турона, а выше залегают ритмичные кремнисто-карбонатные породы коньякского яруса. Сантонские отложения представлены ритмичной толщей писчего мела и мергелей (г. Старый Оскол), хорошо коррелируемой с ритмичным писчим мелом, мергелями, известняками, опоками и глинами (сел. Нижняя Банновка), которые переходят в ритмичный писчий мел (г. Хвалынский). Кампанские и маастрихтские отложения отсутствуют на Воронежской антеклизе и присутствуют в разрезах Ульяновско-Саратовского прогиба, где представлены: песчаниками, глинами и скрыторитмичным писчим мелом (г. Сенгилей); ритмичным писчим мелом и мергелями (гг. Хвалынский, Вольск); ритмичными глинами, алевроитами, песчаниками и опоками (сел. Нижняя Банновка).

Основные аспекты стратиграфии верхнемеловых отложений ЮЗ Крыма и описание разрезов, рассматриваемых в работе, приведено в ряде работ (Найдин, Маслакова, 1958; Найдин, Ванчуров, Алексеев, 1975; Алиев и др., 1986; Москвин и др., 1986; Кораевич, Walaszyk, 1990; Alekseev, Koraevich, 1997 и др.) Стратиграфическое расчленение разрезов производилось с использованием стратиграфической схемы и попачечного описания верхнемеловых отложений (Алексеев, 1989). Верхнемеловые отложения в Горном Крыму представлены преимущественно карбонатными породами. Изучены ритмичные разрезы сеномана, преимущественно представленные пестрокрашенными мергелями и известняками (г. Сельбухра (разрезы № 1-3), г. Мендер, овр. Аксу-Дере, р. Кача); ритмичные отложения нижнего турона, характеризующиеся развитием известняков (Аксу-Дере). Хорошо опознаются в поле по четкому профилю выветривания и широко распространены ритмичные мергели и глины нижнего кампана (г. Кизил-Чигир); мергели верхнего кампана-маастрихта (г. Беш-Кош) и мергели верхнего маастрихта (с. Малое Садовое).

Взгляды на стратиграфию верхнемеловых отложений СЗ Кавказа и описание основных разрезов, рассматриваемых в работе, изложены в ряде работ (Вялов, 1931; Келлер, 1936, 1947; Маслакова, Афанасьев, 1960; Егоян, 1976; Алиев и др., 1986; Москвин и др., 1986; Смирнов, 1998 и др.). За основу стратиграфического расчленения разрезов была взята стратиграфическая схема верхнего мела и дания СЗ Кавказа (Афанасьев, 1993). Верхнемеловые отложения южного склона СЗ Кавказа представлены карбонатной флишевой формацией: сеноманский мергельный флиш и субфлиш, турон-сантонский карбонатный флиш и субфлиш с переходом к фации плитчатых известняков (гениохская свита), кампанский — типичный флиш, маастрихтский — “темный” мергельный флиш. Изучались туронские, сантонские и маастрихтские отложения СЗ Кавказа в Андреевском (турон и сантон) и Азербиевском разрезах (турон), разрезе окрестностей сел. Бетта и Колхозной Щели (верхний маастрихт).

Мощности верхнемеловых отложений в разрезах Русской плиты составляют десятки, редко-первые сотни метров; в разрезах Юго-Западного Крыма - десятки-первые сотни метров; в разрезах СЗ Кавказа - сотни метров.

В результате определения Е.А.Щербининой, Н.А.Тур и Т.А.Кузьмичевой кокколитофорид и фораминифер из разрезов ЮЗ Крыма и СЗ Кавказа были уточнены стратиграфические границы и получены новые данные. Хорошая стратиграфическая основа для большинства разрезов Русской плиты и ЮЗ Крыма, присутствие в разрезах стратиграфических маркеров сеноман-туронского рубежа - «фосфоритовой плиты» на Русской плите, битуминозных мергелей в ЮЗ Крыму и ананурского горизонта на СЗ Кавказе позволило провести корреляцию верхнемеловых отложений трех регионов, а затем - сопоставить условия их формирования в разных палеогеографических обстановках. На основе привязок изученных разрезов к общим шкалам и по данным, полученным в результате определения микрофауны, удалось сопоставить отдельные интервалы ритмично построенных отложений Русской плиты, ЮЗ Крыма и СЗ Кавказа.

Глава 3. Типизация и строение выделенных типов ритмов верхнемеловых отложений Русской плиты, Юго - Западного Крыма и Северо-Западного Кавказа

Терминология. Существует ряд определений процесса формирования чередующихся слоев (ритмичность, периодичность, цикличность) и результата этого процесса (ритм, ритмит, периодит, цикл, циклит и т.д.). Ритм (rhythmos, греч.) — на взгляд автора, закономерное чередование двух и более слоёв в разрезе, границами между которыми служат естественные поверхности раздела: 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). Эти сокращения целесообразно использовать при двучленном строении ритма. При

чередовании 3 и более типов пород, элементы ритма следует называть по их литологии.

Понято понятие "ритм" существует понятие "цикл" (kyklos, греч.), господствующее в зарубежной литературе и его производная «циклит» (Фролов, 1993). Существуют циклы Бертрана, Миланковича, Уилсона, Фишера - Артура, эксцентриситета, эклиптики, прецессии, растворения, разбавления и биопродуктивности. Таким образом, слово "цикл" несёт разнообразную смысловую нагрузку. 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 реакции (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).

В разное время предлагались термины: "циклотема" (Веллер, 1930), "циклокомплекс" (Карагодин, 1974), "циклолитон" (Хаина, 1975), "цикломинералон" или "цикломинерон" (Смирнов, 1975), "циклома" или "циклосома" (Вассоевич, 1977).

В результате «терминотворчества», пик которого приходится на 70-е годы в отечественную научную литературу рядом авторов было введено огромное количество синонимичных терминов. На данный момент общеупотребимыми терминами являются «ритм», «цикл» и «периодит».

В виду сложности и неоднозначности трактования понятия "циклит", неодинаковой скорости седиментации МКЭР и БКЭР, автор предлагает использовать термины "ритмичность", "ритм". Ритм — это литифицированные, закономерно чередующиеся породы, сформировавшиеся под воздействием седиментационных циклов или диагенеза.

Типизация ритмов. В результате изучения разрезов установлены 13 типов двухэлементных ритмов: «А» (песок-песчаник), «Б» (песчаник-глина), «В» (песчаник-мергель), «Г» (песчаник-известняк), «Д» (глина-мергель), «Е» (песчаный мергель - мергель), «Ж» (мергель-мергель), «З» (мергель-известняк), «И» (известняк-известняк), «К» (глина-известняк), «Л» (глина-мел), «М» (мергель-мел), «Н» (мел-мел). Выделены 3 типа трехэлементных ритмов: «I» (песчаник-аргиллит-алевролит), «II» (песчаник-глина-известняк), «III» (мергель-мергель-мергель). Их краткая характеристика приведена на таб. 1. Ритмичность была установлена в отложениях всех ярусов верхнего мела (таб. 2). Минимальное количество выделенных типов ритмов (I тип) характерно для коньякского яруса. Максимальное число установленных типов ритмов приходится на отложения туронского яруса (13). В сеномане изученных регионов выделено 5 типов ритмов, в сantonе — 3 типа, в кампане — 5 типов, в маастрихте — 11 типов. В верхнемеловых отложениях Кавказа установлено 12 типов ритмов, Крыма — 7 типов, Русской плиты — 6 типов. Трёхэлементные ритмы (I-III) были выделены только в разрезах южного обрамления Русской плиты (Кавказ — 2 типа (I, II); Крым — 1 тип (III)).

В верхнемеловых отложениях Русской плиты были выделены ритмы типов «А», «Ж», «З», «Л», «М», «Н». Для верхнего мела Крыма свойственны ритмы типов «А», «В», «Д»-«И», «III». В верхнем мелу Кавказа установлены ритмы типов «А»-«К», «М», «Н», «I», «II».

Тип ритма	Элемент ритма	Мощность, м	Объем биогенных пород, %	SiO ₂ , %	Сорг., %	к. х 10 ³ ед. СИ	дк. х 10 ³ ед. СИ	Лп. нТ	Лрс. нТ	Н ^{ес} , А/м	δ ¹³ C, ‰	δ ¹⁸ O, ‰	П/Б
А	песок	0,003-0,32	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	песчаник	0,01-2,13	5-15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Б	песчаник	0,015-1,6	15-40	59	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
	глина	0,003-3,6	10-50	45-63	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
В	песчаник	0,005-0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	мергель	0,002-0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Г	известняк	0,001-0,52	-	20-78	<0,05	-	-	-	-	-	-	-	-
	известняк	0,001-0,22	-	72-87	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-
Д	глина	0,001-0,05	0-10	42-75	0,1-9	-	-	-	-	-	-	-	-
	мергель	0,005-1,8	5-50	60-95	0,1-9	-	-	-	-	-	-	-	-
Е	песч. мерг.	0,005-3,7	5-10	50-70	<0,05-0,25	7	-	-	-	-	1,35-1,9	-2,6-1,85	5
	мергель	0,005-3,7	10-20	50-75	<0,05-0,17	8,7	-	-	-	-	1,2-1,5	-3,3-2,4	10-13
Ж	мергель	0,05-1,15	0	45-71	0,05-0,11	1,2-8,7	-	-	-	-	-	-	-
	мергель	0,04-1,15	0-10	55-98	<0,08-0,16	1,2-8,7	-	-	-	-	-	-	-
З	мергель	0,001-2,24	0-40	55-92	<0,05-0,44	-	0,6-5	0	0-37,5	510-925	2,55-2,75	-3-2	3-5
	известняк	0,001-1	0-50	58-95	<0,05-4,5	-	1,5-15	0	7-42	400-800	2,4-3	-3-2,35	3-5,5
И	известняк	0,003-0,5	-	70-94	0,17	-	-	-	400-1000	615-780	-	-	-
	известняк	0,01-4,7	-	75-95	0,06	-	-	-	200	600-720	-	-	-
К	глина	0,001-0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	известняк	0,001-0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Л	глина	0,01-0,025	-	80	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
	мел	2,9-5,1	-	90-95	<0,05-0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
М	мергель	0,02-2,1	0-6	85-98	<0,07-0,31	0	0-2,5	0,02-0,1	0,17-1,33	566-683	-	-	-
	мел	0,1-2,2	5-25	89-100	<0,07-1,1	0-1,25	0	0,01-0,59	0,2-1,86	486-707	-	-	-
Н	мел	0,03-5,5	0-18	68-98	<0,08-0,5	0-2	0	0,01-11,5	5-862	269-668	-	-	-
	мел	0,03-1	5-10	90-100	<0,08-0,26	0-1	0	0,02-0,52	21-217	416-683	-	-	-
I	песчаник	0,5	15-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	аргиллит	0,1	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
II	алевролит	1,9	0-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	песчаник	0,005-0,09	15-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III	глина	0,01-0,05	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	известняк	0,01-0,3	0-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III	мергель	0,05-0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	мергель	0,1-0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	мергель	0,15-0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 1. Характеристика выделенных типов ритмов в верхнемеловых разрезах Русской плиты, ЮЗ Крыма и СЗ Кавказа.

Тип ритмов/ярус	сеноман	турон	коньяк	сантон	кампан	маастрихт
А	Р. плита, СГОК	К., Андр. перевал				Крым, Беш-Кош
Б		Кавказ,				
В		Андреевский				Крым, Беш-Кош
Г		перевал,				
Д	Кр., Аксу-Дере	Азербиевка			Крым, Кизил-Чигир	Крым, Беш-Кош
Е	Кр., Сельбухра					Кр., Беш-Кош; М. Садовое
Ж		К., Андреевский		К., Андреевский	Р. плита, Вольск, Хвалынский; Кр., Беш-Кош.	Кавказ, Бетта
З	Кр., Сельбухра, Мендер, Кача	Кр. Аксу - Дере; К., Андр. перевал		Р. плита, СГОК; К., Азербиевка, Андр. перевал	Русская плита, Н. Банновка	Крым, Беш-Кош
И	Кр., Сельбухра	К., Андр. перевал, Азербиевка		К., Азербиевка		
К		Р. плита, Фокино, СГОК				Р. плита, Вольск
Л						
М		Р. плита, Н. Банновка			Р. плита, Вольск	Р. плита, Вольск
И		Р. плита, СГОК, Н. Банновка		Русская плита, СГОК	Русская плита, Сенгилей (?), Вольск	
І						К., Колхозная Щель
ІІ		К., Азербиевка				
ІІІ						Крым, Беш-Кош

Таблица 2. Хроностратиграфическое распределение выделенных типов ритмов в изученных разрезах. Условные обозначения: К. - Кавказ, Кр - Крым.

Глава 4. Условия формирования ритмичности карбонатных толщ

История изучения ритмичности карбонатных толщ. История изучения происхождения ритмичности карбонатных толщ является частью более чем 200-летней истории исследования геологической цикличности (Фролов, 1995). Проблема происхождения карбонатных ритмов (КР) стала подниматься в 50-60-х годах нашего столетия, но широко распространение она получила в 80-х. В действительности это очень «молодое» научное направление.

В 1939 году вышла в свет работа М.Миланковича «Математическая климатология и астрономическая теория колебаний климата». В ней предлагалась теория связи периодических вариаций положения, площади и объёма полярных ледниковых покровов через изменение климата с возмущениями эксцентриситета земной орбиты и наклона эклиптики планеты. Н.Б.Вассоевич проводит исследование флишевых толщ и разрабатывает методику их изучения (1948). Изучено строение и природа ритмичности в каменноугольных отложениях Великобритании, Ирландии и США (Schwarzacher, 1958, 1967, 1968).

Теория Миланковича оставалась недоказанной до 1976 года, когда Д. Хейс с соавторами установил циклические флуктуации $\delta^{18}\text{O}$ и других параметров в двух кернах скважин глубоководного бурения в Индийском океане, охватывающих последние 500000 лет, с частотой в 19000, 23000, 41000 и 100000 лет (Hays et al., 1976).

Важной вехой в истории изучения КР, явилась работа 1982 года под редакцией Г. Эйзеле и А. Зейлахером «Циклическая и событийная седиментация». В этом сборнике статей были сформулированы, обобщены, и главное, систематизированы взгляды на механизмы и модели формирования КР. Было дано определение периодитам и рассмотрены другие генетические типы отложений (например, турбидиты и темпеститы). Установлена эволюция продолжительности циклов прецессии и наклона эклиптики в фанерозое (Berger, 1989), связанная с изменением со временем траектории движения Земли, скорости её вращения и инерции космических тел.

Общие аспекты цикличности, проблемы продолжительности ритмов, ритмичные отложения Кавказа освещались в работах С.Л.Афанасьева (Афанасьев, 1980). Ритмичности верхнемеловых карбонатных толщ Крыма и Мангышлака, их строению и природе была посвящена серия публикаций ряда авторов (Джайнакришнан, Плюснина, Копаевич, 1985; Найдин, Копаевич, 1988; Найдин, 1989).

Впервые в 1994 году Х.Майер (Maier, 1994) применяет геофизические (палеомагнитные и петромагнитные) методы изучения КР. Особое место в 90-х гг. отводится работам А.Гэйла (Gale, 1995; 1996), посвященным цикло- или ритмостратиграфии сеноман — туронских отложений Англо-Парижского бассейна. Этой послышной корреляцией была подтверждена глобальность и планетарный характер периодитов.

Апогеем исследований В.Шварцахера явился выход в свет его монографии «Cyclostratigraphy and the Milancovitch Theory» (Schwarzacher, 1993). В этой книге подробно описывается методика изучения ритмичных карбонатных толщ карбона, триаса, юры и мела, а также ритмичных эвапоритов палеозоя и других отложений.

Приводятся результаты статистической компьютерной обработки данных по периодитам с целью выяснения их связи с циклами Миланковича. Предлагается ряд моделей и механизмов, объясняющих природу периодитов.

В России особенно в 80 - 90-х гг. велись исследования карбонатных ритмов. Основные работы связаны с именами Д.П.Найдина, В.Т.Фролова и С.Л.Афанасьева. На данный момент ритмичные карбонатные разрезы верхнего мела Европы, Северной Америки, а также керн, полученный в рамках проекта глубоководного бурения изучены детально. В то время, как огромное количество верхнемеловых ритмичных разрезов либо не изучено вообще, либо описано на уровне пачек (большая часть верхнемеловых разрезов Русской плиты), что не даёт возможности судить о природе их ритмичности.

Условия формирования карбонатных ритмов. Ключевыми факторами, влияющими на карбонатообразование и дифференциацию карбонатных фаций являются: конфигурация бассейна и гидродинамическая энергия. К важным факторам карбонатообразования относятся: 1) глубина бассейна, определяющая гидродинамическую энергию и развитие фаций карбонатов; 2) свет, ограничивающий биологическую продуктивность пределами своего проникновения. Гидродинамические факторы включают в себя не только процессы переноса, отложения и вымывания карбонатных осадков. Восходящие морские течения и активное движение воды катализируют биологическую продуктивность карбонатов *in situ* на шельфовых окраинах. Большой объём карбонатных пород составляют осадки мелководий и приливно-отливных зон (Уилсон, 1980).

Изученные автором разрезы верхнемеловых отложений Русской плиты, СЗ Кавказа и ЮЗ Крыма, а также большинство ритмичных верхнемеловых разрезов Евразии, Северной Америки, Африки и Австралии представлены преимущественно планктоногенными карбонатами. Планктоногенные карбонаты меловой системы (песчаный мел, мергели и известняки) преимущественно состоят из фрагментов скелетов кокколитофорид, фораминифер и цист водорослей (кальциферы). Накопление карбонатных ритмичных осадков происходит выше критической глубины карбоната накопления и обычно характеризуется скоростью седиментации в 0.5-1 см за 1000 лет для бескислородных обстановок, когда нет ихтиофауны, "разрушающей" ритмичность в осадке или 2-3 см в 1000 лет при нормальном кислородном режиме (Эйнзеле, Зейлахер, 1985).

Механизмы формирования ритмичности. Карбонатные ритмы можно подразделить на изначально диагенетические, первичные и первичные с наложенным диагенезом (примерно половина известных ритмов). Ритмы формируются механизмами (Эйнзеле, Зейлахер, 1985), к которым следует отнести **циклы биопродуктивности (ЦБ), разбавления (ЦР) и растворения (ЦРС).**

Циклы биопродуктивности, или циклы Зейболда (Эйнзеле, Зейлахер, 1985) — периодическое изменение количества продуцируемого биогенного карбоната кальция (периодическое изменение, всплески популяции кальцисферулид). В 1952 г. Г. Зейболд объяснил этим ритмичность известняк-мергель оксфордских отложений Тюбингена, ФРГ. Сейчас этот механизм привлекается для объяснения природы ритмов аналогичных по составу апт — сеноманских отложений Умбрийских Апеннин (Schwarzacher, 1993).

Циклы разбавления, или циклы Пратта (Эйнзеле, Зейлахер, 1985) — циклическое "разбавление" карбонатных илов материалом, сносимым реками с континента постоянной продукцией карбоната (периодическое изменение количества и состава терригенной примеси). В 1984 г. Л.Пратт предложил это в качестве объяснения ритмичной известняк-мергельной толщи отложений сеномана формации Brigde Creek Limestone Внутреннего Бассейна США. Этими же циклами трактуют природу ритмов верхнемеловых отложений Умбрийских Апеннин (Schwarzacher, 1993). Природа карбонатного флиша связана с циклами разбавления, которые реализуются в виде периодического сноса кластического карбонатного материала из мелководных участков бассейна в более глубоководные.

Циклы растворения, или циклы Дина (Эйнзеле, Зейлахер, 1985) — периодическое растворение осаждающегося карбоната кальция. Этот механизм привлекался для интерпретации природы верхнемеловых карбонатных ритмов Умбрийских Апеннин (Schwarzacher, 1993).

Механизмы формирования изначально диагенетических ритмов по Г.Эйнзеле (1985) — это 1) **ритмическая дифференциация осадка**, 2) **наложение раннедиагенетических процессов**; 3) **растворение под давлением, стилолитизация.**

Первый механизм (Суйковский, 1982) был предложен для объяснения ритмичности геттангских известняк-мергельных отложений графства Кент, в Великобритании и такого же типа ритмов в оксфордских отложениях Польши. Суть механизма — гомогенная толща осадков трансформируется в гетерогенную (Эйнзеле, Зейлахер, 1985).

Второй механизм (Эйнзеле, 1985). Данный механизм рассматривается для модели осадочной колонки с изначально однородным отношением карбонат/глина при условии, что природа и/или структура валового осадка в ней неоднородны. Допускается, что: 1) гравитационное уплотнение привело к уменьшению объёма первичных пор на 50% прежде, чем начался диагенез; 2) дальнейшего гравитационного уплотнения осадка не происходило, т.е. дальнейшее уменьшение пористости обусловлено только растворением карбоната и его перетолжением в порах; 3) карбонат растворялся только в тех местах, где осадок в последствие преобразовывался в пласты мергеля, и повторно осаждался на тех структурно различающихся участках осадка, которые в последствие преобразовались в пласты известняка.

Механизм, включавший: растворение карбоната в одном месте, миграцию и осаждение в другом месте, — привлекался для объяснения формирования девонских и нижнекаменноугольных ритмов известняк-глинистый сланец, Рейские Сланцевые Горы, ФРГ. Ритмичность верхнемеловых отложений Умбрии и Внутреннего Бассейна США трактуется аналогичным образом (Эдер, 1985).

Третий механизм. Растворение под давлением и образование стилолитов может начинаться уже в течение ранней стадии захоронения и продолжаться до тех пор, пока поровое пространство окружающего осадка не заполнится перекристаллизованным карбонатом. Для того, чтобы происходила миграция карбоната диффузионным путём, поры должны быть заполнены водой. В результате растворения под давлением первичные осадочные текстуры обычно разрушаются и с трудом распознаются. Присутствие стилолитов подтверждают гипотезу о том, что

значительная часть материала для цемента известняков заимствуется из сопутствующих слоёв мергеля. В течение главной стадии стилолитобразования не только известняковые слои, но и сами мергели становятся прочными и их каркас стабилизируется. Поэтому стилолитизация — последняя стадия проявления диагенетических процессов в осадке (Эйнзеле, 1985). Среди изученных разрезов, данное явление характерно для верхнемеловых ритмичных карбонатных толщ СЗ Кавказа.

Первичные ритмы с наложенным диагенезом — сочетание, наложение механизмов образования первичных и изначально диагенетических ритмов. Данный тип ритмов сравнительно слабо изучен. Обычно для интерпретации природы таких ритмов сначала определяют виды и степень диагенетических изменений с пересчётом концентраций веществ на додиагенетический момент (Ricken, 1994).

Глава 5. Модели условий формирования карбонатных ритмичных толщ

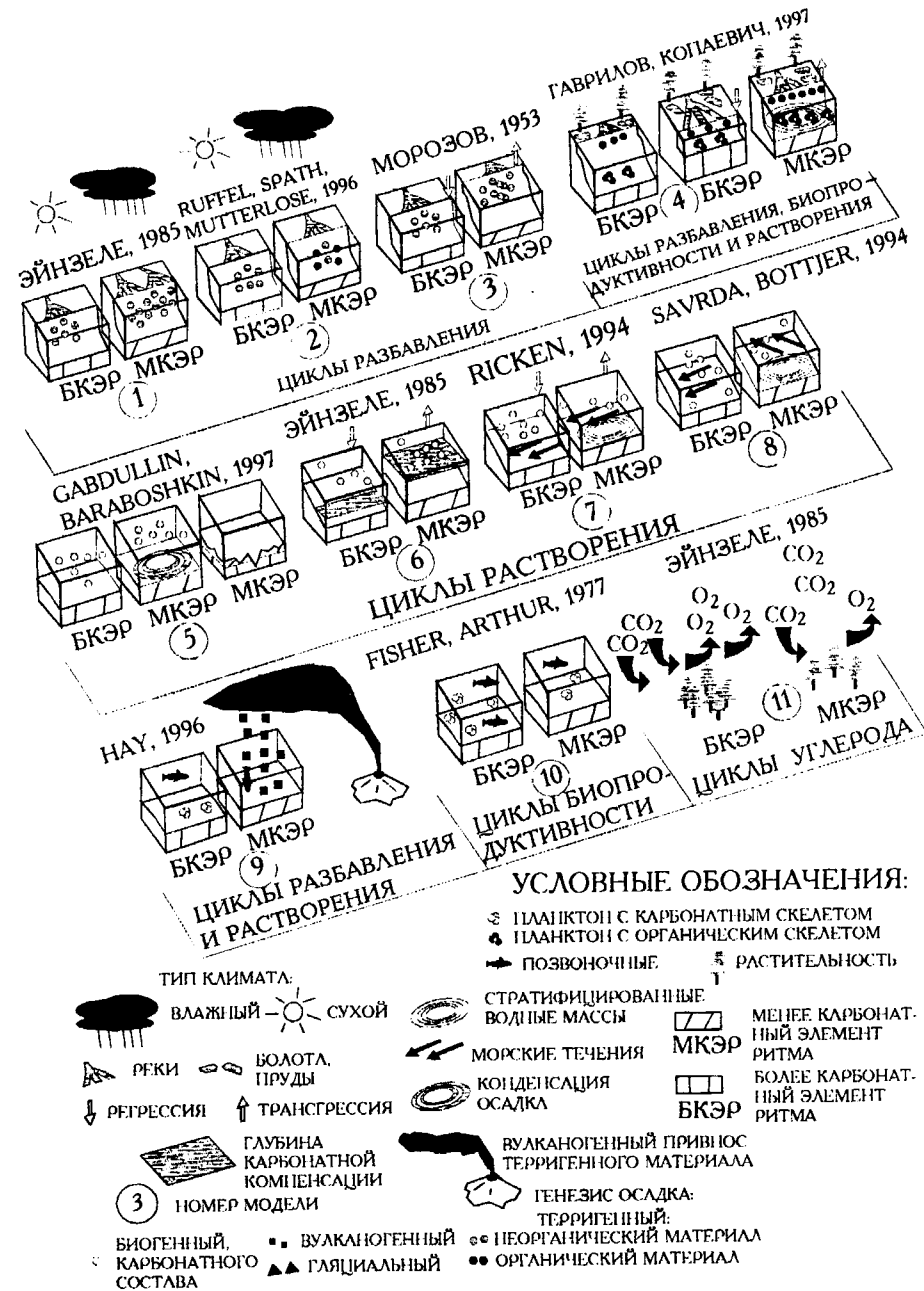
На данный момент существует ряд моделей, объясняющих возникновение ритмов (фиг. 1). Эти модели были предложены как для карбонатных, так и терригенных периодитов. Модели, связанные с поступлением вулканического материала в седиментационную систему (9А, 9Б), рассматриваются в данной работе по причине присутствия в изучаемых разрезах бентонитовых прослоев или близких к ним по минеральному составу глин в составе выделенных типов ритмов (Кизил - Читир, СГОК).

Модель 1 (Эйнзеле, Зейлахер, 1985). Циклы разбавления. Циклические изменения климата (влажный / сухой) приводят к циклическим флуктуациям в объёме кластического материала (соответственно больше/меньше), поступающего в бассейн седиментации. В условиях сухого климата формируется более карбонатный элемент ритма, а в условиях влажного - менее карбонатный элемент.

Модель 2 (Ruffel, Spaeth, Mutterlose, 1996). Циклы разбавления. Циклическое изменение климата (влажный / сухой) приводит к циклическому изменению в характере выветривания (физическое / химическое) при постоянном речном стоке, следовательно имеет место циклический привнос различных компонент: обильных органикой соединений во влажный сезон (МКЭР), бикарбонатов в сухой сезон (БКЭР).

Модель 3 (Морозов, 1952). Циклы разбавления. Трансгрессия (интрессия) в условиях тектоноэвстазии приводит к поступлению большого объёма терригенного материала в бассейн седиментации с формированием МКЭР. Регрессия, уменьшение объёма терригенного материала - время формирования БКЭР.

Модель 4 (Гаврилов, Копаевич, 1996). Циклы разбавления и биопродуктивности. Флуктуации климата вызывают эвстатические колебания уровня океана. Данная модель характеризуется тремя фазами. Первая фаза (до регрессии) отвечает высокому уровню стояния моря. Вторая фаза связана с регрессией. Во время высокого стояния моря прибрежные районы превращаются в заболоченную местность. Происходит накопление органических соединений. Третья фаза. При трансгрессии происходит смыв этих отложений. Часть тут же захороняется, а часть возвращается в биологический цикл, приводя к резкому всплеску биопродуктивности. Это приводит к аноксии, накоплению и захоронению органики, формированию чёрных сланцев.



Фиг. 1. Модели условий формирования ритмичных карбонатных толщ

Модель 5 (Gabdullin, Varaboshkin, 1997). **Циклы растворения.** Характерен для ритмичных толщ, содержащих глинистые прослои и закономерно повторяющиеся в разрезе поверхности типа «твердое дно», разделяющие пласти мергеля (известняка) и глины. Модель включает три стадии. Пласт мергеля соответствует процессу **седиментации**, слой глины - процессу **конденсации** (растворение накопившегося пласта мергеля), а поверхность типа «твердое дно» отвечает режиму **накопления** и **подводного выветривания**.

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

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

Модель 8 (Savrdra, Bottjer, 1994). **Циклы растворения.** 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. Происходит периодическая смена кислородного режима. В аэробных условиях формируется БКЭР, в анаэробных - МКЭР.

Модель 9 (Hay, 1996). **Циклы разбавления и растворения.** В зависимости от силы извержения, объёма 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 объёма 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 последующим 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 (**модель № 9 А**). Возможен и механизм **циклической** вулканической деятельности (**модель № 9 Б**) с простым изменением объёма материала, поступающего в седиментационную систему (простое количественное разбавление).

Модель 10 (Fisher, Arthur, 1977). **Циклы биопродуктивности.** В геологической летописи наблюдается циклическое чередование политаксонных (при относительном потеплении) и олиготаксонных (в случае относительного похолодания) интервалов. Примеров ритмов нет.

Модель 11 (Эйнзеле, Зейлахер, 1985). **Циклы растворения.** Глобальные циклы углерода, изменение соотношения кислород/углекислый газ в атмо - и

гидросфере, связанное с изменением площади растительного покрова и его поглощательной способности: больше лесов - больше поглощается углекислого газа и выделяется кислорода, формируется БКЭР, наоборот, при уменьшении площади лесов высвобождается большой объём углекислого газа, и формируется МКЭР. Примеров ритмичных толщ нет.

Вышеописанные модели обычно привлекаются для интерпретации периодитов, формирующихся в нефлишевых бассейнах. Было изучено сравнительно малое число флишевых разрезов, поэтому для интерпретации типичных флишевых разрезов СЗ Кавказа использовалась обобщенная «турбидитная модель» (**модель №12**; Афанасьев, 1993). К этому можно добавить темпеститовую модель (**модель № 13**), которая рассматривается в литературе (Эйнзеле, Зейлахер, 1985), но не предлагается для изученных разрезов.

Глава 6. Условия формирования выделенных типов ритмов из верхне-меловых отложений Русской плиты, ЮЗ Крыма и СЗ Кавказа.

В результате сравнения данных комплексного изучения ритмичных разрезов Русской плиты, ЮЗ Крыма и СЗ Кавказа с данными по ритмичным разрезам Евразии, Северной Америки, Африки и Австралии, предлагается следующая интерпретация происхождения ритмов.

Сеноман. Формирование прибрежных мелководных ритмичных терригенных осадков (тип «А») на Русской плите связано с ЦР и моделью № 1. В ЮЗ Крыму формирование ритмов типа «Е» (cm_1) связано с ЦР и моделью №1, типа «З» (cm_2 *costatus*; cm_3) трактуется как результат ЦР в мелководно-прибрежной обстановке (модель № 1). Формирование ритмов «З» (cm_2 *cushmani*) связано с ЦР и ЦРС, моделями №1 и 8 соответственно. Происхождение ритмов типа «И» (cm_3) может быть объяснено с привлечением ЦР (модель №1) и ЦБ (модель №11). Природа ритмов в разрезе Аксу-Дере связана (Гаврилов, Копасевич, 1997) с ЦР, ЦРС и ЦБ (модель №4).

Турон. Формирование ритмов типов «К», «М», «Н» на Русской плите связано с ЦБ (модель № 1) и ЦРС (модель №5). Происхождение ритмов типа «З» в ЮЗ Крыму может быть связано с ЦБ (модель №11). Формирование ритмов типов «А», «В», «Ж» без градиционной слоистости (an_3) на СЗ Кавказе скорее всего связано с ЦР и ЦРС (модели №1 и 9). Происхождение ритмов типов «Б», «В», «Г», «Д», «З», «Ж», «З», «И», «К», «Л» (nt_1) на СЗ Кавказе трактуется как результат ЦР и ЦРС, модели №1 и 5 соответственно. Обилие эрозионных поверхностей в исследуемых разрезах свидетельствует в пользу приостановления седиментации (терригенной и/или карбонатной), что объясняется ЦР (для терригенной компоненты) и ЦРС (для карбонатной компоненты).

Коньяк. Природа ритмов типа «К» на Русской плите связана с ЦБ (модель №11). Формирование ритмичности ритмов типов «З» и «И» с обилием эрозионных поверхностей (20) и 15 поверхностей типа «хард-граунд» на СЗ Кавказе (gn_1) может быть объяснено ЦР и ЦРС (модели №1 и 5).

Сантон. Формирование ритмов типов «К» и «З» на Русской плите связано с ЦБ и ЦРС, моделями №11 и 8 соответственно.

Кампан. Формирование ритмов в ЮЗ Крыму типов «Д» и «К» (cp_1) связано с ЦР и ЦРС, моделями №1 и 9, а ритмы типа «Ж» (cp_2) могли формироваться под

воздействием ЦР (модель №1). Формирование ритмов типа «М» и «Ж», «И» на Русской плите связано с ЦБ (модель №11). Визуально аритмичная толща писчего мела в разрезе карьера Сенгилейского цемзавода ($ср_2-m_1$) характеризуется ритмичным распределением петромагнитных параметров, карбоната кальция и органического углерода. Природа этой крипто ритмичной толщи писчего мела может быть объяснена с привлечением модели №1 (ЦР), вероятно обусловленной климатическими вариациями.

Маастрихт. Природа ритмов типа "И" и "М" в разрезе Вольска связана с ЦБ (модель №11). Происхождение ритмов типов "А", "В", "Д", "Е" и "III" в разрезе г. Беш-Кош трактуется как результат ЦР (модель №3). Ритмы типа «Ж» в разрезе у сел. Малое Садовое формировались в результате ЦР (модель №1). На СЗ Кавказе формирование ритмов типа "I" (sr_1) связано с ЦР и турбидитой моделью. Происхождение ритмов типа «А», «Е», «Ж» (sr_2) связано с ЦР и моделью № 1.

Заключение

Типы ритмов, установленные в рассматриваемых в работе разрезах были сгруппированы по трем областям седиментации: прибрежной, гемипелагической и пелагической. Кроме разрезов, изученных автором, анализировались данные по 28 разрезам эпиплатформенных бассейнов Европы, Северной Америки и Австралии; геосинклинальных бассейнов Западной Европы, Африки и Азии. **Русская плита.** Установлен 1 тип ритмов, формировавшийся в прибрежной обстановке (тип "А") и 5 типов ("Ж", "З", "Л", "М", "Н"), отвечающих гемипелагической обстановке седиментации. **ЮЗ Крым.** Выделены типы ритмов, которые свойственны для прибрежной обстановки (типы "А", "В", "Г", "Ж") и для гемипелагической обстановки: типы "З", "И", "III". Типы "Д" и "Е" характерны для прибрежной и гемипелагической обстановок. Всего в верхнемеловых разрезах данного региона установлено 9 типов ритмов. **СЗ Кавказ.** В разрезах Северо-Западного Кавказа были выделены 13 типов ритмов (типы "А", "Б", "В", "Г", "Д", "Ж", "З", "И", "К", "Л", "П"), причем все они характеризуют пелагическую обстановку седиментации.

Во всех регионах установлен тип известняк-мергель, тип мел-мергель характерен только для Русской плиты, а также эпиплатформенных бассейнов Европы, Северной Америки и Австралии. Только для эпиплатформенных бассейнов Европы характерно присутствие типов ритмов во всех батиметрических зонах. Ритмы не установлены: в прибрежных областях эпиплатформенных бассейнов Северной Америки и Австралии, геосинклинальных бассейнов Западной Европы, Африки и Азии, в пелагической области Русской плиты и Юго-Западного Крыма, в прибрежной и пелагической областях Северо-Западного Кавказа. Максимальное разнообразие типов ритмов свойственно прибрежной и пелагической областям, а минимальное – гемипелагической. Максимальное число разрезов (34) отвечает гемипелагической обстановке. В пелагической области происходило формирование 33-х разрезов, а в прибрежной – 16-ти разрезов. Преобладают типы "З" (22 разреза) и "М" (19 разрезов), которые установлены во всех батиметрических зонах, причем в прибрежной области тип "М" доминирует над типом "З", а в гемипелагической и пелагической областях, наоборот, тип "З" доминирует над типом "М". Их суммарная доля от общего числа

типов ритмов в батиметрических зонах составляет: 45% в прибрежной области, 60% в гемипелагической и 40% в пелагической областях. Трехэлементные типы ритмов свойственны для пяти разрезов, причем данные типы ритмов не установлены в прибрежной области. Типы "I" и "II" характерны для пелагической обстановки, а тип "III" для гемипелагической.

Таким образом, представляется возможным выделение батиметрических групп типов ритмов. **Прибрежно-гемипелагическая группа** представлена одним типом ритмов - мел-мел. **Гемипелагическая группа** - типы ритмов: мел-глина, мергель-мергель-мергель. **Гемипелагическо-пелагическая группа** - типы: известняк-известняк, глина-известняк. **Пелагическая группа** - типы: песчаник-аргиллит-алевролит и песчаник-глина-известняк. **Группа прибрежных и пелагических типов ритмов** представлена типами: песок-песчаник, песчаник-мергель, песчаник-известняк. **Группа космополитных типов ритмов** - типы: глина-мергель, песчаный мергель-мергель, мергель-мергель, известняк-мергель, мел-мел.

Сопоставляя данные по батиметрической зональности разрезов и распределению в них предлагаемых механизмов формирования ритмов можно произвести анализ батиметрического распределения механизмов формирования ритмов в верхнемеловых разрезах. **Русская плита.** Для интерпретации природы ритмов прибрежных разрезов в равной степени задействованы ЦР и ЦБ, гемипелагических - ЦР, ЦРС и ЦБ. В гемипелагической обстановке ЦБ доминируют над ЦР, которые в свою очередь преобладают над ЦРС. **ЮЗ Крым.** В прибрежных условиях установлены только ЦР, в гемипелагических условиях - ЦР и ЦБ, причем ЦР преобладают над ЦБ. В пелагической обстановке установлены только ЦБ. **СЗ Кавказ.** Для интерпретации природы ритмов пелагических разрезов привлечены ЦР и ЦРС.

Суммируя данные по всем разрезам (Евразии, Северной Америки, Африки и Австралии), получим: ЦР и ЦБ установлены в разрезах, относящихся ко всем батиметрическим зонам, причем максимум приходится на гемипелагическую обстановку седиментации. Установлена тенденция к уменьшению доли ЦР от всех механизмов с возрастанием глубины бассейна: 55 % в прибрежной обстановке, 40 % в пелагической и гемипелагической. Значимая доля (40 %) в пелагической обстановке связана с турбидитами. ЦРС не привлекаются для интерпретации ритмов в мелководных разрезах, формировавшихся в прибрежных обстановках. Они установлены в гемипелагической и пелагической обстановках, причем намечается тенденция к уменьшению доли ЦРС с возрастанием глубины бассейна. Доля ЦРС от общего числа механизмов составляет около 20 %. Доля ЦБ от всех механизмов составляет около 45 % для прибрежной и гемипелагической обстановки и 50 % для пелагической обстановки. Прослеживается тенденция к увеличению доли ЦБ с возрастанием глубины бассейна.

Анализируя батиметрическую зональность разрезов и распределению в них предлагаемых моделей формирования ритмов можно произвести анализ батиметрического распределения моделей формирования ритмов в верхнемеловых разрезах. **Русская плита.** Для интерпретации природы ритмов привлечены модели №1, 5, 8, 11. Модель №1 охватывает прибрежную и гемипелагическую обстановку, модели №5 и 8 характеризуют гемипелагическую обстановку. Модель №11 действует во всех батиметрических зонах, причем отмечена тенденция к возрастанию частоты

использования данной модели с увеличением глубины бассейна. **ЮЗ Крым.** Для объяснения условий формирования ритмов задействованы модели №1, 3, 4, 8, 9, 11. Модели №1 и 3 характеризует прибрежную и гемипелагическую обстановку, модели №8, 9 и 11 охватывают гемипелагическую обстановку. Модель №4 действует в пелагических условиях. **СЗ Кавказ.** Происхождение ритмов связано с моделями №1, 5, 9, 12, действующими в пелагических условиях.

Батиметрическое распределение моделей формирования ритмов в рассматриваемых в работе разрезах позволяет выделить три типа регионов. **Первый тип** (Русская плита, ЮЗ Крым, эпиплатформенные бассейны Западной Европы) характеризуется распространением предлагаемых моделей во всех батиметрических обстановках (прибрежной, гемипелагической и пелагической). **Второму типу** (эпиплатформенные бассейны Северной Америки и Австралии, геосинклинальные бассейны Западной Европы, Азии и Африки) свойственно присутствие моделей только в двух батиметрических зонах (гемипелагической и пелагической). **Третий тип** (СЗ Кавказ) характеризуется присутствием моделей только в одной батиметрической зоне (пелагической).

Суммарное батиметрическое распределение моделей формирования ритмов приведена демонстрирует, что во всех батиметрических зонах установлены модели №1 и 11. В прибрежной и гемипелагической обстановке действует модель №3. В гемипелагической и пелагической обстановках установлены модели №5, 7, 8, 9, 12. Частота использования моделей №5, 7, 9 увеличивается с возрастанием глубины бассейна, а модели №8, наоборот, уменьшается. В гемипелагической обстановке действует модель №13, а в пелагической - модель №4. Суммируя вышеизложенное, можно выделить: группу **прибрежно-гемипелагических** моделей - модели №3 и 12; группу **гемипелагическо-пелагических** моделей - модели № 4, 5, 7, 8, 9, 12, 13; группу **космополитных** моделей - модели №1 и 11.

Батиметрическое распределение типов ритмов, предлагаемых механизмов и моделей их формирования. В **прибрежной обстановке** установлено: 9 типов ритмов (типы «А», «В», «Г», «Д», «Е», «Ж», «З», «М», «Н»); два механизма (ЦР и ЦБ) и три модели (модели №1, 3 и 11) их формирования. В **гемипелагической обстановке** выявлено: 10 типов ритмов (типы «Д», «Е», «Ж», «З», «И», «К», «Л», «М», «Н», «П»); три механизма (ЦР, ЦРС и ЦБ) и 9 моделей (модели №1, 3, 5, 7, 8, 9, 11, 12 и 13). В **пелагической обстановке** присутствуют: 13 типов ритмов (типы «А», «Б», «В», «Г», «Д», «Е», «Ж», «З», «И», «К», «М», «Л», «П»); три механизма (ЦР, ЦРС и ЦБ) и 8 моделей (модели №1, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12).

Сопоставляя данные по полноте разрезов и распределению в них типов ритмов, возможно проанализировать распределение типов ритмов во времени. Максимальное число типов ритмов выделено в туроне (14 типов), минимальное - в сантоне и коньяке (3 типа). В маастрихте установлено 10 типов ритмов, в сеномане - 8 типов, в кампане - 5. Туронский и маастрихтский максимумы хорошо коррелируются с наибольшими регрессивными пиками на эвстатической кривой (Hardenbol et al., 1998). Коньяк-сантонский минимум в целом отвечает регрессивному изгибу кривой. «Промежуточные» показатели для других веков позднего мела периодам соответствуют чередования трансгрессивных и регрессивных фаз. Наиболее широким временным диапазоном распространения обладают три типа ритмов. Тип

«З» распространен в отложениях всех ярусов верхнего мела, типы «М» и «Д» отсутствуют только в коньяк-сантонском интервале, что коррелируется с регрессивным интервалом кривой эвстатических флуктуаций. Прочие типы ритмов встречаются значительно реже.

Анализируя распределение предлагаемых механизмов образования ритмов в координатах времени возможно получить хроностратиграфическое распределение механизмов формирования ритмов. **Русская плита.** Выделены три механизма формирования ритмов. В сеномане установлены только ЦР, в туроне-коньяке - ЦБ. В сантоне ЦБ преобладают над ЦРС. В кампане ЦР и ЦБ привлечены в равной степени. В маастрихте ЦБ доминируют над ЦР. **Юго-Западный Крым.** Задействованы три механизма. В сеномане ЦР преобладают над ЦРС, которые, в свою очередь, доминируют над ЦБ. В туроне привлечены только ЦБ. В кампане ЦР преобладают над ЦРС. В маастрихте выявлены только ЦР. **Северо-Западный Кавказ.** Для интерпретации происхождения ритмов в разрезах маастрихта привлечены только ЦР. Природа ритмичности турона и сантона связана с совместным действием циклов разбавления и растворения.

Таким образом, в разрезах Северо-Западного Кавказа установлены два механизма формирования ритмов (ЦР и ЦРС), в разрезах эпиплатформенных бассейнов Западной Европы выявлены два механизма (ЦР и ЦБ). Во всех остальных разрезах прочих регионов (эпиплатформенные бассейны Северной Америки, Австралии; геосинклинальные бассейны Западной Европы, Азии и Африки) выделены все три механизма (ЦР, ЦРС и ЦБ).

Все три механизма (ЦР, ЦРС и ЦБ) характеризуют сеноман-турон и сантон-кампан. В маастрихте установлены циклы разбавления и биопродуктивности, а в коньяке - растворения и биопродуктивности.

Доля ЦР от общего числа механизмов составляет от 0 до 75 %. Максимум (75 %) установлен в маастрихте, минимум (0 %) - в коньяке. В коньяке доля ЦР равна 33 %, в сеномане и кампане - 30 %, в туроне - 20 %. Маастрихтский максимум хорошо коррелируется с регрессивным пиком максимальной амплитуды на эвстатической кривой.

Доля ЦРС от общего числа механизмов варьирует от 0 до 50 %. Максимум (50 %) характерен для коньяка, а минимум (0 %) - для маастрихта. Отмечена тенденция к плавным вариациям доли ЦРС (увеличение доли на протяжении сеномана (20 %) и турона (25 %) с максимумом в коньяке (50 %), далее - сокращение доли (сантон - 15 %, кампан - 10 %), вплоть до минимума в маастрихте - 0 %). Маастрихтский минимум хорошо сопоставляется с регрессивным пиком максимальной амплитуды на эвстатической кривой.

Доля ЦБ изменяется от 25 до 60 %. Максимум (60 %) характерен для кампана, а минимум (25 %) - для маастрихта. В туроне доля ЦБ составляет 55 %, в сантоне и коньяке - 50 %, в сеномане - 45 %. Кампанский максимум хорошо коррелируется с, в целом, трансгрессивным трендом эвстатической кривой. С ростом частоты и/или амплитуды регрессивных фаз на эвстатической кривой сокращается доля ЦБ.

Рассматривая предлагаемые модели формирования ритмичных толщ в координатах времени, получим хроностратиграфическое распределение моделей.

Русская плита. Установлены два типа моделей формирования ритмов в туроне и сантон-маастрихтском интервале. В сеномане и коньяке выявлено по одной

модели. Юго-Западный Крым. Задействованы 4 модели в сеномане, две модели - в кампане и маастрихте, одна модель - в туроне. Северо-Западный Кавказ. Привлечены три модели для турона, две - для сантона и маастрихта.

Максимальное число типов моделей выделено в сеномане (7 типов), минимальное - в коньяке (2 типа). 6 типов моделей выявлено в разрезах турона, 5 - в разрезах маастрихта, 4 - в разрезах сантона и 3 типа - в разрезах кампана. Модель - следующий после механизма формирования шаг интерпретации. Неудивительно, что установление закономерностей их хроностратиграфического распределения и связи с эвстатической кривой значительно сложнее. Сеноман-туронский максимум можно связать с трансгрессивно-регрессивными циклами сеномана и турона на эвстатической кривой.

Количество моделей, предложенных для интерпретации природы ритмов разрезов, изученных автором и разрезов Евразии, Северной Америки, Африки и Австралии распределяется следующим образом. Максимальное количество моделей подобрано для разрезов сеномана (44 модели), минимальное - для разрезов коньяка (2 модели). 25 моделей задействовано для объяснения происхождения ритмичных разрезов турона, 14 - маастрихта, 9 - кампана, 6 - сантона.

Проанализировано распределение механизмов формирования ритмов по типам ритмов. Установлено, что основным ритмообразующим механизмом являются циклы разбавления (16 типов ритмов), доминирующие над ЦР (13 типов ритмов), которые в свою очередь преобладают над ЦБ (6 типов ритмов).

Установлено распределение типов ритмов по механизмам формирования ритмов. Можно классифицировать типы ритмов на три класса: 1) типы ритмов, формируемые одним механизмом - ЦР (типы «I», «II», «III»). Данный класс объединяет только трехэлементные ритмы; 2) типы ритмов, формируемые двумя механизмами: тип ритмов, формируемый ЦБ и ЦР (типы «Л») и типы ритмов, формируемые ЦРС и ЦР (типы «А», «Б», «В», «Г», «Д», «Е», «К»); 3) типы ритмов, формируемые тремя механизмами (типы «Ж», «З», «И», «М», «Н»). В пелагических карбонатных толщах (ритмы мел-мергель и мел-мел) основным ритмоформирующим механизмом являются ЦБ.

Проанализировано распределение типов ритмов по моделям условий формирования. Можно выделить: типы ритмов, которым соответствуют одна модель (типы «II» и «III»); типы ритмов, происхождение которых может быть связано с двумя моделями (типы «Г», «И», «К», «Л»); тремя моделями - типы «Б», «Е», «Л», «М»; четырьмя моделями - типы «А», «В», «Н»; пятью моделями - тип «Д»; шестью моделями - тип «З».

Наибольшее число предлагаемых моделей отвечает самому распространенному типу ритмов (известняк-мергель), что может быть связано с большим числом разрезов, многократно изученных разными исследователями (субъективным фактором).

Выявлено распределение моделей условий формирования ритмов по типам ритмов. Установлены: монотипичные модели (модели № 4, 8, 13); битипичные модели (модели № 7 и 12); политипичные модели (модели № 1, 3, 5, 9 и 11). Доминирует модель № 1, отвечающая ЦР. На втором месте по частоте использования находится модель № 5, отвечающая ЦРС, на третьем - модель № 11 (ЦБ).

В большинстве случаев происхождение одного типа ритмов может быть связано с целым рядом механизмов и моделей. И, наоборот, один и тот же механизм или модель могут привлекаться для объяснения природы целого ряда типов ритмов. Тем не менее, выделены монотипичные модели и мономодельные типы ритмов; типы ритмов, формируемые одним механизмом.

Защищаемые положения:

1. Впервые по единой методике комплексно изучены карбонатные и терригенно-карбонатные верхнемеловые ритмичные толщи Русской плиты (9 эпиплатформенных нефлишевых разрезов), ЮЗ Крыма (9 эпиплатформенных нефлишевых разрезов) и СЗ Кавказа (4 флишевых разреза). Предложено дополнить стандартную методику изучения ритмичных толщ петромагнитными исследованиями.

2. В исследованных разрезах установлены ритмичные и аритмичные интервалы, а также скрыторитмичные интервалы, ранее не выделявшиеся. Разработана единая классификация типов ритмов как для эпиплатформенных нефлишевых, так и флишевых разрезов. Выявлено 13 типов двухэлементных ритмов и 3 типа трехэлементных ритмов.

3. Установлено, что для изученных верхнемеловых отложениях формирование ритмичности связано с комбинацией трех механизмов: циклы разбавления, растворения и биопродуктивности, которые реализованы через 13 моделей. Показано, что основным механизмом формирования ритмичных разрезов являются циклы разбавления. Для конденсированных разрезов предложена новая модель.

4. Впервые предлагается разделение типов ритмов и моделей условий их формирования на батиметрические группы: прибрежно-гемипелагическую, гемипелагическо-пелагическую и космополитную группу.

Список работ по теме диссертации

1. Габдуллин Р.Р., 1996а. Ритмостратиграфия и условия формирования ритмичности в верхнемеловых отложениях СЗ Крыма // Вестник НСО. Тезисы международной конференции студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ленинские Горы - 95», «Ломоносов-96», Москва, с. 27-28

2. Габдуллин Р.Р., 1996б. 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). Тезисы докладов всероссийской научной конференции (3-4 декабря 1996 г.), Саратов, с. 48-49.

3. Габдуллин Р.Р., 1996в. 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). Тезисы докладов всероссийской научной конференции (3-4 декабря 1996 г.), Саратов, с. 49-50.

4. Габдуллин Р.Р., 1997а. Карбонатные ритмы: итоги и перспективы исследований. Вестник НСО. Сборник статей по материалам лучших докладов Научного Студенческого Общества 1994-97 гг. Москва, с. 6-9.

5. Габдуллин Р.Р., 1997б. Модели формирования ритмичности в карбонатных толщах // Леонардо Да Винчи 20 века (к 100-летию А.Л.Чижевского). Тезисы юбилейной сессии РАЕН (28 февраля 1997 г.), Москва, с. 103-104.

6. Габдуллин Р.Р., 1998а. Пространственно-временные закономерности формирования карбонатных ритмичных толщ. Сборник материалов международной конференции студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов», вып. 2, с. 218.

7. Габдуллин Р.Р., 1998б. Условия формирования ритмов мергель-глина в нижнекампанских отложениях разреза Кизил-Чигир (Бахчисарайский район, ЮЗ. Крым). Проблемы региональной геологии и тектоники. Тезисы докладов на научных чтениях, посвященных 90-летию профессора М. В. Муратова 31 марта - 1 апреля 1998 г. Москва, МГГА, с. 7.

8. Габдуллин Р.Р., Выдрик А.Б., 1998. Сравнительная характеристика ритмичных толщ палеоцена Ульяновского Поволжья (Сенгилей) и Горного Крыма (Беш-Кош) Тезисы докладов научной конференции «Геологические науки-98», Саратов, 16-17 апреля 1998 г., с. 47.

9. Габдуллин Р.Р., Гужиков А.Ю., Выдрик А.Б., Дундин И.А., 1998. Условия формирования ритмичности в верхнемеловых карбонатных породах карьера «Большевик» (Вольск, Саратовская область). Тезисы докладов международной научной конференции, посвященной памяти профессора В.В. Тикшаева, 20-22 января 1998, г. Саратов, НВНИИГГ, с. 41.

10. Габдуллин Р.Р., 1999. Типы ритмичности и условия их формирования в верхнемеловых и палеоценовых отложениях Восточно-Европейской платформы и её южного обрамления (ЮЗ Крым, СЗ Кавказ). Тезисы докладов IV Международной конференции «Новые идеи в науках о Земле», с. 171.

11. Габдуллин Р.Р., 1999. Типы ритмичности и условия их формирования в верхнемеловых и палеоценовых отложениях Восточно-Европейской платформы и её южного обрамления (ЮЗ Крым, СЗ Кавказ). Материалы международной конференции студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов», вып. 3, с. 114-116.

12. Габдуллин Р.Р., Выдрик А.Б., Гужиков А.Ю., Дундин И.А., 1999. Природа ритмичности в верхнекампанских-нижнемаастрихтских карбонатных породах Сенгилейского карьера (Ульяновская область). Материалы международной конференции студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов», вып. 3, с. 113-114.

13. Милеев В.С., Барабошкин Е.Ю., Щербинина Е.А., Габдуллин Р.Р., Бондаренко Н.А., Любимова Т.В., 2000. К вопросу о структурных связях киммерид Горного Крыма и альпид Северо-Западного Кавказа. *Общие вопросы тектоники. Тектоника России. Материалы XXXIII Тектонического совещания.* М., Геос, с. 326-329.

14. Габдуллин Р.Р., Маринин А.В., Щербинина Е.А., Бондаренко Н.А., Любимова Т.В., 2000 (в печати). Строение и условия формирования верхнемеловых ритмичных толщ Северо-Западного Кавказа.

15. Gabdullin R.R., 1997a. Origin of rhythmicity in the Cenomanian carbonate succession of Bahchisarai region (SW Crimea). EUG 9. Abstracts of oral and poster presentations 23-27 March 1997, Srasbourg (France), 264.

16. Gabdullin R., 1997b: The origin of rhythmically bedding in Middle Cenomanian carbonate rocks in the Bahchisarai Region (SW Crimea). Abstracts of the final meeting of the project № 362 «Tethyan/Boreal Cretaceous correlation» *Mineralia Slovacia*, 29, 269-271.

17. Gabdullin R., Baraboshkin E., 1997: 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*, 136

18. Gabdullin R., 1998. Rhythmically bedded carbonates: below and above K/T boundary. Abstracts of Final Meeting of INTAS PROJECT 1994-1414. Moscow March 23-25, 1998, 13.

19. Gabdullin R.R., 1999. 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, Srasbourg (France), 237

20. Gabdullin R. R., Guzhikov A. Yu., Dundin I. A., 1999. Origin of rhythmically bedded Cenomanian carbonate rocks of the Bahchisarai region (SW Crimea). *Geologica Carpathica*, 50, 1, February, 49-61.

21. Gabdullin R. R., Guzhikov A. Ju., Bogachkin A.B., Bondarenko N.A., Lubimova T.V., Widrik A.B., 1999. Periodities below and above the K/T boundary. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique. Sciences de la Terre, 69-Supp. A: 87-101.*