

УДК 551.73/.79:523.4

Р.Р. Габдуллин¹

ВЫСОКОТОЧНАЯ ПЛАНЕТАРНАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ ОСАДОЧНЫХ РАЗРЕЗОВ ФАНЕРОЗОЯ МЕТОДАМИ СОБЫТИЙНОЙ, ПАЛЕОМАГНИТНОЙ, СЕКВЕНТНОЙ И ЦИКЛИЧЕСКОЙ СТРАТИГРАФИИ²

Впервые осуществлена высокоточная планетарная корреляция осадочных разрезов морских и континентальных отложений фанерозоя на уровне маркирующих пластов или пачек комбинацией методов событийной, палеомагнитной, секвентной и циклической стратиграфии. Даны схемы диахронности биостратиграфических зон для позднего маастрихта.

Ключевые слова: корреляция, фанерозой, палеомагнетизм, секвенция, событие, цикличность, бурение.

For the first time a high-precision planetary stratigraphic correlation of sedimentary marine and continental deposits of Phanerozoic on the level of mark-beds and members by combination of methods of event, paleomagnetic, sequence and cyclic stratigraphy. Schemes of diachronism of biostratigraphic zones for the Late Maastrichtian are given.

Key words: correlation, Phanerozoic, paleomagnetism, sequence, event, cyclicity, drilling.

Актуальность. К ключевым проблемам геологии относятся проблемы геологического времени (датирование времени образования геологических тел, последовательность и длительность геологических событий, корректность геологической истории развития) и корреляции морских и континентальных отложений, из которых вытекают и другие проблемы.

В качестве примера оценки валидности имеющегося материала, а также для палеогеографических реконструкций построены карты значений скорости осадконакопления для позднемеловой эпохи в целом, а также для кампанского и маастрихтского веков для юга Русской плиты по 38 точкам (в основном по скважинам). Анализ скорости седиментации [Габдуллин и др., 2007а, б] позволил выделить области с ее явно завышенными (вследствие неучтенных перерывов) и заниженными значениями (результат неправильного расчленения разреза, например включение части дания и/или кампана в маастрихт). Таким образом, необходима методика, позволяющая найти общие корреляционные уровни и восстановить утраченные при бурении фрагменты разреза, т.е. стратиграфическое расчленение высокой точности.

Цель и задачи исследований. Методологически статья нацелена на модернизацию корреляции и повышение ее точности путем комбинации четырех стратиграфических методов: событийного, палеомагнитного, секвентного и циклического. Практическое приложение — оптимизация процесса производственного бурения и анализа его результатов.

В задачи входила, во-первых, разработка циклостратиграфической шкалы, позволяющей упорядо-

чить циклиты, начиная от элементарных пластовых и заканчивая циклитами высоких порядков (эвстатические, секвентные и др.), что позволит циклостратиграфическую корреляцию планетарного масштаба, включая решение проблемы геологического времени и проблемы корреляции морских и континентальных отложений [Габдуллин, 2004а—в; Габдуллин и др., 2010] (на данный момент эта задача выполнена); во-вторых, модернизация метода циклостратиграфической корреляции на примере разрезов фанерозоя, а в-третьих, комплексная корреляция разрезов фанерозоя методами событийной, палеомагнитной, секвентной и циклической стратиграфии.

Модернизация метода циклостратиграфической корреляции на примере разрезов фанерозоя. В бывшем СССР проводились буровые работы впечатляющего объема, но детальность расчленения разреза и датировки границ по фауне в подавляющем большинстве случаев не отвечают современным представлениям. Предлагаемый в статье подход может помочь их уточнить и детализировать, т.е. модернизировать имеющийся материал.

Путем анализа каротажных диаграмм и литологического описания можно выявить корреляционные уровни, которые позволят сопоставить «старые» и «новые» скважины, выделить орбитально-климатические циклы Миланковича, являющиеся реперами планетарного масштаба, которые контролируют системы секвентных трактов.

Например, в Подмосковье макроскопически хорошо видна и проявляется при статическом зондировании тонкая сезонная цикличность ледниковых и

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра региональной геологии и истории Земли, доцент, канд. геол.-минер. н., e-mail: mosgorsun@rambler.ru

² Работа выполнена при финансовой поддержке ОАО «ТНК-ВР Холдинг» (донорские гранты № 31-07 и № 71-08), РФФИ (грант 08-05-00283а) и ФЦП «Научные школы» (грант НШ 841.2008).

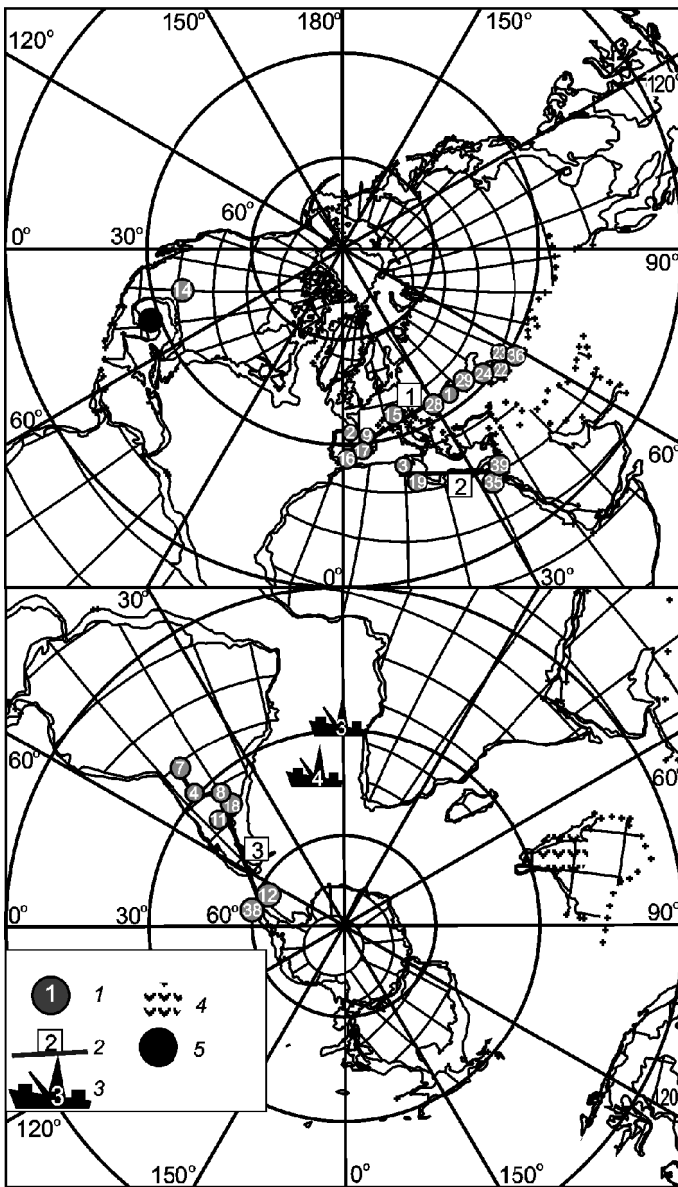


Рис. 1. Палинспастическая схема для конца маастрихта—начала дания, по А.Г. Смиуту и Дж.К. Бридену [1977]: 1 — местоположение разреза и его номер; 2 — линии профилей; 3 — скважина глубоководного бурения и ее номер; 4 — декканские траппы; 5 — метеоритный кратер на п-ове Юкатан

водно-ледниковых отложений (миллиметры, иногда дециметры), а также разнопорядковая цикличность в песках мелового возраста, юрских глинах. При сопоставлении графиков кривых лобового и бокового сопротивления по профилям на площади, как правило, выявляются общие корреляционные уровни, практически совпадающие с границами инженерно-геологических элементов (ИГЭ) и систем секвентных трактов.

Для детальной корреляции в пределах площадки, района или части геологической структуры, как правило, достаточно двух из четырех методов (событийная, палеомагнитная, секвентная и циклическая статиграфия).

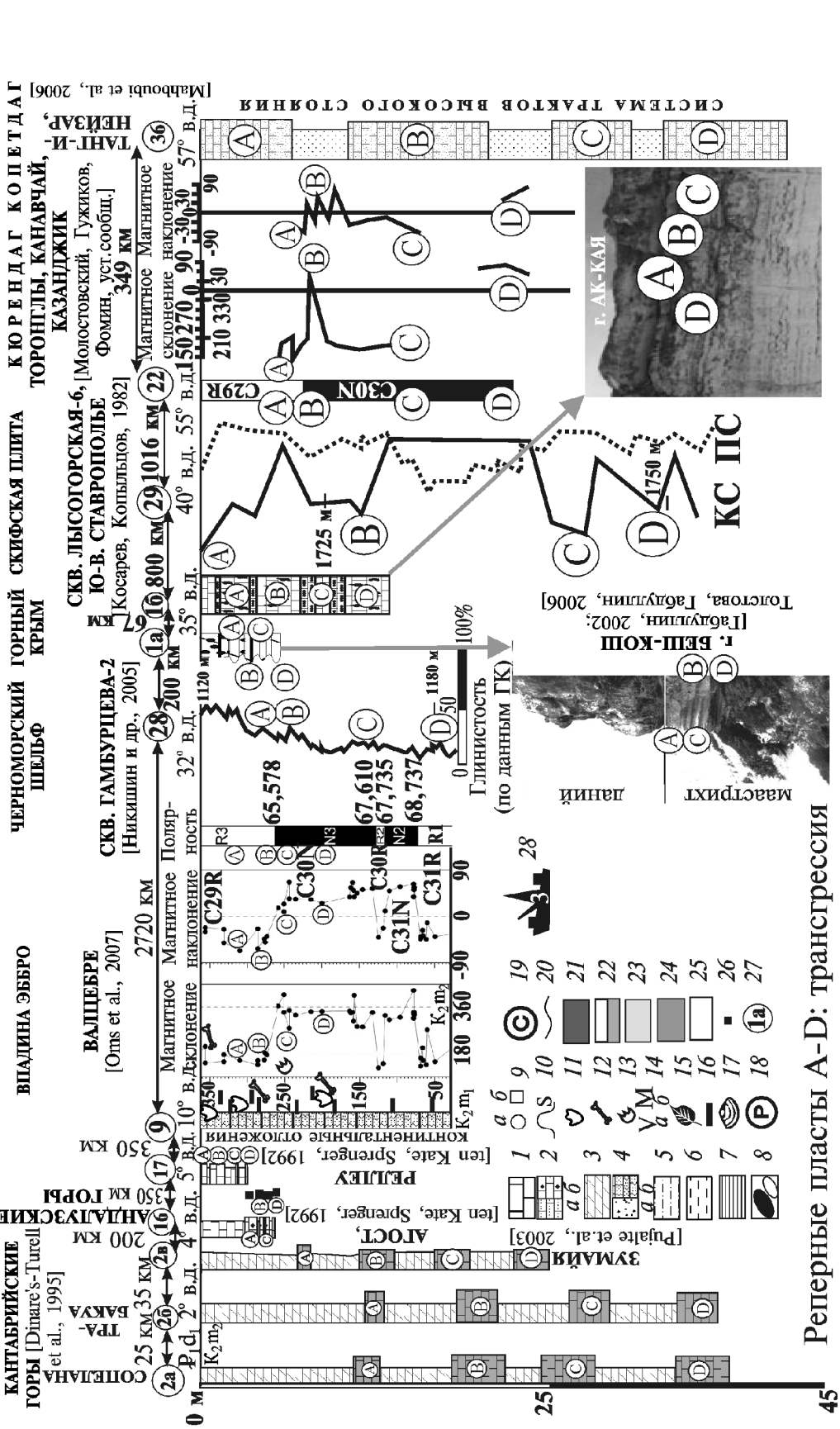
Комплексная корреляция разрезов фанерозоя методами событийной, палеомагнитной, секвентной и циклической статиграфии. Все упомянутые методы (за исключением секвентного) характеризуются глобальным общепланетарным влиянием и применимы для глобальной корреляции. Секвентный анализ незаменим для отдельных площадей и районов (строительные площадки и месторождения) и их палеогеографической оценки.

Примером детальной стратиграфической корреляции общепланетарного масштаба можно считать сопоставление геологических разрезов в разных частях света на уровне пластов или пачек, обусловленных климатическими вариациями. Связь орбитально-климатических циклов Миланковича с инверсиями магнитного поля Земли и геологическими событиями разной природы проанализирована в [Габдуллин и др., 2010]. В качестве примера одного из переломных моментов в геологической истории рассмотрим детально изученную и хорошо охарактеризованную границу мелового и палеогенового периодов. На палинспастической схеме (рис. 1) отображен ряд геологических разрезов (позиционированы в палеокоординатах) континентов и скважин глубоководного бурения, приведены корреляционные профили и событийные маркеры — проявления траппового вулканизма на плато (нагорье) Деккан в Индии и метеоритный кратер на п-ове Юкатан в Мексике. Ниже кровли терминального маастрихта в полных разрезах выделяются 4 маркирующих уровня (А—D), которые соответствуют пластам и видны на графиках аналитических и каротажных диаграмм.

В Северном полушарии (рис. 2, 3) профили 1 и 2 проходят по периферии современного Средиземного моря и соответствуют северной и южной ветвям океана Тетис и его периферии — Перитетис.

На профиле 1 видно, что в Испании 4 маркирующих уровня (А—D) представлены сравнительно глубоководными известняками, в отличие от окружающих их относительно мелководных мергелей. Эти уровни отвечают увеличению глубины бассейна и его трансгрессии в прибрежные низменности, например во впадину Эбро. В одном из континентальных разрезов этой впадины наблюдаются 4 уровня экскурса магнитного поля, которым соответствуют эпизоды относительной гумидизации климата: увеличение числа угольных пластов, а также дорожки следов, кости и яйца динозавров. В формировании осадков со следами и фрагментами скелетов рептилий важную роль играли временные водные потоки, запечатывавшие следы и переносившие их кости и яйца. Уровни А—D отвечают максимумам глинистости (данные гамма-каротажа) в разрезе скважины Гамбургцева-2, более карбонатным песчаникам и песчаным известнякам внутри терригенных разрезов Крыма (г. Беш-Кош, Ак-Кая) и Ирана, а также минимумам на кривой КС (скв. Лысогорская-6, Ставрополье) и экскурсам магнитного поля (Торонглы, Туркменистан).

СЕВЕРНАЯ ВЕТВЬ СРЕДИЗЕМНОМОРСКОГО АЛЬПИЙСКОГО ПОЯСА



Реперные пластиы А-Д: трансгрессия

Рис. 2. Схема трансконтинентальной корреляции отложений терминального маастрихта Евразии от Испании до Ирана по профилю 1: 1 — известняки; 2a — песчаные известняки; 2b — биокластические известняки; 3 — мергели; 4a — пески; 4b — рыхлые песчаники; 4c — мергели; 5 — алевриты; 6 — сланцы; 7 — глины и мадтоуны; 8 — конгломераты; 9a — оолиты, 9b — эвалориты; 10 — строматолиты; 11 — следы наземных позвоночных; 12 — кости наземных позвоночных; 13 — яйца динозавров; 14a — наземные и вторично-водные позвоночные, 14b — мозазавры; 15 — наземная флора; 16 — угли; 17 — морские моллюски; 18 — *Piscatula georgiana*; 19 — наземная фауна; 20 — косая слоистость; 21 — приливная отмель, прибрежная равнина; 22 — литораль — солеродные лагуны; 23 — эстуарий; 24 — пелагиаль; 25 — литораль; 26 — *Saccellorhynchus* sp.; 27 — разрез и его номер; 28 — скважина глубоководного бурения и ее номер. Здесь на рис. 3, 5 разрезы выровнены по кровле верхнего маастрихта

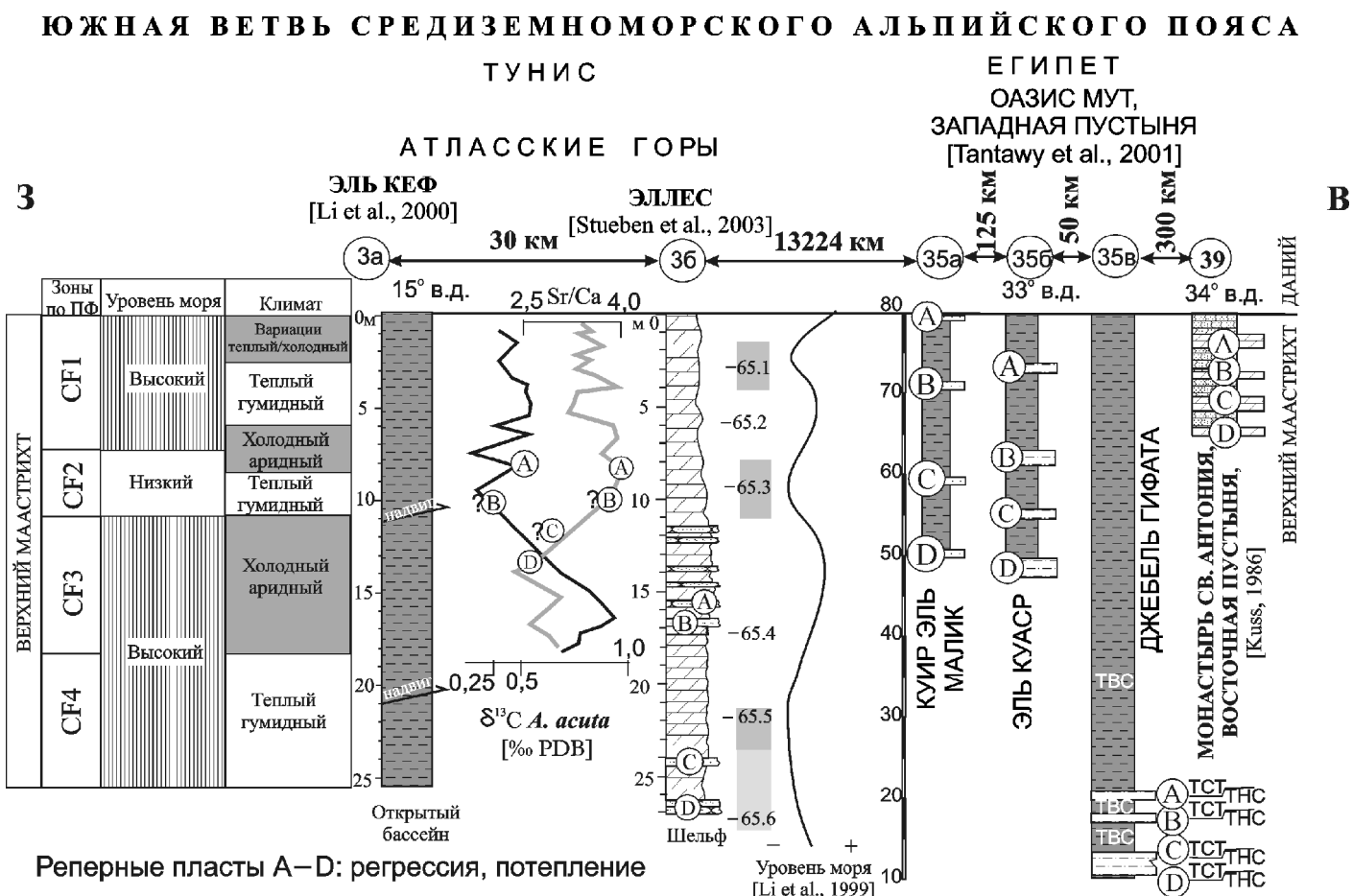


Рис. 3. Схема трансконтинентальной корреляции отложений терминального маастрихта Северной Африки по профилю 2. Условные обозначения см. на рис. 2

Глубоководный, трансгрессивный характер уровней подтверждается еще и секвентным анализом (Иран, тракт высокого стояния — ТВС). Ранг циклов, которые генерируют эти маркирующие пласты, фиксируемые в морских и континентальных осадках, скорее всего, отвечает вариациям эксцентриситета орбиты Земли.

На профиле 2 (рис. 3) уровни А–D отвечают сравнительно более теплым и мелководным фациям и трактам (тракт низкого стояния — ТНС, трансгрессивный системный тракт — ТСТ), чем окружающие их осадки (ТВС). На примере профиля 2 показана диахронность биостратиграфических зон и преодоление проблемы немых зон. Сверху на рис. 4 показан ложный временной сдвиг: «ползет» хроностратиграфический каркас из маркирующих горизонтов, чего не может быть. Циклы Миланковича и инверсии магнитного поля Земли, как и важные геологические события — падение метеорита (импактное событие), трапповый вулканизм (Деккан), — четко позиционированы во времени. «Распрямив» каркас из корреляционных линий (рис. 4), увидим геохронологию биозон (их границы пересекают абсолютные отметки геологического времени). На профиле 1 (рис. 5, А) сдвига нет. Реперные уровни четко увязаны с палеомагнитной шкалой. Небольшие вариации связаны с

шагом отбора образцов. Восточное течение определяло направление и скорость расселения планктонных организмов.

На профиле 3 от Антарктиды через Южную Америку (рис. 6) видно, что реперные пласты А–D отвечают регрессии и потеплению, это подтверждается присутствием более мелководных фаций, чем окружающие их осадки (разрезы о-ва Сеймур и о-ва Левингстона в Антарктиде, разрезы Рио-Негро, Чубут, Ньюкуен, Церро Бутало, Сальта в Аргентине), а также находками более теплолюбивых мелководноморских (строматолиты в разрезе Сальта, моллюски в разрезе Церро Бутало, уровни биотурбации в керне скв. DSDP 363) форм фауны и континентальной флоры (Церро Бутало). Эпизоды потепления видны на кривой содержания $\delta^{18}\text{O}$ (скв. DSDP 525А, разрез Ньюкуен). При корреляции магнито- и циклостратиграфических шкал с биостратиграфической виден временной сдвиг зоны по нанопланктону CF4 в результате трансгрессии на периферию фрагментов бывшей Гондваны из расширяющегося Атлантического океана в конце маастрихта (рис. 6).

Заключение. Предлагаемый комплексный стратиграфический подход помогает при расчленении и сопоставлении удаленных разрезов на детальном уровне преодолеть эффект сдвига биозон. Кроме

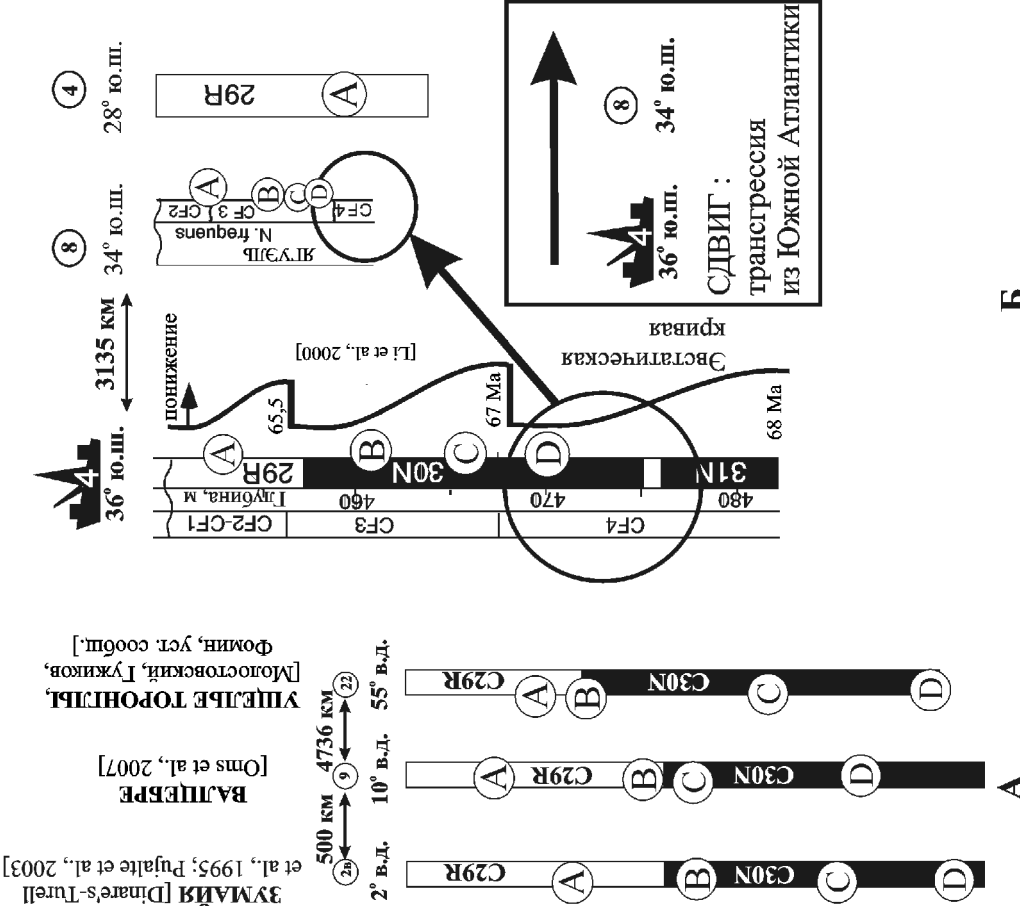


Рис. 4. Хроностратиграфическая схема временного сдвига в южной ветви океана Тетис на границе мела и палеогена. Форма полуокруга отвечает увеличению магматической активности нагорья Деккан

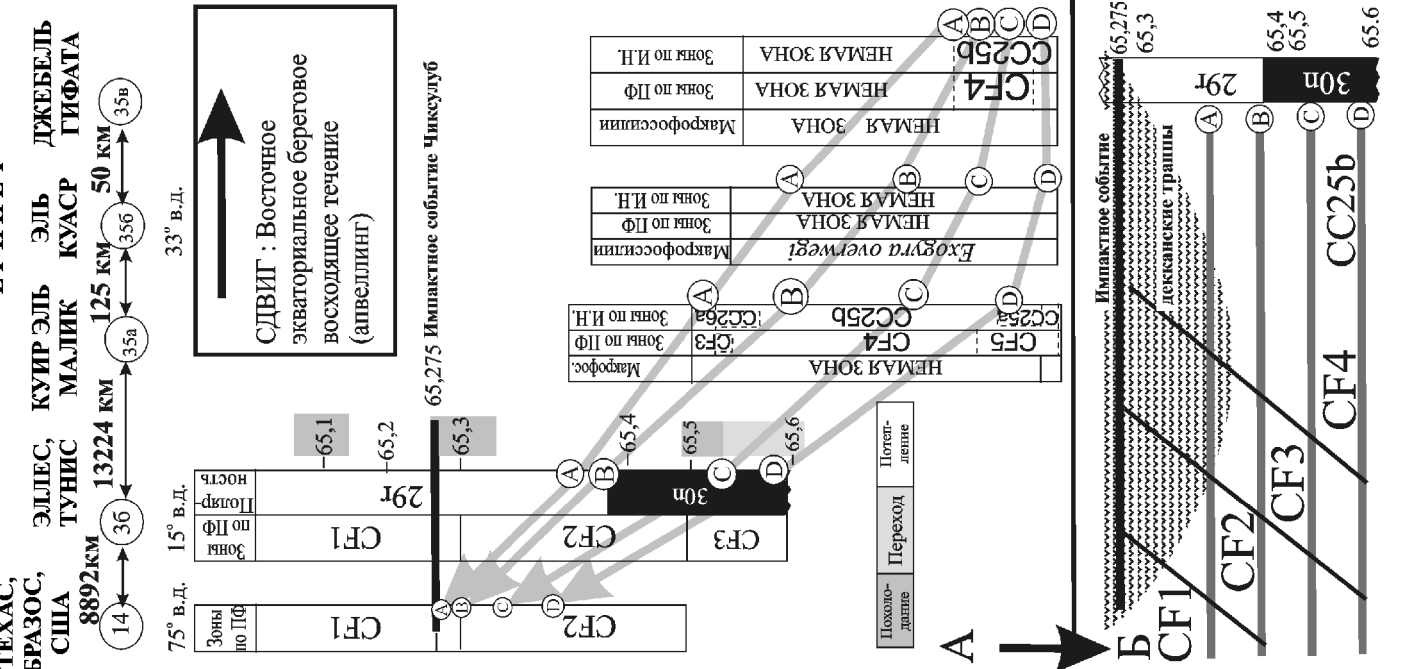
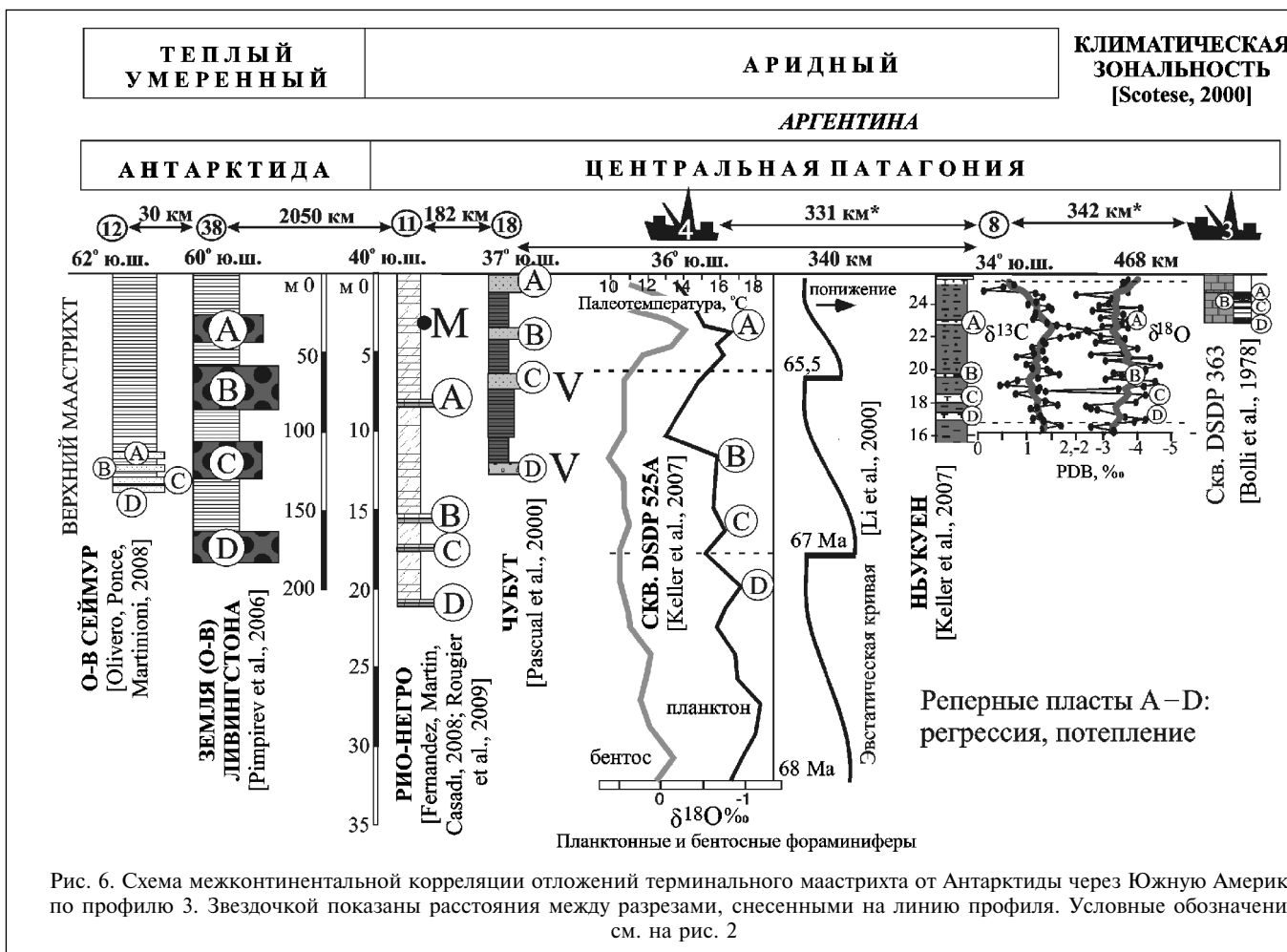


Рис. 5. Хроностратиграфическая схема: А — для профиля 1, Б — для профиля 3



того, астрономо-климатическая природа цикличности и методы ее исследования помогают пролить свет на реконструкцию детальной палеогеографической обстановки осадконакопления, прогнозировать физические свойства пород для нефтяной и инженерной геологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Габдуллин Р.Р. Циклостратиграфическая шкала верхнего мела Русской плиты и ее южного обрамления. Статья 1. Предпосылки и принципы создания шкалы // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2004а. № 2. С. 11–20.
- Габдуллин Р.Р. Циклостратиграфическая шкала верхнего мела Русской плиты и ее южного обрамления. Статья 2. Совмещение шкал и циклов Миланковича // Там же. 2004б. № 3. С. 28–34.
- Габдуллин Р.Р. Циклостратиграфическая шкала верхнего мела Русской плиты и ее южного обрамления. Статья 3. Апробация шкалы // Там же. 2004в. № 4. С. 17–21.
- Габдуллин Р.Р. Верхнемеловые отложения Русской плиты: секвентная стратиграфия и циклы Миланковича // Там же. 2007. № 5. С. 16–25.
- Габдуллин Р.Р., Бадулина Н.В., Иванов А.В. Скорости осадконакопления в эпиконтинентальном бассейне Русской плиты в кампанском и маастрихтском веках // Там же. 2007а. № 6. С. 35–38.
- Габдуллин Р.Р., Бадулина Н.В., Иванов А.В., Лаврентьев Е.А. Скорости осадконакопления в позднемеловом

Автор выражает признательность А.М. Никишину, Е.А. Вознесенскому, А.С. Алексею, Е.Н. Самарину, Л.Ф. Копаевич (МГУ), А.Ю. Гужикову (СГУ), Ю.О. Гаврилову (ГИН РАН) за консультации и ценные замечания.

эпиконтинентальном бассейне Русской плиты // Там же. 2007б. № 3. С. 36–41.

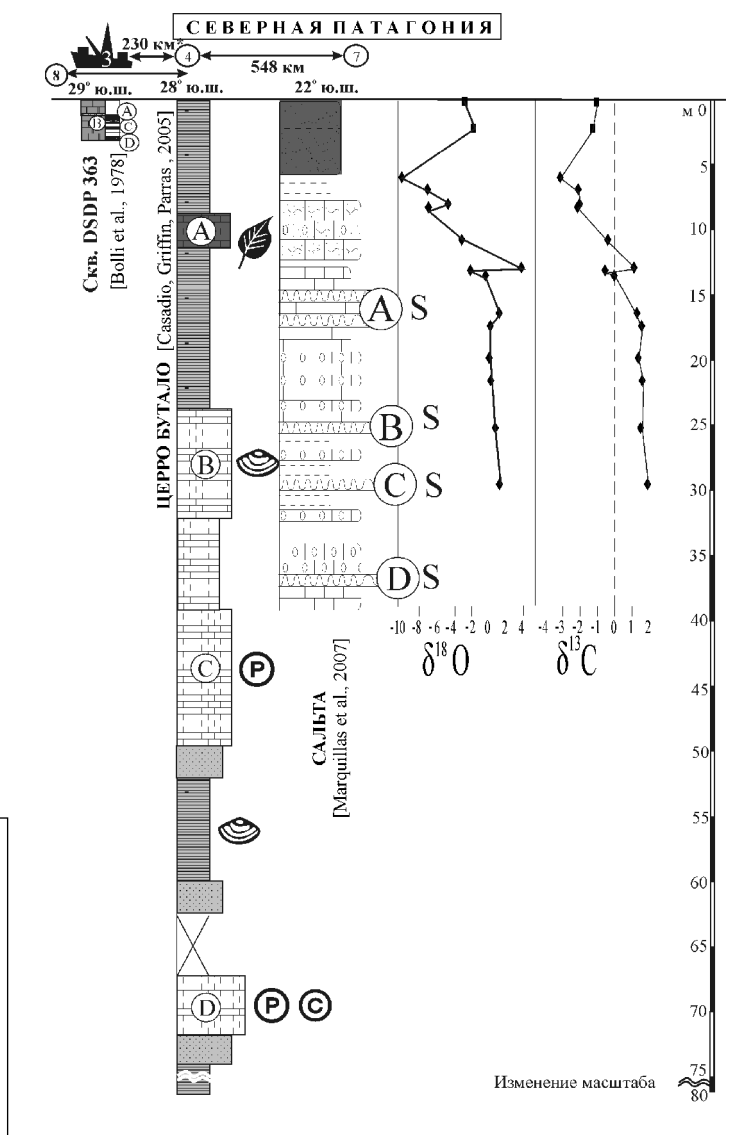
Габдуллин Р.Р., Иванов А.В., Кошелев А.В., Копаевич Л.Ф. Тренинг по секвентной стратиграфии: Учеб. пособие по повышению квалификации специалистов. М.: Изд-во МГУ, 2010.

Косарев В.С., Копыльцов А.И. Корреляция отложений маастрихта естественных разрезов моноклинали Северного Кавказа и нефтеносных площадей Восточного Ставрополя // Геология нефти и газа. 1982. № 11. С. 15–25.

Никишин А.М. Звіт. Побудова комплексної геологічної моделі продуктивних утворень східної частини Чорного моря. Етап 1. Київ: ДП Науканафтогаз, ЗАТ Надра, 2005. 423 с.

Bolli H.M. et al. Walvis Ridge — sites 362 and 363 // DSDP. 1978. Vol. XL. P. 183–356.

Casadio S., Griffin M., Parras A. *Camptonectes* and *Plicatula* (Bivalvia, Pteriomorpha) from the Upper Maastrichtian of northern Patagonia: palaeobiogeographic implications // Cretaceous Res. 2005. Vol. 26. P. 507–524.



Dinare's-Turell J., Baceta J.I., Pujalte V. et al. Untangling the Palaeocene climatic rhythm: an astronomically calibrated Early Palaeocene magnetostratigraphy and biostratigraphy at Zumaia (Basque basin, northern Spain) // *Earth and Planet. Sci. Lett.* 2003. Vol. 216. P. 483–500.

Fernandez M., Martin J., Casadio S. Mosasaurs (Reptilia) from the late Maastrichtian (Late Cretaceous) of northern Patagonia (Rio Negro, Argentina) // *J. South Amer. Earth Sci.* 2008. Vol. 25. P. 176–186.

Keller G., Adatte T., Tantawy A.A. et al. High stress late Maastrichtian — early Danian palaeoenvironment in the

Neuquen Basin, Argentina // *Cretaceous Res.* 2007. Vol. 28. P. 939–960.

Kuss J. Facies development of Upper Cretaceous — Lower Tertiary sediments from the Monastery of St. Anthony/Eastern Desert, Egypt // *Facies.* 1986. Vol. 15. P. 177–194.

Li L. Late Cretaceous sea-level changes in Tunisia: a multi-disciplinary approach // *J. Geol. Soc.* 2000. Vol. 157. P. 447–458.

Mahboubi A., Moussavi-Harami R., Mansouri-Daneshvar P. et al. Upper Maastrichtian depositional environments and sea-level history of the Kopet-Dagh Intracontinental Basin, Kalat Formation, NE Iran // *Facies.* 2006. Vol. 52. P. 237–248.

Marquillas R., Sabino I., Sial A.N. et al. Carbon and oxygen isotopes of Maastrichtian—Danian shallow marine carbonates: Yacoraite Formation, northwestern Argentina // *J. South Amer. Earth Sci.* 2007. Vol. 23. P. 304–320.

Olivero E.B., Ponce J.J., Martinioni D.R. Sedimentology and architecture of sharp-based tidal sandstones in the upper Marambio Group, Maastrichtian of Antarctica // *Sediment. Geol.* 2008. Vol. 210. P. 11–26.

Oms O., Dinare's-Turell J., Vicens E. et al. Integrated stratigraphy from the Vallcebre Basin (southeastern Pyrenees, Spain): New insights on the continental Cretaceous—Tertiary transition in southwest Europe // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.* 2007. Vol. 255. P. 35–47.

Pascual R., Goin F.J., Gonzalez P. et al. A highly derived docodont from the Patagonian Late Cretaceous: evolutionary implications for Gondwanan mammals // *Geodiversitas.* 2000. Vol. 22, N 3. P. 395–414.

Pimpirev C., Stoykova K., Ivanov M. et al. The sedimentary sequences of Hurd Peninsula, Livingston Island, South Shetland Islands: Part of the Late Jurassic — Cretaceous depositional history of the Antarctic Peninsula // *Antarctica: Contributions to global Earth sciences.* B., Heidelberg, N.Y.: Springer-Verlag, 2006. P. 249–254.

Rougier G.W., Chornogubsky L., Casadio S. et al. Mammals from the Allen Formation, Late Cretaceous, Argentina // *Cretaceous Res.* 2009. Vol. 30. P. 223–238.

Scotese C.R. Atlas of Earth History. Vol. 1. Paleogeography, Paleomap Project. Texas, Arlington, 2001. 52 p.

Smith A.G., Briden J.C. Mesozoic and Cenozoic paleocontinental maps. Cambridge: Cambridge University Press, 1977. 64 p.

Stueben D., Kramar U., Berner Z.A. Late Maastrichtian paleoclimatic and paleoceanographic changes inferred from Sr/Ca ratio and stable isotopes // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.* 2003. Vol. 199. P. 107–127.

Tantawy A.A., Keller G., Adatte T. et al. Maastrichtian to Paleocene depositional environment of the Dakhla Formation, Western Desert, Egypt: sedimentology, mineralogy, and integrated micro- and macrofossil Biostratigraphies // *Cretaceous Res.* 2001. Vol. 22. P. 795–827.

Ten Kate W.G.H.Z., Sprenger A. Orbital cyclicities above and below the Cretaceous/Paleogene boundary at Zumaya (N Spain), Agost and Rellu (SE Spain) // *Sediment. Geol.* 1993. Vol. 87. P. 69–101.

Поступила в редакцию
16.09.2009