

Таблица 3

Поширотная глубина криолитозоны на Марсе (км) при разной мощности базальтовых покровов

Широта, град.	Мощность базальтов, м						
	300	500	700	1000	2000	3000	4000
0	1,8	1,8	1,9	1,9	2,1	2,3	2,5
30	2,3	2,3	2,3	2,4	2,6	2,8	3,0
60	5,3	5,3	5,3	5,4	5,6	5,6	6,0
90	5,6	5,6	5,7	5,8	5,9	6,1	6,2

лед, и погребать его под собой; а эта масса льда может тысячелетиями сохраняться даже под маломощными наносами. По сути, речь идет уже о процессе наледо-

образования в марсианских условиях, что можно предполагать с определенной долей уверенности и о чем еще не говорили предыдущие исследователи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Марса по данным радиометра Термоскан. Космический аппарат Фобос-2. М., 1998.
2. Вдовин В.В. Расчет тепловой динамики поверхности Марса // Космические исследования. 1977. Т. 15, вып. 2. С. 238–247.
3. Кац Я.Г., Козлов В.В. и др. Тектоническая карта Марса. Масштаб 1:20 000 000. Л., 1980.
4. Кац Я.Г., Козлов В.В., Макарова Н.В., Сулиди-Кондратьев Е.Д. Рельеф, тектоника и вулканизм Марса. М., 1987.
5. Кузьмин Р.О. Криолитосфера Марса. М., 1983.
6. Милановский Е.Е., Никишин А.М. Тектоническая эволюция Марса // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 1982. № 5. С. 14–26.
7. Никишин А.М. Геологическое строение и эволюция Марса. М., 1987.
8. Condit C.D., Soderblom L.A. Geologic map of the Marc Australe area of Mars // Atlas of Mars. 1:5 000 000. Geol. Ser. 1978.
9. Kenneth L., Tanaka K.L., Scott D.H. Geologic map of Mars. M: 1:50 000 000 // U.S. Geol. Survey. 1986, 1987.
10. Scott D.H., Carr M.N. Geologic map of Mars // Ibid. 1978.

Поступила в редакцию
09.12.2003

УДК 551.763.3 (470.4)+(477.75)+(470.6)

Р.Р. Габдуллин

ЦИКЛОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА ВЕРХНЕГО МЕЛА РУССКОЙ ПЛИТЫ И ЕЕ ЮЖНОГО ОБРАМЛЕНИЯ. СТАТЬЯ 3. АПРОБАЦИЯ ШКАЛЫ

Введение. Автором предложена циклостратиграфическая шкала (ЦШ) верхнего мела Русской плиты (рис. 1) и выявлены закономерности в корреляции циклов Миланковича (ЦМ) с геохронологическими границами, эвстатическими колебаниями, этапами осадконакопления и перерывообразования, фосфато- и железонакопления [6, 7]. Ведущую роль в истории развития бассейнов Русской плиты играли циклы, отражавшие изменение эксцентриситета земной орбиты E_s . Некоторые стратиграфические границы, фазы фосфато- и железонакопления тяготеют к рубежам этих циклов.

Анализ перечисленных закономерностей также позволил установить 12 эпох совмещения ЦМ во второй половине мелового периода, когда совпадают чет-

ные или нечетные номера циклов разных порядков. К этим моментам приурочены фазы фосфатонакопления, границы большинства стратиграфических подразделений верхнего мела, рубежи эвстатических циклов и мегациклов, а также некоторые из 12 пачек сводного разреза верхнемеловых отложений Русской плиты [6].

В статье приводятся результаты апробации предложенной шкалы на конкретных разрезах Русской плиты и ее южного обрамления, корреляции границ стратиграфических подразделений (пачек и свит) Юго-Западного Крыма и Северо-Западного Кавказа с ЦШ, а также рассмотрена проблема сопоставления магнитостратиграфической и циклостратиграфической шкал.

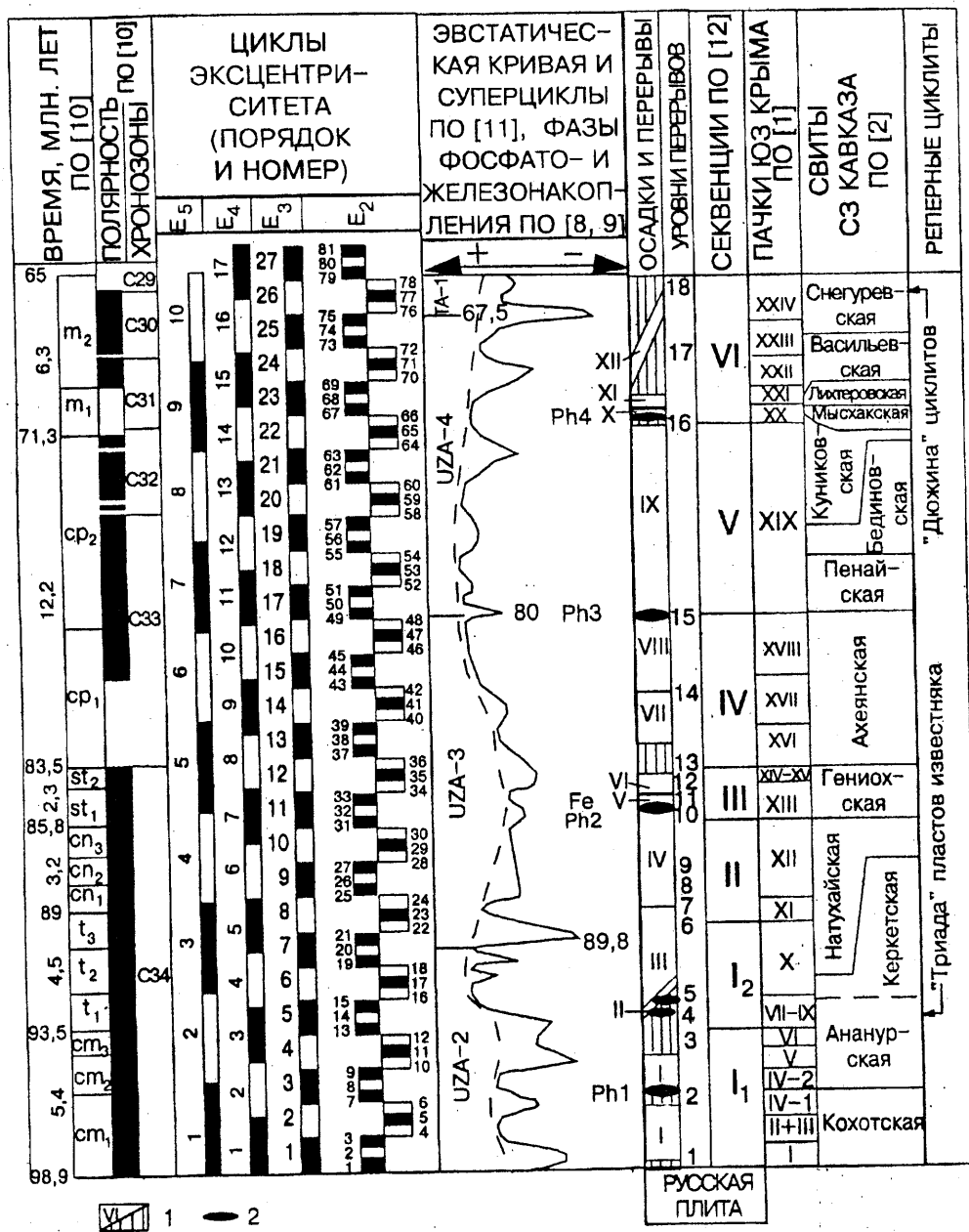


Рис. 1. Циклостратиграфическая шкала верхнего мела Русской плиты и ее южного обрамления, совмещенная с магнитостратиграфической шкалой, кривой эвстатических вариаций уровня океана, этапами седиментации (с выделением пачек, секвенций и свит) и перерывообразования (с выделением уровней перерывов), фазами железо- и фосфатонакопления: 1 — этапы седиментации (показаны белым цветом и пронумерованы римскими цифрами) и перерывообразования (вертикальная штриховка); 2 — фосфоритовые горизонты. Сокращения: cm — сенонманский век; t — туронский век; sp — коньякский век; st — сантонский век; sp — кампанский век; m — маастрихтский век; Ph — фаза фосфатонакопления; Fe — фаза железонакопления

Апробация шкалы. Лучшим способом проверки ЦШ было бы сравнение ее со сводным циклостратиграфическим разрезом Русской плиты и ее южного обрамления. Поскольку сводного разреза еще нет, апробация будет проведена с использованием охарактеризованного ранее [5] полного разреза карбонатных отложений турона—нижнего сантона Воронежской антеклизы, вскрытого в карьере Стойленского ГОКа (рис. 2). На данном этапе исследований ЦШ позволя-

ет уточнить положение циклитов внутри биозон и объем стратиграфических перерывов, а также ранг выделенных пластовых циклитов и скорость седиментации.

В сантонское время началась тектоническая активизация Воронежского поднятия [13], которое испытывало воздымание, что запечатлено по смене в разрезе высококарбонатной толщи писчего мела турона и коньяка (более 80% CaCO₃) [3, 5] на толщу известняков, переслаивающихся с мергелями нижнего сантона. Последняя, накапливавшаяся в более мелководных условиях, характеризуется меньшими значениями содержания карбоната кальция (50—70%), сравнительно большим разнообразием ихнофоссилий и большей степенью биотурбации [3]. Циклический анализ данного разреза показал, что смена литологического состава пород совпадает с границей циклитов E₃^{*} и E₃³ [5].

В конце раннего сантона (время E₂³³ по ЦШ) происходит фаза совмещения разнопорядковых нечетных циклов эксцентриситета. С ней связаны вторая фаза фосфатонакопления и фаза железонакопления на Русской плите [8, 9], а также максимальная регрессия в середине эвстатического суперцикла UZA-3 [11, 12]. Этот рубежный момент геологической истории станет координатой для идентификации номеров выделенных циклитов.

Предложенную ранее автором трактовку рангов пластовых циклитов в нижнем сантоне [5] следует пересмотреть — повысить их ранг с третьего порядка до второго. Это необходимо, так как предложенная модель ЦШ привязана к шкале времени Я. Харденбола и др., по которой длительность сантонского века составляет 2,3 млн лет, поэтому длительность века не

может соответствовать более чем двум циклам эксцентриситета третьего порядка продолжительностью 1,29 млн лет. Раннему сантону отвечают четыре цикла эксцентриситета второго порядка ЦШ E_2^{31-34} . Ранее автором в данном стратиграфическом интервале были выделены четыре циклита E_3^{A-3} . Смена литологических характеристик разреза приходится на границу циклитов "ж" и "з", что соответствует границе между 33-м и 34-м циклами эксцентриситета второго порядка. Таким образом, циклиты E_3^{A-3} следует связать с циклами E_2^{31-34} и повысить их ранг на порядок (E_2^{A-3}). Такая коррекция позволит уточнить скорость осадконакопления всей этой толщи (вместо значения, определенного ранее в 1,27 см/тыс. лет). Скорректированная величина равна 3,2 см/тыс. лет (3800 см за 1200 тыс. лет). Наличие перерывов в разрезе свидетельствует, что в действительности скорость седиментации в туроне—раннем сантоне была менее 3,2, но более 1,27 см/тыс. лет.

В коньякских образованиях были выделены два циклита третьего порядка $E_3^{B-Г}$, которые отвечают циклам E_3^{9-10} . Рубеж среднего и позднего коньяка отвечает времени совпадения четырех четных разнопорядковых циклов эксцентриситета (E_2^{28}), но это время не характеризовалось существенными событиями в палеогеографии района.

В туронском веке на границе его средней и поздней частей, а также эвстатических суперциклов UZA-2 и UZA-3 произошло совпадение четырех нечетных разнопорядковых циклов эксцентриситета (E_2^{21}), а на границе раннего и среднего турона — совмещение четырех четных разнопорядковых циклов эксцентриситета (E_2^{16}) и эвстатический подъем уровня Мирового океана. В разрезе Стойленского ГОКа в туроне установлены два циклита E_3^{a-b} , а по ЦШ этот диапазон времени охватывает четыре цикла E_3^{5-8} . Литологический состав средне-верхнетуронских пород и аналитические данные (в том числе распределение содержания $CaCO_3$) в разрезе карьера Стойленского ГОКа не характеризуются какими-либо существенными закономерными изменениями, в отличие от нижнесантонских образований. Первая половина эвстатического суперцикла UZA-3 характеризуется регрессивным трендом, но в разрезе не отмечено закономерного появления более мелководных осадков, это значит, что эродированы осадочные отложения не только цикла E_2^{21} , но и циклов E_2^{22-24} , т.е. отсутствуют последняя треть цикла E_3^7 и цикл E_3^8 . Им отвечает поверхность перерыва в кровле туронских пород. Это означает, что в действительности из разреза почти полностью выпадают осадки верхнего подъяруса турона, что косвенно подтверждается отсутствием макрофоссилий верхнего турона и широкой датировкой пород как средне-верхнетуронских по фораминиферам зоны *Gavelinella toniliformis*.

Нижний турон в разрезе представлен пелагическими карбонатными осадочными породами — писчим мелом, в основании песчанистым с рассеянными фос-

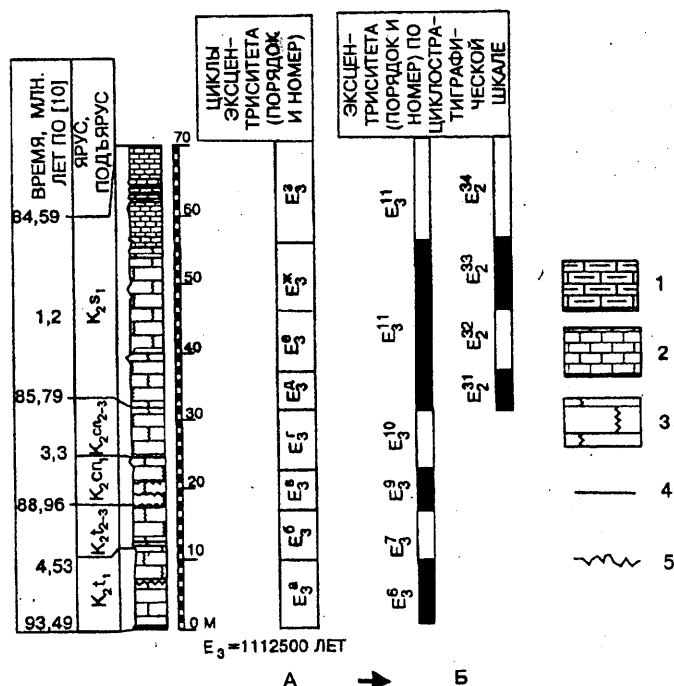


Рис. 2. Привязка выделенных циклов Миланковича в разрезе турон-нижнесантонских отложений Стойленского карьера, г. Старый Оскол, Белгородская обл. (А) и идентификация циклов Миланковича по циклостратиграфической шкале (Б): 1 — глинистые известняки; 2 — известняки; 3 — писчий мел; геологические границы: 4 — согласные, 5 — несогласные

форитовыми желваками, что свидетельствует о трансгрессивном характере седиментации. Отметим, что мелководные морские осадки не встречены. Во время суперцикла UZA-2 эвстатический подъем уровня Мирового океана приходится на циклы E_3^5 и E_3^6 . Уровень стояния океана во время цикла E_3^6 был существенно выше, чем в течение предыдущего цикла. Таким образом, циклит E_3^a сформировался во время E_3^6 , на это же косвенно указывает гетерохронный перерыв в основании турона Русской плиты.

ЦМ и границы стратиграфических подразделений южного обрамления Русской плиты. Закономерность связи ЦМ с пачками и секвенциями Русской плиты автор проанализировал ранее в работе [6]. Распределение пачек, выделенных А.С. Алексеевым [1] в разрезах Крыма, не выявило определенной связи с границами долгопериодных ЦМ высокого порядка (рис. 1). Можно отметить, что число пачек, равное 24, близко к числу циклов эксцентриситета E_3 (26 циклов и часть 27-го). Вместе с тем элементарные пластовые циклиты, слагающие пачки, соответствуют циклам прецессии (сеноман) или эксцентриситета (маастрихт) [3]. В меловых отложениях Крыма выделяют три свиты: белогорская (пачки I—IX), прохладненская (пачки X—XII) и кудринская (пачки XIII—XXIV). Число свит и их границы не находятся в определенной зависимости от ЦМ циклостратиграфической шкалы.

Число свит на Северо-Западном Кавказе, по С.Л. Афанасьеву [2], равно 14, а подесвит — 38. Эти значения также не совпадают с числом циклов экс-

центриситета E_{5-2} . Как правило, границы свит Северо-Западного Кавказа и пачек Юго-Западного Крыма по возрасту совпадают с границами рубежей веков или их частей, но они различны по продолжительности.

Объемы отдельных свит Северо-Западного Кавказа в целом отвечают отрезкам кривой эвстатических флуктуаций уровня океана. Так, кохотская и керкетская свиты отражают относительно высокое стояние уровня моря, ананурская и натухайская свиты соответствуют регрессивному тренду, а ахейская — трансгрессивному.

Корреляция циклостратиграфической и магнито-стратиграфической шкал. Анализ ЦШ показывает, что совпадение четырех разнопорядковых циклов эксцентриситета в течение позднего мела возникало 12 раз — во время циклов $E_7^1, E_2^3, E_2^{10}, E_2^{16}, E_2^{21}, E_2^{28}, E_2^{33}, E_2^{39}, E_2^{46}, E_2^{49}, E_2^{51}, E_2^{69}$. Смена интервалов прямой полярности на обратную, согласно магнито-стратиграфической шкале [10], приходится на циклы $E_2^{36}, E_2^{44}, E_2^{58}, E_2^{59}, E_2^{64}, E_2^{66}, E_2^{69}, E_2^{72}, E_2^{78}$. В эти моменты (кроме рубежа магнитохрон 34 и 33) имело место совмещение (а иногда и совпадение границ) трех разнопорядковых четных номеров циклов (E_{2-5}). Рубеж между магнитохронами 34 и 33 отвечает совпадению границ конца циклов E_2^{36}, E_3^{12} и середины цикла E_4^8 , а между магнитохронами 33 и 32 — моменту совмещения рубежей начала цикла E_2^{58} , конца цикла E_3^{20} и первой трети цикла E_5^8 .

Время совмещения границ концов циклов E_2^{66} и E_3^{22} и начала последней трети цикла E_4^{14} — граница магнитохрон 32 и 31, а момент совпадения границ конца циклов E_2^{72} и E_3^{24} , начала циклов E_4^{16} и E_5^{10} — граница магнитохрон 31 и 30. Рубеж между магнитохронами 30 и 29 коррелирует со временем совпадения границ концов циклов E_2^{78} и E_3^{26} и начала последней трети цикла E_5^{10} .

Границы магнитохрон обычно приурочены к рубежам циклов четвертого или пятого порядка. Только рубеж магнитохрон 34 и 33 совпадает с наименьшим числом смен разнопорядковых циклов и маркируется границей между циклами E_3^{12} и E_3^{13} , а граница зон 32 и 31 вообще не совпадает с границами циклов эксцентриситета. Смена 33-й хронозоны на 32-ю маркируется границами циклов E_4^{12} и E_4^{13} , а также E_3^{19} и E_3^{20} . Переход 32-й хронозоны в 31-ю отмечается совмещением циклов $E_2^{66}, E_3^{22}, E_4^{14}$. Смена 31-й магнитохроны на 30-ю коррелирует с рубежом между циклами E_4^{15} и E_4^{16} и близка к границам циклов E_3^{24} и E_3^{25}, E_5^9 и E_5^{13} . Граница между 30-й и 29-й хронозонами проходит в верхней части цикла E_3^{26} и тяготеет к его границе со следующим циклом того же порядка.

Таким образом, смены эпох прямой и обратной полярности четко коррелируют с рубежами совпадения циклов эксцентриситета, как правило, трех разных порядков, одновременно маркируются границами циклов эксцентриситета, за исключением рубежа магнитохрон 32 и 31.

Внутри- и межконтинентальный реперный циклит, представленный триадой известняковых пластов, встречен в терминальном сеномане (время цикла E_2^{13}) Евразии (Западная и Восточная Европа) и Африки, что позволяет циклостратиграфически сопоставить разрезы Франции, Украины (Крым), Нигерии и США [4]. Интересно отметить, что этот реперный уровень соответствует океаническому бескислородному событию ОАЕ-2, вызвавшему формирование битуминозных прослоев на рубеже сеноманского и туронского веков.

Второй реперный уровень встречен в разрезах Испании и Крыма в терминальном маастрихте и представлен 12 пластами или 6 циклитами [3]. Такие же реперные уровни в отложениях другого возраста скорее всего будут установлены в будущем.

Заключение. Сформулируем основные выводы работы по всем трем статьям.

1. Апробация циклостратиграфической шкалы на разрезе турона—нижнего сантона Стойленского ГОКа показала хорошие результаты:

- порядковый номер элементарных пластовых циклитов и соответствующих им циклов Миланковича разного порядка хорошо устанавливается в стратиграфически полных разрезах;

- определение номера циклита (цикла) в разрезах, содержащих стратиграфические перерывы, которые представлены видимыми в обнажении поверхностями типа “твердое дно”, возможно до определенного порядка. Чем меньше длительность перерыва, тем ниже порядок циклитов (циклов), по которым этот перерыв фиксирован, и большее число порядков рангов ЦМ идентифицируется в разрезе и наоборот. Продолжительность долговременных перерывов, а также время формирования толщ, имеющих базальные, терминальные или многочисленные эрозийные внутриформационные границы, не может быть точно определена при помощи короткопериодичных ЦМ;

- апробация шкалы на разрезах Русской плиты и Юго-Западного Крыма подтвердила правомерность привязки ЦМ к разрезу, а также циклостратиграфической корреляции пластовых циклитов и самой модели предложенной шкалы;

- сделана коррекция ранга четырех циклитов в нижнем сантоне разреза Стойленского ГОКа: они понижены в ранге на порядок — до циклов E_2^{31-34} . Скорректирована величина скорости седиментации: она была менее 3,2, но более 1,27 см/тыс. лет.

2. Корреляция границ местных стратиграфических подразделений разного масштаба для верхнемеловых отложений Юго-Западного Крыма и Северо-Западного Кавказа с границами циклов Миланковича по ЦШ не выявила четкой связи. Вместе с тем совмещение магнито-стратиграфической и циклостратиграфической шкал показало связь границ хронозон прямой и обратной полярности с эпохами совпадения разнопорядковых циклов Миланковича. Эпохи совмещения циклов имеют важное историко-геологи-

ческое (событийное) значение, а значит, и корреляционное, о чем было написано ранее в работе [6].

3. Выявлены два реперных уровня, которые представлены триадой известняковых пластов терминального сеномана в разрезах Западной и Восточной Европы, Северной Америки и Африки (время цикла E_2^{13}) и дюжиной пластов (шестью циклитами) в разрезах терминального маастрихта Западной Европы, отвечающих второй половине 77-го цикла и 78-му циклу E_2 . Первый реперный уровень соответствует океаническому бескислородному событию ОАЕ-2, а второй (следует за циклом E_2^{76}) отвечает времени совпадения четырех четных разнопорядковых циклов эксцентриситета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев А.С. Верхний мел // Геологическое строение Качинского поднятия Горного Крыма. Стратиграфия мезозоя / Под ред. О.А. Мазаровича, В.С. Милеева. М., 1989. С. 123—135.
2. Афанасьев С.Л. Флишевая формация. Закономерности строения и условия образования. М., 1993.
3. Габдуллин Р.Р. Ритмичность верхнемеловых отложений Русской плиты, Северо-Западного Кавказа и Юго-Западного Крыма (строение, классификация, модели формирования). М., 2002.
4. Габдуллин Р.Р. Циклостратиграфическая корреляция карбонатных разрезов терминального сеномана Европы, Африки и Северной Америки // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2003. № 4. С. 17—24.
5. Габдуллин Р.Р. Циклостратиграфическая шкала верхнего мела Русской плиты и ее южного обрамления. Статья 1. Предпосылки и принципы создания шкалы // Там же. 2004. № 2. С. 11—20.
6. Габдуллин Р.Р. Циклостратиграфическая шкала верхнего мела Русской плиты и ее южного обрамления. Статья 2. Совмещение шкал и циклов Миланковича // Там же. 2004. № 3. С. 28—34.
7. Габдуллин Р.Р., Иванов А.В. О гетерохронности верхнемеловых карбонатных отложений Русской плиты // Изв. вузов. Геология и разведка. 2003. № 6. С. 3—18.

4. Дальнейшая апробация ЦШ на разрезах сеномана—кампана Евразии и других регионов позволит провести послойную циклостратиграфическую корреляцию верхнемеловых отложений в глобальном планетарном масштабе и определить новые ключевые реперные уровни, что в свою очередь позволит создать уточненную и модифицированную ЦШ.

Автор глубоко признателен А.С. Алексееву за консультации и рецензирование работы. Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 02—05—64576 и 03—05—06221-мас и гранта научных школ НШ—326.2003.5.

8. Первушов Е.М., Гудошников В.В., Староверов В.Н. и др. Горизонты ожелезнения в верхнемеловых отложениях Саратовского Правобережья (стратиграфическое положение и структурная приуроченность) // Мат-лы к 1-му Всерос. литол. совещ. 19—21 декабря 2000 г. Т. 2. М., 2000. С. 99—103.
9. Первушов Е.М., Гудошников В.В., Ермохина Л.И., Барбошкин Е.Ю. Закономерности фосфатонакопления и фосфоритообразования в меловое—палеогеновое время в пределах Правобережного Поволжья // Там же. С. 104—108.
10. Hardenbol J., Thierry J., Farley M.B. et al. Cretaceous biostratigraphy. Mesozoic and cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European Basins // SEPM Spec. Publ. 1998. Vol. 60. Chart 5.
11. Haq B.U., Hardenbol J., Vail P.R. Chronology of the fluctuating sea-level since the Triassic // Science. 1987. Т. 235, N 4793. P. 1156—1167.
12. Naidin D.P., Volkov Yu.V. Eustasy and late cretaceous seas of the East-European Platform // Zbl. Geol. Palaeont. 1996. Т. I, N 11/12. P. 1225—1232.
13. Nikishin A.M., Ziegler P.A., Stephenson R.A., Ustinova M.A. Santonian to Paleocene tectonics of the East-European Craton and adjacent areas // Bull. de L'Institut R. des Sci. Nat. de Belgique. Sciences de la Terre. 1999. 69-Supp. A. P. 147—160.

Поступила в редакцию
14.10.2003

УДК 553.411

В.М. Константинов, Г.А. Пельмский

ТОНКОЕ ЗОЛОТО РОССЫПЕЙ

Известно, что при разработке россыпей происходят значительные потери золота. Полностью теряется находящееся в других минералах и породах связанное золото и частично свободное золото, вымываемое при гравитационном способе добычи. Уже на стадии разведки россыпей, согласно действующим инструк-

циям [1], из пробы удаляется галечный и эфельный материал, что приводит к полному удалению связанного золота. Дальнейшая промывка в лотках или бутах, сопровождающаяся отмучиванием пробы, приводит к почти полному смыву мелких и тонких частиц золота. Очевидно, что при использовании таких мето-