

УДК 552.147

Ю.В. Ростовцева¹, А.И. Рыбкина²

ЦИКЛОСТРАТИГРАФИЯ ПОНТИЧЕСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОЧНОГО ПАРАТЕТИСА (РАЗРЕЗ МЫСА ЖЕЛЕЗНЫЙ РОГ, ТАМАНЬ)

В ходе изучения магнитной восприимчивости верхнемиоценовых пород разреза мыса Железный Рог (Тамань) впервые получены данные о циклостратиграфии понтических отложений Восточного Паратетиса. Статистическими методами, включающими построение Lomb-Scargle- и REDFIT-периодограмм, выявлены циклы, связанные с долгопериодными колебаниями инсоляции (прецессией и изменением наклона земной оси). Предполагается наличие перерыва длительностью около 150–200 тыс. лет на границе новороссийских и портаферских слоев, который отражает наступление максимума Мессинского кризиса солености в Средиземноморье.

Ключевые слова: миоцен, Мессинский кризис солености, понт, Восточный Паратетис, магнитная восприимчивость, циклостратиграфия.

Pontian cyclostratigraphy of the Eastern Paratethys is ever defined by magnetic susceptibility Miocene sediments of the Zheleznyy Rog section (Taman Region). Based on statistical processes, including Lomb-Scargle and REDFIT periodograms, cyclicities related to solar forcing (precession and obliquity) were detected. It is assumed that erosional surface between Lower and Upper Pontian sediments corresponds to «intra-Pontian gap» of 150–200 kyr duration occurred due to the onset of maximum Messinian Salinity Crisis.

Key words: Miocene, Messinian salinity crisis, Pontian, Eastern Paratethys, magnetic susceptibility, cyclostratigraphy.

Введение. В конце миоцена в Средиземноморском бассейне произошло резкое изменение палеогеографических условий, обусловленное наступлением Мессинского кризиса солености. Выявление влияния этого события на историю развития Восточного Паратетиса связано с острой дискуссией о стратиграфическом положении понтического региояруса и его соотношении с мессинием. По последним данным комплексных стратиграфических исследований, возраст нижней границы понта может соответствовать ~6,1–6,04 млн лет [Krijgsman et al., 2010; Radionova et al., 2012]. Возраст верхней границы понта оценивается по-разному и, по мнению большинства ученых, может отвечать 5,3–5,2 или 4,7 млн лет [Trubikhin, 1989; Krijgsman et al., 2010; Radionova et al., 2012]. Согласно этим представлениям, понтический региоярус сопоставим с верхней частью мессиния и, возможно, частично соответствует низам плиоцена. В этом случае максимум наступления Мессинского кризиса солености, обусловивший образование эрозионной поверхности (MES) в Средиземноморье с 5,6 по 5,5 млн лет, приходится на понтическое время в пределах Эвксино-Каспия [The Messinian..., 2008]. По мнению ряда исследователей, мессинская эрозионная поверхность в Средиземноморье изохронна границе размыва между отложениями

нижнего и верхнего понта, установленной в Центральном и Восточном Паратетисе [Gillet et al., 2007; Попов, Невеская, 2007; Ростовцева, 2009а, 2012]. Согласно представлениям, изложенным в работе [Krijgsman et al., 2010], мессинской эрозионной поверхности может отвечать граница между камышбурунскими слоями плиоцена и нижележащими толщами. Данные циклостратиграфии, впервые полученные в ходе изучения понтических отложений разреза мыса Железный Рог, способствуют более детальному восстановлению геологических событий, происходивших на рубеже миоцена и плиоцена.

Материалы и методы исследования. Объект исследования — отложения понта, вскрытые на Черноморском побережье Тамани в районе мыса Железный Рог (рис. 1). Детальное описание этого разреза, в котором кроме слоев понта прослеживаются мэотические и верхнесарматские толщи, приводится в многочисленных публикациях [Андрусов, 1917; Певзнер и др., 2003; Попов, Застрожнов, 1998; Ростовцева, 2009б]. В изучаемом районе отложения понта представлены в основном глинами, мощность которых составляет около 100 м. В разрезе выделяются новороссийские слои нижнего понта, а также портаферские и босфорские слои верхнего понта [Андрусов, 1917; Невеская и др.,

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра литологии и морской геологии, профессор; e-mail: rostovtseva@list.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра литологии и морской геологии, аспирантка; Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геофизический центр Российской академии наук; e-mail: a.gybkina@gcras.ru

2004]. Портаферские слои отличаются своеобразным литологическим строением — среди выше- и нижележащих глин выражены прослои детритовых известняков и глинистой брекчии. В ходе работ исследованы переходные слои между мэотисом и понтом (интервалы с общей мощностью около 30 м), а также кровельная часть портафера и босфорские слои (интервал мощностью 41 м). Остальные части разреза понта из-за плохой обнаженности детально не изучались, в пределах этих участков проводилось лишь точечное обследование. К переходным слоям между понтом и мэотисом отнесена толща глин, содержащих моновидовой комплекс диатомей с *Actinocyclus octonarius*.

Для получения данных о циклостратиграфии измерена магнитная восприимчивость пород (*K*), слагающих рассматриваемые интервалы разреза. Измерения проводили непрерывно через каждые $20 \pm 1 - 2$ см по разрезу (вкрест простирания слоев) каппаметром КТ-5 («Geofyzika BRNO», Чехия). В каждой точке сделано три замера. Всего получено около 1050 определений. В дальнейшем данные обрабатывались статистическими методами с построением Lomb-Scargle- и REDFIT-периодограмм, а также с помощью программы AnalySeries [Schulz, Mudelsee, 2002; Paillard et al., 1996].

В результате термомагнитного анализа образцов пород из разных частей разреза, проведенного с использованием каппаметра «Multi-Function Kappabridge» («ACICO», Чехия) в лаборатории кафедры динамической геологии МГУ имени М.В. Ломоносова, установлено, что в изучаемых отложениях основные минералы — носители намагниченности представлены сульфидами железа (например, пирротинном).

Результаты исследований и их обсуждение. Установлено, что магнитная восприимчивость (*K*) пород в переходных слоях между мэотисом и понтом характеризуется значениями от 0,04 до $0,16 \cdot 10^{-3}$ ед. СИ, в кровельной части портафера и босфорских слоях — от 0,03 до $0,32 \cdot 10^{-3}$ ед. СИ. Глины портаферских и босфорских слоев в целом отличаются более высокими величинами *K* (в среднем $0,13 \cdot 10^{-3}$ ед. СИ), отмечены отдельные аномальные значения ($0,19 \pm 0,32 \cdot 10^{-3}$ ед. СИ). Среднее значение *K* пород переходных слоев между понтом и мэотисом составляет $0,1 \cdot 10^{-3}$ ед. СИ. Прослои известняков и диатомитов, встречающиеся эпизодически в изучаемом разрезе, имеют более низкие показатели *K* по сравнению с глинами.

Спектральный анализ эквидистантных рядов данных магнитной восприимчивости переходных слоев между мэотисом и понтом позволил выявить три интервала циклов с резко выраженными пиковыми значениями (рис. 2). В одном из них выделяется единич-

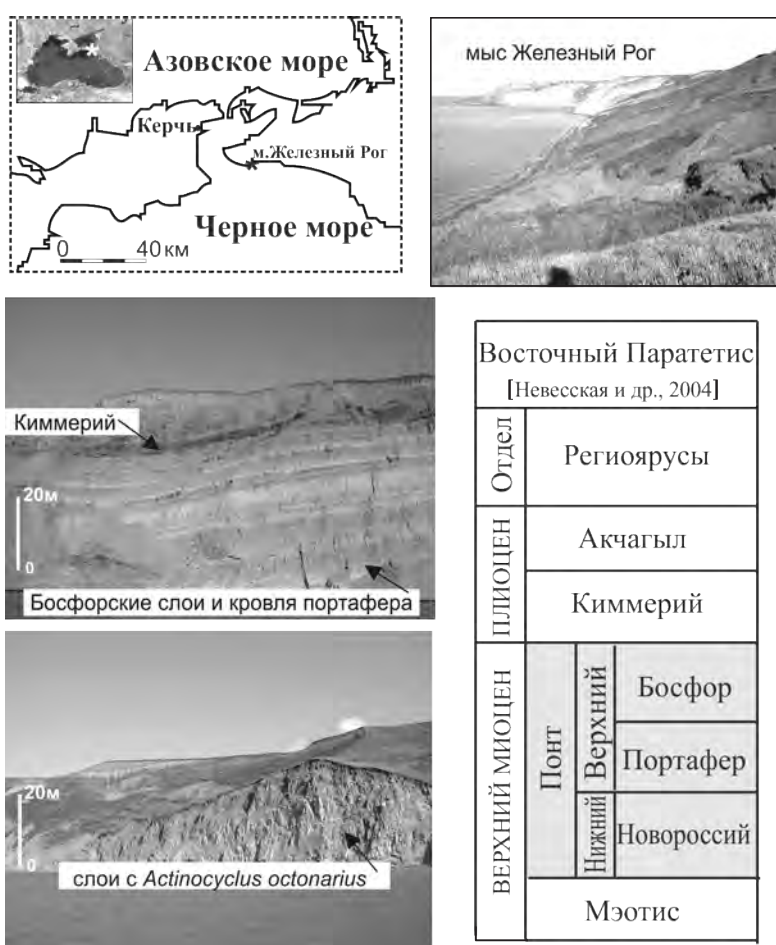


Рис. 1. Расположение, общий вид и стратиграфическое расчленение изучаемых понто-тетиских отложений Восточного Паратетиса (разрез мыса Железный Рог, Тамань)

ный пик, который превышает интервал спектральных шумов с 95%-м уровнем доверия, что указывает на высокую степень достоверности выявленного циклического колебания. Рассматриваемый пик отвечает циклу протяженностью около 7 м (7,1 и 7,8 м на Lomb-Scargle- и REDFIT-периодограммах соответственно). На других интервалах выделяются также циклы длиной около 4; 3–3,2 и 1,36 м.

Отложения верхнего понта характеризуются интервалами циклов, которые во многом подобны установленным в переходных слоях между мэотисом и понтом. В этих отложениях пиковое значение, соответствующее длине цикла в 4 м, выходит за рамки спектрального шума. Установлен интервал с пиковым значением, равным циклу протяженностью около 8 м (8,0 и 8,2 м на Lomb-Scargle- и REDFIT-периодограммах соответственно). Этот интервал характеризуется широкой амплитудой с пограничными значениями, отвечающими длине циклов 7 и 9,5 м, что позволяет сопоставлять его с интервалом, выделяемым в нижележащих отложениях, с протяженностью цикла ~7 м (рис. 2). Разницу мощности циклов (7 и 8 м), отражающих периодичность действия одного и того же глобального процесса, можно объяснить изменением

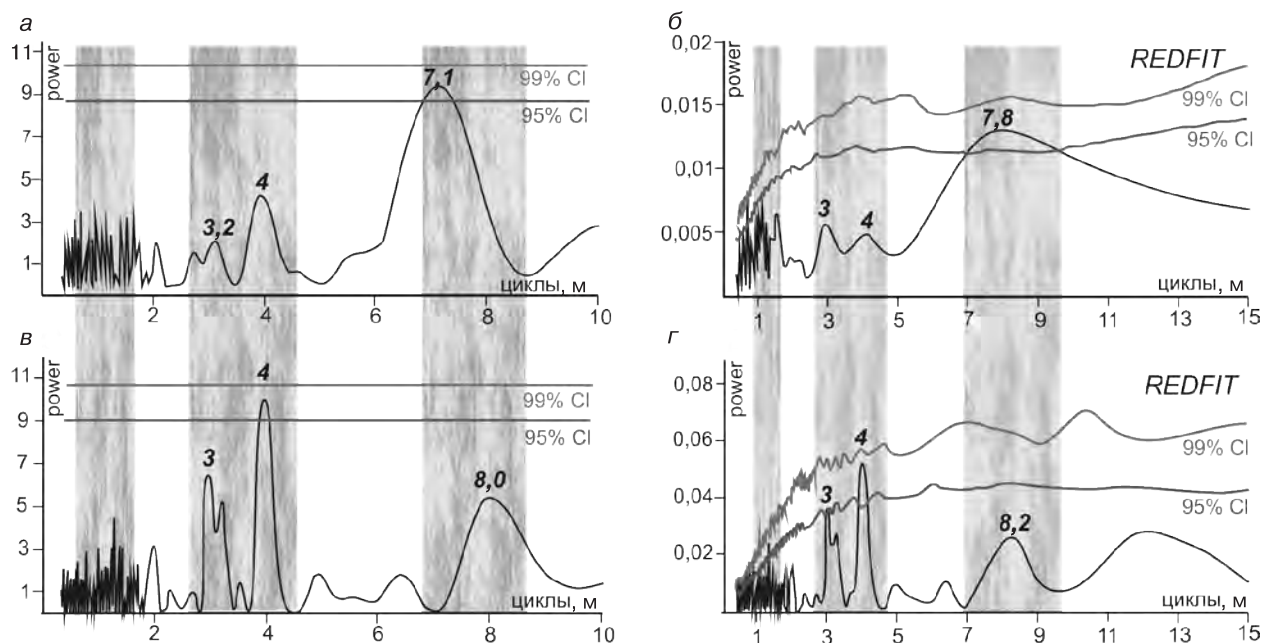


Рис. 2. Lomb-Scargle- (*a, v*) и REDFIT-периодограммы (*б, з*) спектрального анализа данных о магнитной восприимчивости изучаемых пород (разрез мыса Железный Рог, Тамань): *a, б* — переходные слои между эоценом и плиоценом (слои с *Actinocyclus octonarius*); *в, з* — кровля портафера и босфорские слои

скорости седиментации (немного большей в конце понта). Скорость седиментации в среднем составляла $\sim 0,15\text{--}0,16$ мм/год.

Похожие результаты спектрального анализа, полученные для разных частей изучаемого разреза, свидетельствуют о наличии общей закономерности строения рассматриваемых толщ, которая связана с проявлением факторов астрономического масштаба.

Данные о магнитной восприимчивости пород в дальнейшем анализировались с помощью программы AnalySeries, позволяющей использовать разложение Гаусса и пиковые значения циклов, выявленные по Lomb-Scargle-периодограммам. За основу этих построений выбраны циклы с длиной 7 и 8 м, свойственные изучаемым отложениям. В результате анализа установлено, что переходные слои между эоценом и плиоценом характеризуются двумя широкими пиками циклических колебаний.

Верхнеплиоценовым отложениям отвечают два неполных цикла, разделенных интервалом с менее выраженными пиками периодических изменений. Полученные данные сопоставлены с кривой изменения эксцентриситета орбиты Земли с учетом имеющихся возрастных датировок изучаемых отложений (рис. 3).

Результаты исследований и их обсуждение. Известно, что плиоценовые отложения в разрезе мыса Железный Рог в самой нижней его части характеризуются прямой полярностью пород, а вверх по разрезу имеют обратную намагниченность [Trubikhin, 1989; Певзнер и др., 2003; Vasiliev et al., 2011]. Многочисленные данные комплексных стратиграфических исследований, полученные в последнее время [Vasiliev et al., 2011; Radionova et al., 2012], подтверждают точку зрения В.М. Трубикина, высказанную им еще в 1989 г., о со-

ответствии прямонамагнитных плиоценовых отложений верхам хрона С3An, а обратнонамагнитных — хрону С3r. Возраст верхней границы хрона С3An составляет 6,033 млн лет [Hilgen et al., 2012]. В изучаемых отложениях смена знака намагниченности пород прослеживается вблизи подошвы диатомита «Ch» (рис. 3), залегающего на 20–25 м выше мощной пачки глин с моновидовым комплексом диатомей *Actinocyclus octonarius*. Пачка этих глин (переходные слои между эоценом и плиоценом) характеризуется двумя пиками астрономических колебаний с длиной цикла ~ 15 м.

Учитывая палеомагнитные датировки пород, а также характер циклических изменений (число и интенсивность пиков, длину циклов), астрономические колебания, установленные в слоях глин с *Actinocyclus octonarius*, сопоставляются с изменениями эксцентриситета орбиты Земли в интервале 6350–6150 тыс. лет назад (рис. 3). Накопление этих слоев, скорее всего, происходило синхронно с формированием самых верхних частей формации Триполи и миоценовых доэвапоритовых диатомовых слоев о-ва Гавдос (слои Metochia A) в Средиземноморье. Полученные данные хорошо согласуются с представлениями о заключительном этапе формирования формации Триполи, выделяемом с 6290 тыс. лет назад и связанном с увеличением солености поверхностных вод, возникновением стрессовых условий и усилением изоляции Средиземноморского бассейна [Blanc-Valleron et al., 2002].

В разрезе мыса Железный Рог обратнонамагнитные плиоценовые отложения перекрыты киммерийскими породами, отвечающими хрону С3n и имеющими прямую полярность [Trubikhin, 1989; Vasiliev et al., 2011]. Возраст нижней границы хрона С3r составляет 5,235 млн лет [Hilgen et al., 2004], и указанные

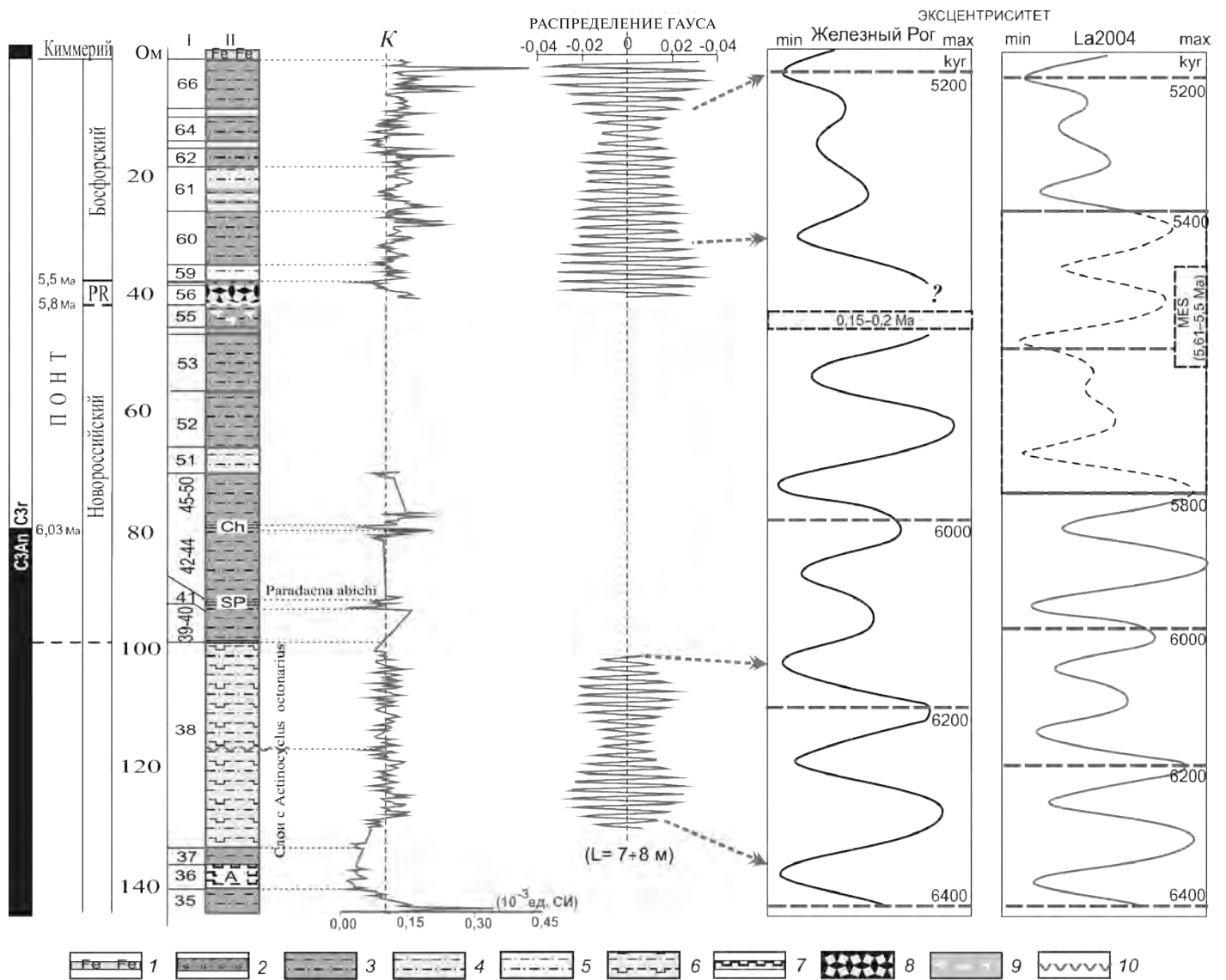


Рис. 3. Результаты AnalySeries-анализа данных о магнитной восприимчивости изучаемых пород (разрез мыса Железный Рог, Тамань): I — номера слоев, по [Ростовцева, 2009б], II — литологическая колонка; 1 — сидерит; 2 — детритовый известняк; 3–6 — глины: алевритовые (3), известковые (4), алевритовые и известковые (5), диатомовые (6); 7 — диатомит (A, SP, Ch, по [Radionova et al., 2012]); 8 — глинистая брекчия; 9 — почвенный горизонт; 10 — вулканический пепел. PR — портаферские слои, K — магнитная восприимчивость, MES — мессинская эрозионная поверхность

киммерийские отложения по данным магнитостратиграфии не могут быть древнее. Рассматриваемые верхнепонтические отложения характеризуются интервалом, в центральной части которого выделяются два циклических колебания пониженной интенсивности. Подобные циклы при рассмотрении изменчивости солнечной радиации в самом конце миоцена отмечаются с 5800 до 5600 и с 5400 до 5200 тыс. лет назад. Учитывая, что этим циклам отвечает большая часть босфорских слоев верхнего понта, нижняя граница которых датируется ~5500 тыс. лет [Krijgsman et al., 2010], а также принимая во внимание возраст киммерийских отложений, представляется, что рассматриваемые циклические колебания, скорее всего, соответствуют интервалу с 5400 по 5200–5160 тыс. лет назад.

Необходимо отметить, что стратотипический разрез понтических отложений находится на Керченском

п-ове (г. Аршинцево), где установлены босфорские слои [Андрусов, 1917; Невеская, Стеванович, 1985; Стратиграфия..., 1986]. Наличие этих слоев в более глубоководных миоценовых отложениях Тамани, в районе, сопредельном с Керченским п-овом, не вызывает сомнений и подтверждается результатами многочисленных работ [Андрусов, 1917; Невеская, Стеванович, 1985; Стратиграфия..., 1986; Попов, Застрожных, 1998; Певзнер и др., 2003; Невеская и др., 2004; Radionova et al., 2012].

Согласно данным, приведенным в [Krijgsman et al., 2010], возраст нижней границы портаферских слоев может составлять ~5800 тыс. лет, длительность портафера — ~300 тыс. лет. Этому периоду в разрезе мыса Железный Рог отвечают портаферские слои мощностью 4–6 м. За интервал сходной длительности в босфорское время накопились отложения мощно-

стью около 40 м. Такое различие в строении верхнепонтических толщ наряду с другими литологическими признаками (резкая смена состава пород, характеристики нижней границы портафера и др.) [Ростовцева, 2009а, 2012] свидетельствует о небольшой скорости седиментации, перемыше или значительном перерыве в осадконакоплении в портаферское время. На это также указывают данные о циклостратиграфии рассматриваемых толщ (рис. 3).

По соотношению мощности и числа циклов, установленных в изучаемых отложениях, а также их корреляции с кривой изменения эксцентриситета орбиты Земли предполагается, что на границе позднего и раннего понта существовал размыв, фиксирующий перерыв в осадконакоплении длительностью около 150–200 тыс. лет. Следует также отметить, что между понтом и азовскими слоями киммерия (разрез у ст. Тамань) прослеживается эрозионная граница, но с меньшим масштабом размыва по сравнению с внутривосточной. В кровле азовские слои имеют прямую намагниченность и выше сменяются камышбурскими отложениями также с прямой полярностью [Radionova et al., 2012]. Породам, отвечающим времени формирования мессинской эрозионной поверхности (MES), свойственна обратная намагниченность.

При сопоставлении мощности отложений и длительности их накопления предполагается, что циклы мощностью 7 и 8 м, скорее всего, связаны с периодами колебания угла наклона земной оси к плоскости ее орбиты (~41 000 лет), а мощностью около 3 и 4 м — с лунно-солнечной прецессией (~19 000, 22 000 и 24 000 лет).

Выводы. 1. Впервые получены данные о циклостратиграфии понтических отложений Восточного

Паратетиса в ходе изучения верхнемиоценовых толщ разреза мыса Железный Рог (Тамань).

2. Установлено, что в строении отложений отражена астрономическая климатическая изменчивость, известная как циклы Миланковича. В рассматриваемых отложениях периоду в 41 000 лет (изменение наклона оси) могут соответствовать циклы мощностью 7 и 8 м, периодам 19 000, 22 000 и 24 000 лет (прецессии) — циклы мощностью ~3 и 4 м. Скорость седиментации (в среднем 0,15–0,16 мм/год) в конце понта была несколько выше, чем в его начале.

3. По данным циклостратиграфии, накопление переходных слоев между понтом и мзотисом (слои с *Actinocyclus octonarius*) происходило примерно с 6350 до 6150 тыс. лет назад. Возраст нижней границы босфорских слоев может составлять около 5400 тыс. лет, верхней — 5200–5160 тыс. лет.

4. На границе новороссийских и портаферских слоев предполагается перерыв в осадконакоплении длительностью около 150–200 тыс. лет, который связан с развитием мессинской эрозионной поверхности в Средиземноморье. Эти данные хорошо согласуются с особенностями литологического строения понтических отложений и представлениями о наличии внутривосточного размыва [Gillet et al., 2007; Ростовцева, 2009а, 2012]. Общая длительность понта составляет около 0,9–1 млн лет.

Авторы статьи выражают искреннюю признательность Н.В. Лубниной, О.В. Пилипенко, Р.В. Веселовскому за научные консультации и техническую поддержку исследований, а также А.К. Керн (Государственный музей естественной истории Штутгарта, Германия) за помощь в освоении методов циклостратиграфии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Андрусов Н.И. Понтический ярус // Изв. геол. ком. 1917. Т. 4. Ч. 2, вып. 2. С. 1–41.

Невеская Л.А., Коваленко Е.И., Белуженко Е.В. и др. Объяснительная записка к унифицированной региональной стратиграфической схеме неогеновых отложений южных регионов европейской части России. М.: ПИН РАН, 2004. 83 с.

Невеская Л.А., Стеванович П.М. Понтический этап развития Паратетиса // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1985. № 9. С. 36–51.

Певзнер М.А., Семенов В.Н., Вангенгейм Э.А. Положение понта Восточного Паратетиса в магнитохронологической шкале // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2003. Т. 11, № 5. С. 72–81.

Попов С.В., Застрожнов А.С. Опорные разрезы неогена Восточного Паратетиса (Таманский полуостров) // Путеводитель экскурсии. Волгоград; Тамань, 1998. 27 с.

Попов С.В., Невеская Л.А. Колебания уровня моря и события в Средиземноморье и в Паратетисе в мессине // Палеострат-2007. Годичное собрание секции палеонтологии МОИП. Москва, 29–30 января 2007 г.: Программа и тезисы докладов. М.: ПИН РАН, 2007. С. 21–22.

Ростовцева Ю.В. Мессинское событие в Восточном Паратетисе (на примере отложений понта Таманского прогиба) // Геология морей и океанов: Мат-лы XVIII Между-

нар. науч. конф. (школы) по морской геологии. Т. 1. М.: ГЕОС, 2009а. С. 280–285.

Ростовцева Ю.В. Послойное описание верхнемиоценовых отложений разреза мыса Железный Рог Таманского полуострова (Восточный Паратетис) // Актуальные проблемы неогеновой и четвертичной стратиграфии и их обсуждение на 33-м Междунар. геол. конгрессе (Норвегия, 2008 г.): Мат-лы Всеросс. науч. совещания. М.: ГЕОС, 2009б. С. 109–114.

Ростовцева Ю.В. Седиментогенез в бассейнах среднего и позднего миоцена Восточного Паратетиса (стратотипический Керченско-Таманский регион): Автореф. докт. дисс. М., 2012. 48 с.

Стратиграфия СССР. Неогеновая система. I п/т. М.: Недра, 1986. 420 с.

Blanc-Valleron M.-M., Pierre C., Caulet J.P. et al. Sedimentary, stable isotope and micropaleontological records of paleoceanographic change in the Messinian Tripoli Formation (Sicily, Italy) // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2002. Vol. 185. P. 255–286.

Gillet H., Lericolais G., Rehault J.-P. Messinian event in the Black sea: Evidence of a Messinian erosional surface // Marine Geol. 2007. Vol. 244. P. 142–165.

Hilgern F.J., Lourens L.J., Van Dam J.A. et al. The Neogene Period // A Geological Time Scale. 2012. Vol. 2. Set. Cambridge University Press, 2012. 949 p.

Krijgsman W., Stoica M., Vasiliev I., Popov V.V. Rise and fall of the Paratethys Sea during the Messinian Salinity Crisis // Earth and Planet. Sci. Lett. 2010. Vol. 290. P. 183–191.

Paillard D., Labeyrie L., Yiou P. Macintosh program performs timeseries analysis // Transactions of the Amer. Geophys. Un. 1996. Vol. 77. 379 p.

Radionova E.P., Golovina L.A., Filippova N.Yu. et al. Middle-Upper Miocene stratigraphy of the Taman peninsula, Earsten Paratethys // Central Europ. J. Geosci. 2012. Vol. 4, N 1. P. 188–204.

Schulz M., Mudelsee M. REDFIT: estimating red-noise spectra directly from unevenly spaced paleoclimatic time series // Computers&Geosciences. 2002. Vol. 28. P. 421–426.

Trubikhin V.M. Paleomagnetic data for the Pontian // Chronostratigraphie and Neostatotypen. Bd 8. Zagreb; Beograd, 1989. P. 76–79.

Vasiliev I., Iosifidi A.G., Khramov A.N. et al. Magnetostratigraphy and radio-isotope dating of upper Miocene–lower Pliocene sedimentary successions of the Black Sea Basin (Taman Peninsula, Russia) // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2011. Vol. 310. P. 163–175.

Поступила в редакцию
04.03.2014