

В. Г. Иванов, В. И. Шмуратко

ГЛЯЦИОЭВСТАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ЧЕРНОГО МОРЯ В ПЛЕЙСТОЦЕНЕ

Викладається методика побудови теоретичної кривої гляціоевстатичних змін рівня Чорного моря в плейстоцені, яка базується на гіпотезі нелінійної залежності ізотопно-кисневого сигналу і рівня Світового океану. Наводиться приклад використання запропонованої кривої для створення серії неотектонічних моделей, подальша емпірична перевірка яких дозволить по-новому підійти до вивчення просторово-часових закономірностей новітньої тектоніки північно-західного регіону Чорного моря.

The author puts forward a methodology for composition of a theoretical curve of glacial-eustatic changes of the Black Sea level in the Pleistocene, based on the hypothesis of non-linear correlation of the oxygene-isotope signal and the Ocean level. The example is provided how to use the proposed curve to create a series of neotectonic models. Their empirical verification would allow to find new ways in the studies of spatial-temporal regularities of the newest tectonics of the North-Western region of the Black Sea.

Проблема колебаний уровня Черного моря в плейстоцене представляет не только теоретический, но и практический интерес. Ее правильное разрешение позволит корректно выполнить корреляцию речных и морских террас в Северо-Западном Причерноморье. Это, в свою очередь, поможет решить принципиально важные вопросы картирования четвертичных отложений в пределах современной акватории северо-западного шельфа Черного моря и прилегающей суши. Кроме того, рассматриваемая проблема связана с вопросом оценки скоростей современных неотектонических движений и выявлением главных тенденций современного регионально-тектогенеза.

Известно, что "содержание" геолого-геоморфологической летописи, которая потенциально могла сохраниться в рассматриваемом регионе, во многом определялось совместным действием двух главных факторов: гляциоэвстатизации и неотектоники. Пространственное положение и фациальный состав отложений, их взаимоотношения в разрезе, характер сохранности и степень фрагментарности – все это предопределялось прежде всего гляциоэвстатическими колебаниями уровня Черноморского бассейна и режимом региональных вертикальных движений земной коры.

Важной особенностью северо-западного шельфа, создающей затруднения в изучении истории геологического развития региона, является чрезвычайно высокая степень фрагментарности геологической летописи. Это связано с тем, что многократно повторившиеся трансгрессии и регрессии моря развивались на фоне срав-

нительно незначительных (либо разнонаправленных) вертикальных тектонических движений. Поэтому создание наиболее полных и достоверных сценариев геологического прошлого вряд ли возможно исключительно на эмпирической основе. Фрагментарность летописи неизбежно порождает фрагментарность эмпирических знаний. "Заполнение" пропусков возможно только на теоретической основе. Впечатляющие достижения последних десятилетий в изучении глубоководных осадков плиоцена – плейстоцена дают такую теоретическую основу.

Цель данной работы – изложить основные принципы построения теоретической кривой гляциоэвстатических изменений уровня Черного моря, которая в дальнейшем может играть роль наиболее полного и непрерывного палеогеографического "эталона". Сопоставление фрагментов геологической летописи с этим эталоном и целенаправленное накопление нового фактического материала на этой методологической основе позволят быстрее и надежнее выявить недостающие звенья геологической и неотектонической истории.

Как известно [21 и др.], сущность изотопно-кислородного анализа сводится к изучению изотопного состава кислорода раковин морских микроорганизмов, зависящего от изотопного состава воды, в которой жили эти организмы, и от ее температуры. К настоящему времени создана шкала изотопных стадий и получена составная эквидистантная кривая изотопно-кислородного сигнала с шагом 3000 лет (!) для последних 3 млн лет [15, 17]. Кроме того, в ряде мест земного шара изучены лестницы морских террас либо отдельные террасы [7–9, 11, 12, 16, 21], которые

© В. Г. Иванов, В. И. Шмуратко, 2003

позволяют с определенной степенью достоверности коррелировать изотопные данные с геоморфологическими. Все это является благоприятной предпосылкой для построения теоретической кривой гляциоэвстатических изменений уровня океана. Установлено [1], что Черноморский бассейн на протяжении большей части последнего миллиона лет восстанавливал двухстороннюю связь со Средиземным морем и океаном в эпохи межледниковий. Это дает возможность построить кривую гляциоэвстатических вариаций уровня Черного моря.

Первая расчетная гляциоэвстатическая кривая Мирового океана предложена в работе [12]. Она была вычислена по изотопно-кислородной кривой при допущении, что изменение изотопного сигнала на 0,1‰ эквивалентно изменению уровня океана на 10 м. При этом считалось, что зависимость между указанными параметрами сохраняет линейный характер во всем диапазоне их изменений.

Позднее было высказано мнение о том, что эта зависимость, вероятнее всего, должна быть нелинейной [6, 14]. В работе [5] предложена гипотеза, объясняющая нелинейный характер связи между изотопно-кислородным сигналом и гляциоэвстатическим уровнем Мирового океана. Сущность гипотезы сводится к следующему. В ходе гляциально-дегляциального цикла изотопно-кислородный состав воды, изымаемой из океана и накапливающейся в виде льда в покровных ледниках, закономерно изменяется от наиболее "легкой" в фазе климатического пессимума (эпохи оледенений) до наиболее "тяжелой" в фазе климатического оптимума (межледниковья). При этом, судя по данным бурения льда Гренландии и Антарктиды [2, 15], изотопно-кислородный состав льда также не остается постоянным. Чем выше уровень океана (чем меньше льда на планете), тем изотопно более "тяжелым" оказывается накапливающийся лед, т. е. чем ниже уровень океана, тем "легче" лед покровных ледников. Именно поэтому зависимость между объемом льда на планете и изотопно-кислородным сигналом глубоководных летописей не во всем диапазоне остается линейной.

Особенно отчетливо нелинейный характер этой зависимости проявляется в эпохи межледниковий. Нелинейность приводит к тому, что рассматриваемые кривые не тождественны друг другу. Следовательно, в определенном смысле не могут быть тождественными геоморфологическая и палеоклиматическая геохронологические шкалы.

Рис. 1 иллюстрирует связь между изотоп-

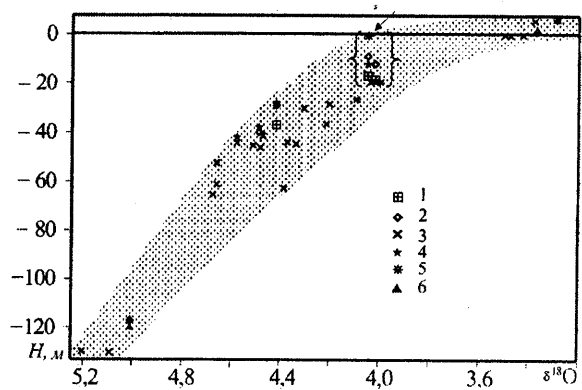


Рис. 1. Зависимость между величиной изотопно-кислородного сигнала ($\delta^{18}\text{O}$) и гляциоэвстатическим уровнем Мирового океана

Точками указано восстановленное по полевым наблюдениям положение уровня моря (морских террас), по данным: 1 – R. S. Harmon et al. [11], 2 – J. C. Shackleton et al. [16], 3 – N. J. Shackleton [17], 4 – P. Aharon, J. Chappell [7], 5 – H. L. Vacher, P. Hearty [21], P. Hearty [12]; 6 – точки, соответствующие эпохам климатического оптимума голоцена, максимальной регрессии последнего оледенения и климатического оптимума плейстоцена, для которых, учитывая известные факты, условно приняты соответственно следующие уровни океана: +6, -120 и +2 м

но-кислородным сигналом и уровнем моря. Для количественной оценки этой связи удобно пользоваться некоторым коэффициентом. Назовем коэффициентом $K_{\delta H}$ величину гляциоэвстатического изменения уровня Мирового океана (в м), которая соответствует изменению изотопно-кислородного сигнала на 0,1‰. Из рис. 1 следует, что пересчет изотопно-кислородной кривой в гляциоэвстатическую кривую однозначно выполнить трудно из-за большого разброса имеющихся данных. Однако достаточно уверенно можно говорить о том, что коэффициент $K_{\delta H}$ изменяется не линейно, а экспоненциально уменьшается при повышении уровня океана. По мере приближения уровня океана к современному уменьшение изотопно-кислородного сигнала на одну и ту же величину следует интерпретировать как все меньшее и меньшее повышение уровня океана (рис. 1). Поэтому при дегляциации, начиная с некоторого времени, кривая объема льда начнет отставать в своем росте от изотопно-кислородной кривой.

Очевидно, что в случае справедливости данных рассуждений точность пересчета изотопно-кислородной кривой в гляциоэвстатическую кривую будет зависеть от точности харак-

тера изменения коэффициента $K_{\text{ЭН}}$. В интересующем нас аспекте наиболее важная неопределенность формы этой кривой связана с интервалом, который выделен на рис. 1 фигурными скобками. Главный вопрос заключается в следующем: при достижении изотопно-кислородным сигналом значений вблизи 4‰, увеличивается ли глобальный объем льда до современных его значений, или же он соответствует гляциоэвстатическому уровню океана на 10–15 м ниже современного? Рассматриваемая альтернатива имеет непосредственное отношение к проблеме гляциоэвстатического режима океана в течение последних 130 тыс. лет, точнее в эпохи потеплений, соответствующих изотопно-кислородным стадиям 5e (126–115 тыс. лет назад), 5c (105–94 тыс. лет назад), 5a (82–71 тыс. лет назад) и 3 (60–21 тыс. лет назад). Естественно, что разрешение этой проблемы могло бы стать ключом к правильному пониманию последних страниц геологической истории Черноморского бассейна и его северо-западного шельфа.

На рис. 1 стрелкой помечена точка, которая характеризует верхнее предельное значение $K_{\text{ЭН}}$. Она соответствует прибрежно-морским отложениям, изученным на одном из Багамских островов (о-в Эльютера) [21]. Х. Л. Вачер и П. Харти пришли к выводу, что в эпоху изотопно-кислородной подстадии 5a уровень моря в течение не продолжительного времени находился на от-

метках 0...+1 м относительно современного. В работе [12] можно найти данные по геологическому строению террас о-ва Эльютера, повторяющие и подтверждающие вывод о высоком положении уровня моря (0...+1 м) около 80 тыс. лет назад.

Вместе с тем есть материалы по морским террасам, которые, по мнению изучавших их авторов, свидетельствуют о том, что уровень океана в эпоху подстадии 5a находился на 10–15–20 м ниже современного [7, 8, 16, 22 и др.]. Таковы, в частности, данные по террасам, сохранившимся на Новой Гвинее и на Гавайских островах. Впервые они были изучены Р. К. Мэтьюзом и К. Дж. Месолеллой на о-ве Барбадос [13 и др.].

Результаты двух вариантов пересчета изотопно-кислородной кривой в гляциоэвстатическую кривую на основе гипотезы нелинейности $K_{\text{ЭН}}$ показаны на рис. 2.

Теоретическая кривая изменений уровня Черноморского бассейна (рис. 2, кривая III) построена на основе багамской модели уровня океана. При этом был принят ряд допущений, подробно изложенных в работе [5].

Можно назвать три ключевых вопроса, которые являются принципиально важными для разрешения прежде всего палеогеографических и неотектонических проблем северо-западного шельфа Черного моря и прилегающей суши:

1) каким было максимально высокое гипсо-

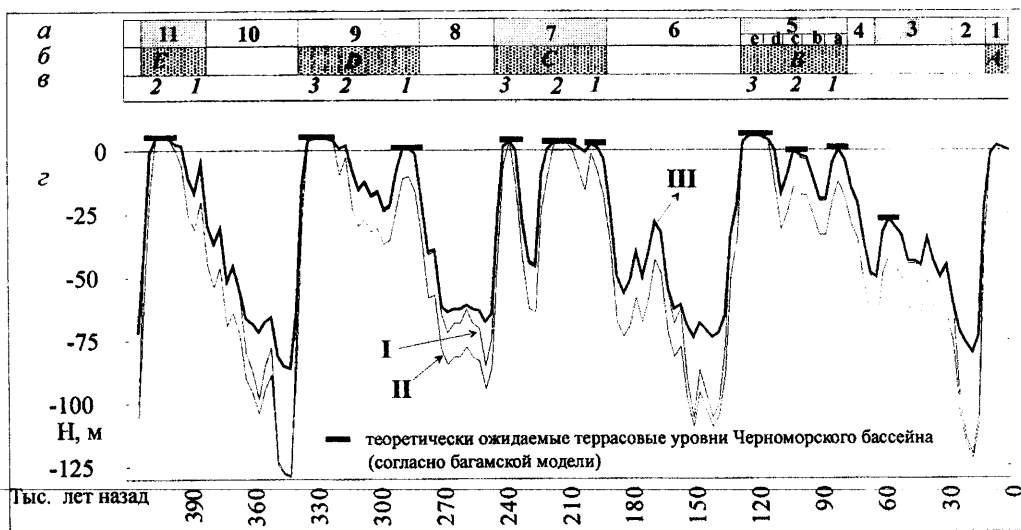


Рис. 2. Гляциоэвстатические изменения уровня Мирового океана, восстановленные по эталонной изотопно-кислородной кривой на основе гипотезы нелинейности коэффициента $K_{\text{ЭН}}$ [5]

a – шкала изотопно-кислородных стадий Эмилиани–Шеклтона–Олдайка; гляциоэвстатические трансгрессивные этапы (б) и фазы (в) [5]; z – кривые гляциоэвстатических изменений уровня Мирового океана и Черноморского бассейна: I – багамская модель, II – барбадосская модель, III – кривая изменений уровня Черного моря, вычисленная на основе багамской модели

метрическое положение уровня Черноморского бассейна в трансгрессивные эпохи, соответствующие изотопным стадиям 5с, 5а и 3?

2) какие фрагменты геологической летописи, сохранившейся в пределах современного северо-западного шельфа Черного моря, отвечают трансгрессиям названных изотопно-кислородных стадий?

3) каким прибрежно-морским отложениям, выявленным в пределах северо-западного шельфа, соответствуют теоретически ожидаемые террасовые уровни трансгрессивных гляциоэвстатических этапов В, С и D?

Ответ на первый вопрос можно получить на теоретической основе однако он не будет однозначным до тех пор, пока существуют сомнения относительно глобального объема льда во время стадии 5а. Поэтому в ходе региональных исследу-

ований необходимо принимать во внимание обе гляциоэвстатические модели – и барбадосскую, и багамскую.

Очевидно, что комплексное решение перечисленных вопросов возможно только в ходе целенаправленных исследований по предварительно разработанной программе. Отдельные элементы подобной программы могут быть намечены, исходя из тех или иных представлений об изменении уровня Черноморского бассейна. В частности, теоретическая гляциоэвстатическая кривая допускает численное моделирование, которое позволит ответить на вопрос о современном гипсометрическом положении древних морских террас при различных режимах вертикальных тектонических движений.

Лиманно-морские четвертичные отложения северо-западного шельфа изучаются давно,

Т а б л и ц а 1. Теоретически ожидаемые современные высоты древних морских террас на северо-западном шельфе Черного моря, вычисленные на основе багамской модели

А		9		7			5e	5c	5a
Б		D		C			B		
В		3	1	3	2	1	3	2	1
Г		327	285	237	213	198	120	102	81
Д		+5,5	+0,8	+3,8	+3,8	+2,4	+6,0	0	+0,4
Е	-0,05	-10,9	-13,5	-8,0	-6,8	-7,5	0	-5,1	-3,7
	-0,06	-14,2	-16,3	-10,4	-9,0	-9,5	-1,2	-6,1	-4,5
	-0,07	-17,4	-19,2	-12,8	-11,1	-11,5	-2,4	-7,1	-5,3
	-0,08	-20,7	-22,0	-15,2	-13,2	-13,4	-3,6	-8,2	-6,1
	-0,09	-24,0	-24,9	-17,5	-15,4	-15,4	-4,8	-9,2	-6,9
	-0,10	-27,2	-27,7	-19,9	-17,5	-17,4	-6,0	-10,2	-7,7
	-0,11	-30,5	-30,6	-22,3	-19,6	-19,4	-7,2	-11,2	-8,5
	-0,12	-33,8	-33,4	-24,6	-21,8	-21,4	-8,4	-12,2	-9,3
	-0,13	-37,0	-36,3	-27,0	-23,9	-23,3	-9,6	-13,3	-10,2
	-0,14	-40,3	-39,1	-29,4	-26,0	-25,3	-10,8	-14,3	-11,0
	-0,15	-43,6	-42,0	-31,7	-28,1	-27,3	-12,0	-15,3	-11,8
	-0,16	-46,8	-44,8	-34,1	-30,3	-29,3	-13,2	-16,3	-12,6
	-0,17	-50,1	-47,7	-36,5	-32,4	-31,2	-14,4	-17,3	-13,4
	-0,18	-53,4	-50,5	-38,8	-34,5	-33,2	-15,6	-18,4	-14,2
	-0,19	-56,6	-53,4	-41,2	-36,7	-35,2	-16,8	-19,4	-15,0
	-0,20	-59,9	-56,2	-43,6	-38,8	-37,2	-18,0	-20,4	-15,8
	-0,21	-63,2	-59,0	-46,0	-40,9	-39,2	-19,2	-21,4	-16,6
-0,22	-66,4	-61,9	-48,3	-43,1	-41,2	-20,4	-22,4	-17,4	
-0,23	-69,7	-64,8	-50,7	-45,2	-43,1	-21,6	-23,5	-18,2	
-0,24	-73,0	-67,6	-53,1	-47,3	-45,1	-22,8	-24,5	-19,0	
-0,25	-76,2	-70,4	-55,8	-49,4	-47,1	-24,0	-25,5	-19,8	

Здесь и в табл. 2: А – изотопно-кислородные стадии; Б – индексы гляциоэвстатических трансгрессивных циклов [5]; В – номера гляциоэвстатических трансгрессивных фаз [5]; Г – возраст климатического оптимума данной трансгрессивной фазы (в тыс. лет); Д – гипсометрическая отметка максимального уровня Мирового океана в эпоху формирования данной террасы (в метрах относительно современного); Е – средняя скорость вертикальных тектонических движений земной коры в пределах северо-западного шельфа Черного моря, мм/год (поднятия – знак “+”, опускания – знак “-”). Остальные пояснения см. в тексте.

и многие аспекты их состава и строения известны с достаточной степенью достоверности из работ нескольких поколений геологов (Н. И. Андрусов, А. Д. Архангельский и Н. М. Страхов, А. Е. Невесский и Л. А. Невеская, П. В. Федоров, М. Ф. Веклич, Ю. Г. Баландин, В. М. Воскобойников, П. Ф. Гожик, Г. И. Иванов, В. Г. Иванов, Ю. И. Иноземцев, Л. В. Ищенко, В. А. Карпов, Е. Г. Конигов, Б. И. Краковский, Я. К. Луцив, В. И. Мельник, П. Н. Науменко, В. И. Огородников, Л. И. Пазюк, Н. Н. Палатная, М. Ф. Ротарь, В. Н. Семененко, М. Г. Сибирченко, Н. Н. Тращук, В. Г. Чирка, Е. Ф. Шнюков, Ю. Д. Шуйский, И. Я. Яцко и др.). Тем не менее после создания детальной геохронологической шкалы плиоцена–плейстоцена, основанной на современных методах исследований (изотопно-кислородный анализ глубоководных отложений, методы абсолютного датирования, магнитостратиграфия и др.), появились новые проблемы. Их оптимальное разрешение мы склонны связывать с необходимостью пересмотра ранее известных фактов и целенаправленным получением нового фактического материала, который следует интерпретировать в рамках теоретических моделей, учитывающих современные достижения в изучении плиоцен-плейстоценовых глубоководных отложений.

Картирование четвертичных отложений северо-западного шельфа позволило выявить фрагменты прибрежно-морских отложений, которые свидетельствуют о залегании древних береговых линий на нескольких гипсометрических уровнях (около -7, -13,5, -20,5, -25, -31, -32, -37, -49 м); в придунайской части шельфа отложения, коррелятные указанным береговым линиям, находятся соответственно на отметках -3, -6, -11, -15, -20, -30, -35, -43 м, согласно данным В. Г. Иванова и других геологов за 1987 г. Однозначное сопоставление перечисленных террасовых уровней с известными региональными стратиграфическими схемами вызывает затруднения. Это связано, в частности, с чрезвычайно высокой фрагментарностью летописи, с отсутствием надежных датировок прибрежно-морских отложений и критериев, которые позволили бы однозначно и достоверно коррелировать эти отложения с изотопно-кислородными стадиями (например, сопряженные горизонты отложений карангатского (тирренского) типа в северо-западном регионе Черного моря неразличимы по малакофауне).

Облегчить идентификацию фрагментов древних береговых линий и их корреляцию с

глубоководной летописью может анализ относительно простых моделей возможных тектонических режимов земной коры в пределах северо-западного шельфа. В табл. 1 и 2 приведены вычисленные нами современные гипсометрические уровни древних террас при различных средних скоростях вертикальных тектонических движений земной коры. Исходное положение террас определяли из теоретической гляциоэвстатической кривой Черноморского бассейна. Гидроизостазис, литоизостазис и геоидальный эффект при вычислениях не учитывали. Иначе говоря, под средней скоростью вертикальных тектонических движений в данном случае понимается алгебраическая сумма всех перечисленных факторов.

В обеих таблицах жирным шрифтом выделены цифры, близкие к перечисленным выше уровням древних террас, выявленных на северо-западном шельфе, а специальными вертикальными линиями – группы террасовых уровней, каждая из которых в силу преобладания опусканий может сохраняться в летописи как отдельная терраса.

Очевидно, что теоретически можно создать множество относительно правдоподобных неотектонических моделей, которые будут удовлетворять как багамской, так и барбадосской гляциоэвстатическим кривым Черноморского бассейна. Главные задачи, которые необходимо решить для создания таких моделей, следующие:

1) провести геохронологическую идентификацию террасовых уровней, т. е. их корреляцию с той или иной стадией изотопно-кислородного эталона (геохронологическая задача);

2) выполнить стратиграфическую привязку террасовых уровней, т. е. их корреляцию со средиземноморскими и каспийскими региональными горизонтами и ярусами, а также с кавказской, каспийской и средиземноморской “лестницами” террас (стратиграфическая задача).

Решение геохронологической и стратиграфической задач позволило бы “вычислить”, зная гляциоэвстатическую кривую, закономерности дифференцированных движений геоблоков, в пределах которых расположены фрагменты террасовых уровней. Однако обе эти задачи применительно к известной геологической летописи северо-западного шельфа до сих пор полностью не решены. Поэтому однозначная корреляция фрагментов морских террас на северо-западном шельфе с этапами и фазами гляциоэвстатической шкалы нередко затруднительна.

Ниже приводится пример построения обоб-

Т а б л и ц а 2. Теоретически ожидаемые современные высоты древних морских террас на северо-западном шельфе Черного моря, вычисленные на основе барбадосской модели

A	9		7			5e	5c	5a	
Б	D		C			B			
В	3	1	3	2	1	3	2	1	
Г	327	285	237	213	198	120	102	81	
Д	+5,5	-9,2	+4,8	+3,8	-0,1	+6,0	-13,4	-11,3	
Е	+0,06	+25,1	+7,9	+19,0	+16,6	+11,8	+13,2	-7,3	-6,4
	+0,05	+21,8	+5,0	+16,6	+14,4	+9,8	+12,0	-8,3	-7,2
	+0,04	+18,6	+2,2	+14,3	+12,3	+7,2	+10,8	-9,3	-8,1
	+0,03	+15,3	-0,6	+11,9	+10,2	+5,8	+9,6	-10,3	-8,9
	+0,02	+12,0	-3,5	+9,5	+8,1	+3,9	+8,4	-11,4	-9,7
	+0,01	+8,8	-6,4	+7,2	+5,9	+1,9	+7,2	-12,4	-10,5
	0	+5,5	-9,2	+4,8	+3,8	-0,1	+6,0	-13,4	-11,3
	-0,01	+2,2	-12,1	+2,4	+1,7	-2,1	+4,8	-14,4	-12,1
	-0,02	-1,1	-14,9	+0,1	-0,4	-4,1	+3,6	-15,4	-12,9
	-0,03	-4,3	-17,8	-2,3	-2,6	-6,1	+2,4	-16,4	-13,7
	-0,04	-7,6	-20,6	-4,7	-4,7	-8,1	+1,2	-17,4	-14,5
	-0,05	-10,9	-23,5	-7,0	-6,8	-10,0	0	-18,5	-15,4
	-0,06	-14,2	-26,3	-9,4	-9,0	-12,0	-1,2	-19,5	-16,2
	-0,07	-17,4	-29,2	-11,8	-11,1	-14,0	-2,4	-20,5	-17,0
	-0,08	-20,7	-32,0	-14,2	-13,2	-16,0	-3,6	-21,6	-17,8
	-0,09	-24,0	-34,9	-16,5	-15,4	-18,0	-4,8	-22,6	-18,6
	-0,10	-27,2	-37,7	-18,9	-17,5	-19,9	-6,0	-23,6	-19,4
	-0,11	-30,5	-40,6	-21,3	-19,6	-21,9	-7,2	-24,6	-20,2
	-0,12	-33,8	-43,4	-23,6	-21,8	-23,9	-8,4	-25,6	-21,0
	-0,13	-37,0	-46,3	-26,0	-23,9	-25,9	-9,6	-26,6	-21,8
	-0,14	-40,3	-49,1	-28,4	-26,0	-27,9	-10,8	-27,7	-22,6
	-0,15	-43,6	-52,0	-30,7	-28,1	-29,8	-12,0	-28,7	-23,4
	-0,16	-46,8	-54,8	-33,1	-30,3	-31,8	-13,2	-29,7	-24,3
	-0,17	-50,1	-57,7	-35,5	-32,4	-33,8	-14,4	-30,7	-25,1
	-0,18	-53,4	-60,5	-37,8	-34,5	-35,8	-15,6	-31,8	-25,9
-0,19	-56,6	-63,4	-40,2	-36,7	-37,7	-16,8	-32,8	-26,7	
-0,20	-59,9	-66,2	-42,6	-38,8	-39,7	-18,0	-33,8	-27,5	
-0,21	-63,2	-69,0	-45,0	-40,9	-41,5	-19,2	-34,8	-28,3	
-0,22	-66,4	-71,9	-47,3	-43,1	-43,7	-20,4	-35,8	-29,1	
-0,23	-69,7	-74,8	-49,7	-45,2	-45,6	-21,6	-36,9	-29,9	
-0,24	-73,0	-77,6	-52,1	-47,3	-47,6	-22,8	-37,9	-30,7	
-0,25	-76,2	-80,4	-54,4	-49,4	-49,6	-24,0	-38,9	-31,6	

щенной неотектонической модели северо-западного шельфа, основанной на стратиграфической схеме морского плейстоцена, разработанной В. Г. Ивановым в 1987 г. [4]. Если следовать указанной схеме, то фрагменты морских террас на современных отметках -7, -14, -21, -25 и -31 м наиболее логично сопоставлять с гляциозватическими этапами В1, В2, В3, С, и D, соответственно.

Очевидно, что на современном уровне знаний допустимы и другие варианты корреляции. Можно привести факты, позволяющие до появления новых данных считать именно эту схему (обратная лестница террас) наиболее приемлемой рабочей гипотезой:

1. Отложения морских террас на современ-

ных отметках -14 м и ниже часто перекрыты суглинками субаэрального происхождения, представленными одним, а иногда и несколькими разновозрастными горизонтами.

2. Террасовые отложения уровня -7 м, как правило, не перекрыты континентальными отложениями и содержат многочисленные хорошо сохранившиеся остатки малакофауны карангатского типа.

3. Отдельными скважинами вскрыто несколько горизонтов морских отложений, чередующихся в разрезе с отложениями субаэрального происхождения.

4. Отложения, слагающие Днестровскую банку (уровень -7 м), соответствуют самой последней доголоценовой трансгрессии карангат-

ского типа. Эти отложения, представляющие собой древнюю косу, на отдельных участках шельфа подстилаются отложениями более древней морской (-14 м).

В табл. 1 и 2 затемнены клетки, соответствующие рассмотренной выше схеме корреляции морских террас шельфа и гляциоэвстатических этапов (изотопно-кислородных стадий). Из таблиц видно, что и в случае багамской, и в случае барбадосской моделей скорость опусканий земной коры в пределах шельфа должна была заметно изменяться. Для багамской модели, которая представляется более приемлемой, средняя скорость опусканий в течение последних 300 тыс. лет равна 0,11 мм/год, последних 200 тыс. лет - 0,43 мм/год, 120 тыс. лет - 0,22 мм/год, 100 тыс. лет - 0,13 мм/год, 80 тыс. лет - 0,10 мм/год (табл. 1).

Важно обратить внимание на относительно резкое ускорение опусканий на интервале времени, соответствующем последнему 100-летнему гляциально-дегляциальному циклу (5-1 изотопно-кислородные стадии). Ускорение опусканий земной коры возможно как по причинам исключительно эндогенным (эндотектоническим), так и вследствие гидроизостазии. Причем гидроизостатический эффект, по-видимому, неизбежен в любом случае. По данным С. А. Ушакова и М. С. Красса за 1972 г., вертикальная нагрузка, достаточная для создания разрывных нарушений в литосфере, составляет 1-3 кг/см², что соответствует столбу воды высотой 10-30 м. О высокой изостатической чувствительности земной коры свидетельствуют как многочисленные эмпирические данные А. А. Никонова за 1979 г., М. Е. Артемьева и Е. В. Артюшкова за 1967 г., Н. И. Николаева за 1972 г., G.C.E. Bortolami et al. за 1977 г. и др., так и теоретические соображения. В рамках модели гравитационно-резонансного экзотектогенеза такая чувствительность обосновывается наличием разнорядковых георецепторов радиальной и сферической симметрии [5].

Если дальнейшие исследования подтвердят показанный в табл. 1 "волнообразный" характер изменения скорости опусканий земной коры в пределах шельфа, то это можно будет обобщить для всех гляциоэвстатических трансгрессивно-регрессивных циклов эоплейстоцен-плейстоценовых колебаний уровня Черного моря. Иначе говоря, кривая скорости опусканий шельфа (без учета дифференцированных геоблоковых движений более высоких порядков) в первом приближении может быть получена как зеркально

отраженная гляциоэвстатическая кривая, сдвинутая по оси времени с учетом запаздывания изостатической реакции земной коры.

Принципиальное отличие барбадосской неотектонической модели от багамской состоит в том, что в первом случае вблизи современного уровня -7 м не должно быть террас с возрастом менее 120-125 тыс. лет; в случае же багамской модели на этом гипсометрическом уровне могут быть встречены и более молодые отложения (110-75 тыс. лет). В остальном рассматриваемые неотектонические модели существенно не различаются, кроме амплитуды скоростей вертикальных движений: в случае барбадосской модели амплитуда заметно больше.

Изложенное позволяет констатировать, что основными проблемами неотектоники и палеогеографии четвертичного периода в северо-западном регионе Черного моря, требующими первоочередного решения, являются:

1) корреляция изотопно-кислородных стадий эталонной гляциоэвстатической кривой Мирового океана с гляциоэвстатическими трансгрессивными этапами Черноморского бассейна;

2) уточнение теоретической гляциоэвстатической кривой Черноморского бассейна;

3) создание серии неотектонических моделей дифференцированных геоблоковых вертикальных движений земной коры северо-западного региона Черного моря;

4) целенаправленная эмпирическая проверка всех неотектонических моделей и выбор наиболее правдоподобных в качестве базовых рабочих моделей для дальнейших исследований.

Учитывая неотектоническую специфику северо-западного района Черного моря, его можно использовать как полигон для постановки специальных работ, которые позволят разрешить проблему выбора гляциоэвстатической модели из двух возможных - багамской и барбадосской. Как уже говорилось, проблема заключается в неизвестном пока ответе на вопрос: насколько высоким был уровень Мирового океана в эпоху изотопно-кислородной стадии 5а? Если он достигал современных отметок, то следует принять багамскую модель; если в то время он был на 15-25 м ниже современного, то более правильной следует считать модель барбадосскую. Однако в случае барбадосской модели (поскольку для северо-западного шельфа "запрещены" положительные скорости вертикальных тектонических движений) возраст наиболее молодой трансгрессии карангатского типа

не может быть меньше 120 тыс. лет. Если удастся доказать, что возраст наиболее молодых прибрежно-морских карангатских отложений в пределах верхнего шельфа составляет около 80 тыс. лет, то это будет косвенным подтверждением багамской модели гляциоэвстатических изменений уровня Мирового океана.

1. *Зубаков В. А.* Глобальные климатические события плейстоцена. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 288 с.
2. *Николаев С. Д., Блом Н. С., Николаев В. И.* Палеогеография океанов и морей в кайнозой (по изотопным и микропалеонтологическим данным). – М.: ВИНТИ, 1989. – 196 с. – (Итоги науки и техники. Сер. Палеогеография / ВИНТИ; Т. 6).
3. *Семеновко В. Н.* Стратиграфическая корреляция верхнего миоцена и плиоцена Восточного Паратетиса и Тетиса. – Киев: Наук. думка, 1987. – 232 с.
4. *Стратиграфическая схема четвертичных отложений Украины* / Отв. ред. М. Ф. Веклич. – Киев, 1993.
5. *Шмуратко В. И.* Гравитационно-резонансный экзотектогенез. – Одесса: Астропринт, 2001. – 332 с.
6. *Шмуратко В. И.* Теория М. Миланковича и функциональное моделирование палеоклиматов. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 152 с.
7. *Aharon P., Chappell J.* Oxygen isotopes, sea level changes and the temperature history of a coral reef environment in New Guinea over the last 105 years // *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* – 1986. – Vol. 56. – P. 337–379.
8. *Chappell J.* A revised sea-level record for the last 300,000 years from Papua New Guinea // *Search.* – 1983. – Vol. 14, #3–4. – P. 99–101.
9. *Chappell J., Shackleton N. J.* Oxygen isotopes and sea level // *Nature.* – 1986. – Vol. 324. – P. 137–140.
10. *Emiliani C.* Pleistocene temperatures // *J. Geol.* – 1955. – Vol. 63. – P. 538–578.
11. *Harmon R. S., R. M. Mitterer, N. Kriauasakul et al.* U-series and amino-acid racemization geochronology of Bermuda: implications for eustatic sea-level fluctuation over the past 250,000 years // *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* – 1983. – Vol. 44. – P. 41–70.
12. *Hearty P. J.* The Geology of Eleuthera Island, Bahamas: A Rosetta Stone of Quaternary Strati-

- graphy and Sea-level History // *Quatern. Sci. Rev.* – 1998. – Vol. 17. – P. 333–355.
13. *Mesolella K. J., Matthews R. K., Broecker W. S., Thurbur D. L.* The astronomical theory of climatic change: Barbados data // *J. Geol.* – 1969. – Vol. 77. – P. 250–274.
 14. *Mix A. C., Ruddiman W. F.* Oxygen-Isotope Analyses and Pleistocene Ice Volumes // *Quatern. Res.* – 1984. – Vol. 21. – P. 1–20.
 15. *Oeschger H., Beer J., Seigenthaler U. et al.* Late-glacial climate history from ice cores // *Paleoclim. Res. and Models.* – 1983. – P. 95–107.
 16. *Shackleton J. C., van Andel T. H., Runnels C. N.* Coastal paleogeography of the Central and Western Mediterranean during the last 120,000 years and its archaeological implications // *J. Field Archaeol.* – 1984. – Vol. 11. – P. 307–314.
 17. *Shackleton N. J.* The Plio-Pleistocene ocean: stable isotope history // *Mesozoic and Cenozoic oceans.* – Washington (D.C.): Boulder (Colo), 1986. – P. 141–153.
 18. *Shackleton N. J., Berger A. and Peltier W. R.* An alternative astronomical calibration of the lower Pleistocene timescale based on ODP Site 677 // *Trans. Roy. Soc. Edinburgh. Earth Sci.* – 1990. – Vol. 81. – P. 251–261.
 19. *Shackleton N. J., Opdyke N. D.* Oxygen-isotope and paleomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V28–238: Oxygen isotope temperature and ice volume on a 100 000 and 1 000 000 year scale // *Quatern. Res.* – 1973. – Vol. 3. – P. 39–55.
 20. *Shackleton N. J., Piasias N. G.* Atmospheric carbon dioxide, orbital forcing and climate // *The Carbon Cycle and Atmospheric CO₂: Natural Variations, Archaeal to Present.* Geophysical Monograph Series. – 1985. – Vol. 32. – P. 303–317.
 21. *Vacher H. L., Hearty P.* History of stage 5 sea level in Bermuda: review with new evidence of a brief rise to present sea level during substage 5a // *Quatern. Sci. Rev.* – 1989. – Vol. 8. – P. 159–168.
 22. *Williams D. F., Moore W. S., Fillon R. H.* Role of glacial Arctic Ocean ice sheets in Pleistocene oxygen isotope and sea level records // *Earth and Planet. Sci. Lett.* – 1981. – Vol. 56. – P. 157–166.

Причерномор. гос. регион.
геол. предприятие,
Одесса

Одес. нац. ун-т им. И. И. Мечникова,
Одесса

Статья поступила
05.08.02