

## ЗАГАЛЬНА ТА МОРСЬКА ГЕОЛОГІЯ

УДК 551.461.2:551.79(562.5+563.12)

DOI: 10.18524/2303-9914.2019.2(35).183737

**Т. О. Кондарюк**, спеціаліст палеонтологічного музею  
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,  
ул. Дворянска, 2, Одеса, 65082, Україна  
tanya\_kondaruk@ukr.net

### ТРАНСФОРМАЦІЯ НОВОЗВКСИНСЬКОГО ОЗЕРА В ЧЕРНОЕ МОРЕ НА ГРАНИЦЕ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА И ГОЛОЦЕНА ПО ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Рассматриваются вопросы трансформации новозвксинского озера в Черное море на границе неоплейстоцена и голоцена по палеонтологическим (фораминиферы, остракоды, моллюски) данным с учетом информации по непыльцевым палиноморфам и радиоуглеродным датировкам. Установлено, что граница между верхним неоплейстоценом и голоценом лежит в интервале 9–10 тыс. лет назад. Эта граница характеризуется плавным изменением уровня бассейна. Никаких признаков катастрофического затопления Черного моря в раннем голоцене не обнаружено. Показано, что поздненовозвксинское озеро было солонатоводным в конце неоплейстоцена. В начале голоцена за счет притока средиземноморских вод оно было трансформировано в полуморской (т.е. менее соленый), а по мере развития трансгрессии – в морской бассейн. Соленость Черного моря с начала голоцена повышалась, постепенно достигая современных значений.

**Ключевые слова:** Черное море, палеогеография, граница, голоцен, фораминиферы, остракоды, моллюски, НПП, C<sup>14</sup>.

#### ВВЕДЕНИЕ

Трансформация новозвксинского озера в Черное море на границе неоплейстоцена и голоцена представляет значительный интерес для четвертичной геологии. Спорными остаются вопросы возраста границы, характера трансформации и изменения солености.

Возраст перехода новозвксинского озера в морской бассейн варьирует в довольно широких пределах: 7,2 тыс. лет назад [20], 7,8 тыс. лет назад [14], 8,4 тыс. лет назад [15, 21], 8,9 тыс. лет назад и 9,5 тыс. лет назад [5, 8, 26, 27], ~ 10 тыс. лет назад [1, 3], и 10,5 тыс. лет назад [7].

Характер перехода новозвксинского озера в морской бассейн варьирует от постепенного [10, 11], но с осцилляциями [5, 12, 13, 26, 27], до быстрого [24] и катастрофического [20, 21, 22].

По разным оценкам новоэвксинское озеро было пресноводным [20, 21, 22], слабо солоноватоводным [24], и более солёным со значениями солёность от 7 до 12 PSU [16, 26, 27].

Основная цель работы – реконструкция возраста, характера трансформации и изменения солёности Черноморского бассейна на границе позднего неоплейстоцена и голоцена по данным высокоразрешающего палеонтологического (фораминиферы, остракоды, моллюски) анализа донных отложений с привлечением данных по непыльцевым палиноморфам и радиоуглеродным датировкам.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Район исследований расположен на северо-западном (украинском) и западном (болгарском) шельфе Черного моря (рис. 1).

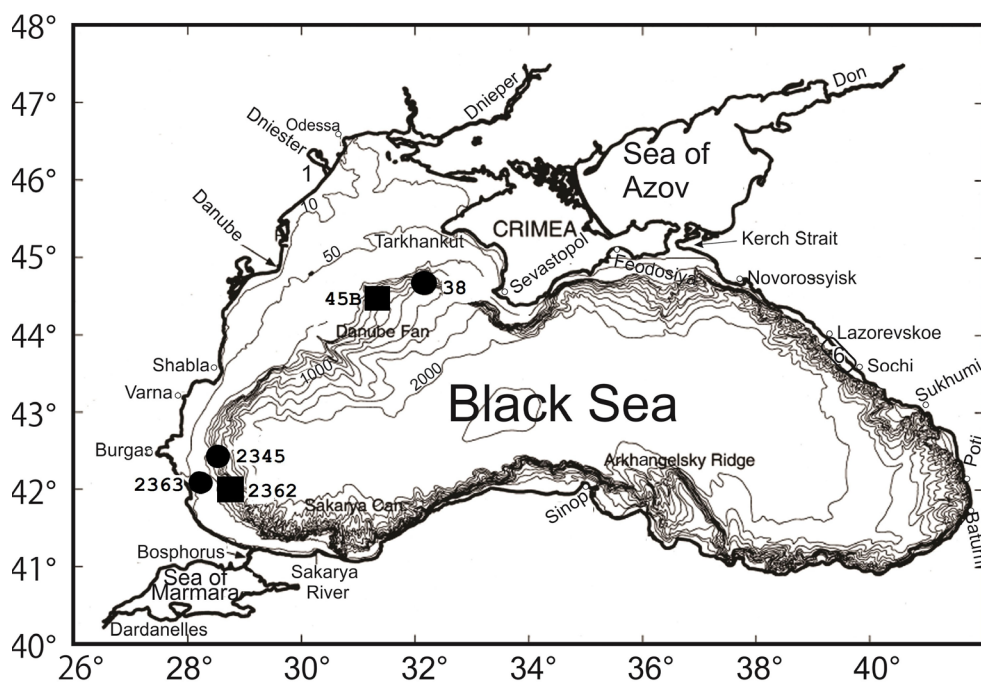


Рис. 1. Карта Черного моря с расположением скважин, описываемых в работе (круги), и приведенные для сравнения из работ Yanko-Hombach et al. [26, 27] (квадраты)

Северо-западный шельф располагается в пределах древней Восточно-Европейской и эпигерцинской Скифской платформ, имеет пологий уклон дна ( $0,001-0,002^\circ$ ) и простирается от украинской части дельты Дуная на западе, мыса Тарханкут (Крым) на востоке и изобаты 400 м на юге. Это самый широкий (125–240 км) шельф в бассейне, который составляет 94% от общей геоморфологической провинции шельфа или около 30% от общей площади Черного моря. Рельеф дна гладкий из-за сброса и распределения наносов, привносимых

Дунаем, Днепром, Днестром и Южным Бугом, которые сбрасывают вместе 56,8 млн. тонн твердых осадков в год [18]. В целом это стабильная в тектоническом смысле область бассейна [9], на которой колебания уровня моря, связанные с климатическими изменениями, четко прослеживаются [26, 27].

Западный шельф в тектоническом отношении не является столь однородным, как северо-западный. На севере примерно в широтах Варны находится Мезинская платформа, которая на юге сменяется альпийскими складчатыми сооружениями. Ширина шельфа к югу от мыса Калиакра варьируется от 40 до 80 км. Средний уклон нижней поверхности не превышает 5'. Край шельфа расположен на глубине 100–200 м. В сторону моря его заменяет довольно узкий, крутой и сильно расчлененный континентальный склон. К югу от мыса Калиакра широкая центральная часть дна выровнена аккумуляционными процессами. Характерной особенностью рельефа внешнего шельфа является наличие ряда реликтовых подводных хребтов, простирающихся вдоль изобат около 90 м, возвышающихся над дном до высоты 10 м. Со стороны берега эти гряды отделены впадиной около 5 м. Четвертичные отложения сформированы, в основном, наносами, поступающими из реки Дунай, а также семи болгарских рек, крупнейшими из которых являются Камчия и Провидийска, вместе сбрасывающие 0,5 млн. тонн осадков в год [18, 19].

Для сравнения использованы результаты исследования микрофауны, представленные другими исследователями [26, 27].

Материалом для микропалеонтологического анализа послужили колонки скважин, отобранные гравитационной трубкой на внешней части украинского (Скв. 38) и болгарского (№2345, №2363) шельфа Черного моря. Скважины были отобраны с борта украинского НИС «Владимир Паршин» и болгарского НИС «Академик Л. Орбели» в 2008 и 1976 гг, соответственно. Все скважины расположены за пределами изобаты 100 м, т.е. на наружном шельфе; длина колонок варьирует от 0,75 м до 5 м (Таблица 1).

Таблица 1

**Координаты и глубина отбора скважин, описываемых или цитированных в работе**

| Скв. | Широта N    | Долгота E   | Глубина моря, м | Длина колонки, м |
|------|-------------|-------------|-----------------|------------------|
| 38   | 44° 66'     | 31° 17'     | 192             | 1,1              |
| 45B  | 44° 40' 16" | 31° 17' 30" | 107             | 0,75             |
| 2345 | 42° 24' 2"  | 28° 19' 0"  | 122             | 4,4              |
| 2362 | 42° 11' 7"  | 28° 26' 5"  | 102             | 5,0              |
| 2363 | 42° 05' 4"  | 28° 03' 8"  | 122             | 2,0              |

Микрофауна исследована по методике В. В. Янко [5, 6]. Раковины отобраны под бинокулярным микроскопом вручную. Подъем тяжелыми жидкостями

не использовался. По своим экологическим характеристикам фораминиферы и остракоды подразделяются по: солености олигогалинные (1–5 PSU), стриктоэвригалинные (11–26 PSU), полигалинные (18–26 PSU), голэвригалинные (1–26 PSU); глубине: мелководные (0–30 м), относительно глубоководные (31–70 м) и глубоководные (71–220 м) виды [5, 6, 26, 27].

Абсолютные датировки: в Скв. 38 выполнены AMS методом по раковинам каспийского вида *Dreissena rostriformis*; в Скв. 2345 – конвенционным ( $\beta$ -counting) вариантом радиоуглеродного метода по раковинам *Mytilus* и *Dreissena*, счет велся по  $C^{14}$ , извлеченному из карбонатов [2].

Доминантные виды фораминифер в новоэвксинских и голоценовых отложениях показаны на рис. 2.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Северо-западный шельф.** Отложения, вскрытые в скв. № 38, представлены 2-мя слоями. Анализ микрофауны и непыльцевых палиноморф (НПП) проведен в 31 образце.

Слой 1 (0–0,53 м) – представлен илом светло-серым. В его подошве (55–53 см) фораминиферы отсутствуют. Зато присутствуют единичные раковины моллюска *Modiolus phaseolinus*. Вверх по колонке количество раковин *M. phaseolinus*, а также видов фораминифер увеличивается до пяти преимущественно глубоководных (71–220 м) видов средиземноморского происхождения. Это стриктоэвригалинные *Ammonia ammoniformis* (доминирует) и полигалинные *Ammonia compacta*, *Lagena vulgaris*, *Fissurina lucida*, *Parafissurina dzemetinica*, обитающие на наружном шельфе Черного моря (рис. 2).

Остракоды представлены тремя морскими видами *Hiltermannicythere rubra*, *Loxosconcha granulata*, *Leptocythere striatocostata*. Непыльцевые палиноморфы (НПП) представлены *Lingulodinium machaerophorum*, и органическими матрицами фораминифер *A. compacta*. В совокупности, перечисленные остатки организмов однозначно указывают на соленость бассейна порядка 18 PSU и безусловную связь со Средиземным морем [17, 26, 27].

В Скв. 45В, описанной и изображенной в работе Yanko-Hombach et al. [27], выделяется три слоя. Слой 1 (0–0,17 м) представлен илом серым с раковинами моллюска *M. phaseolinus*. Фораминиферы (*A. compacta*, *F. lucida*) и остракоды (*Hiltermannicythere rubra*, *Xestoleberis cornelii*) представлены полигалинными формами.

Слой 2 (0,2–0,32 м) представлен илом темнозеленым с раковинами *M. galloprovincialis*. Фораминифер нет. Комплекс остракод включает олигогалинный вид *Loxosconcha lepida* и полигалинный вид *H. rubra*. Радиоуглеродный возраст подошвы слоя в интервал 0.31 м, выполненный по одной створке *Mytilus* 6530±45 BP (OZL583) [15].

Слой 1 и 2 формировались в условиях связи со Средиземным морем, вначале ограниченной (Слой 2), а затем подобной современной (Слой 1).

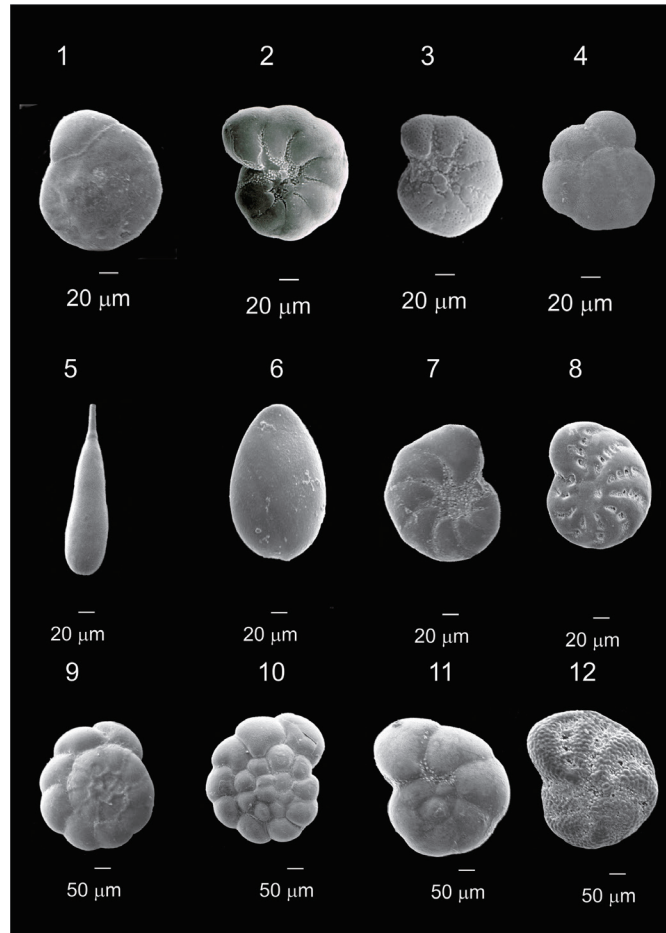


Рис. 2. Руководящие виды фораминифер в новоэвксинских (1 *Ammonia tepida*, 2 *Haynessina anglica*, 3 *Porosonion martkobi tschaudicus*) и голоценовых (4 *Ammonia caspica*, 5 *Lagena vulgaris*, 6 *Parafissurina lateralis*, 7 *Nonion matagordanus*, 8 *Canalifera parkerae*, 9 *Ammonia compacta*, 10 *Ammonia ammoniformis*, 11 *Aubignyna perlucida*, 12 *Elphidium ponticum*) отложениях

Слой 3 (0,4–0,45 м) представлен илом светлосерым вплоть до белого с перетертым детритом раковин моллюсков предположительно *D. polymorpha*. Фораминифер нет. Среди остракод доминирует олигогалинный вид *L. lepida*. Радиоуглеродный возраст подошвы слоя в интервал 0,44 м, выполненный по одной створке *D. rostiformis*  $8820 \pm 70$  (OZL580) [27].

По мнению авторов Слой 1, 2, 3 соответствует морской, полу морской и солоновато водной (поздненовоэвксинской) стадиям, соответственно, развития черноморского бассейна.

**Западный шельф.** Колонки скв. 2345 и 2363 в литологическом плане более разнообразны и литологическая граница между слоями здесь выражена более

четко чем в Скв. 38, однако закономерности распределения фораминифер по разрезу сходны с таковыми в Скв. 38.

Отложения, вскрытые в **Скв. 2345** представлены четырьмя слоями. Фораминиферный анализ выполнен в 18 образцах (рис. 3).

Слой 1 (0–0,9 м) представлен серым илом с раковинами *M. phaseolinus* в верхней (интервал 0,15–0,25 м) и *Mytilus galloprovincialis* в нижней части. Присутствует до 15 видов фораминифер. Доминируют в разных частях интервала 0–0,9 м: средиземноморские стриктогалинные и полигалинные *A. compacta*, *L. vulgaris*, *Parafissurina lateralis*, *Eggerelloides scaber*, *Nonion matagordanus*, *P. dzemetinica*, *Elphidium ponticum*, *Aubignyna perlucida*, *Criboelphidium roeanum* (рис. 3). Для интервала 0,15–0,25 м получена радиоуглеродная датировка 3780 утс ВР (СКВ. 2345).

Скв. 2345 (глубина моря 122 м)

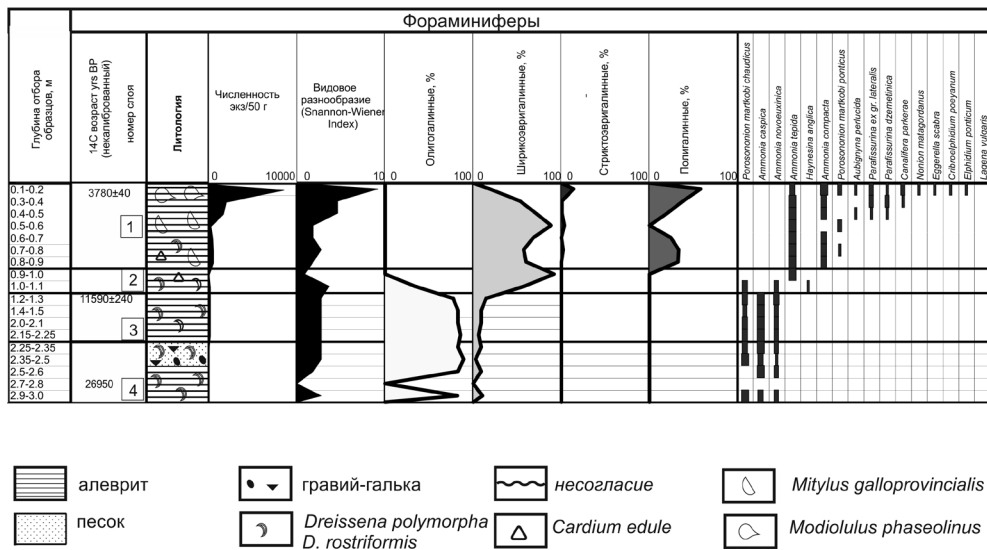


Рис. 3. Распределение фораминифер в скв. 2345

Слой 2 (0,9–1,1 м) представлен серым илом с раковинами *D. rostriformis* и редкими раковинами средиземноморского иммигранта. Здесь присутствуют три вида фораминифер *A. novoeuxinica*, *Porosononion martkobi tshaudicus*, и средиземноморский иммигрант *H. anglica*, указывая на связь черноморского бассейна со Средиземным морем. Постепенное увеличение количества видов, численности и видового разнообразия фораминифер наряду со сменой видового состава и численности моллюсков *C. edule* на *M. galloprovincialis* и далее *M. phaseolinus* от подошвы Слой 2 к кровле Слой 1 свидетельствует о постепенном повышении солености.

Слой 3 (1,2–2,25 м) представлен темносерам плотным илом с раковинами



*D. rostriformis*. Для интервала 1.1–1.25 м получена радиоуглеродная датировка  $11590 \pm 240$  BP (ИОАН-791).

Слой 4 представлен в верхней части (2,25–2,5 м) песком со щебнем, галькой и детритом раковин *Dreissena*; в нижней части (2,25–3,0 м) – это тёмно-серый плотный ил с раковинами *D. rostriformis*. Для интервала 2,75–2,8 м получена радиоуглеродная датировка 26950 yrs BP (ИОАН-162).

Слой 3 и 4 соответствует поздненовоэвксинскому и ранненовоэвксинскому этапу развития новоэвксинского озера, соответственно.

Отложения, вскрытые в Скв. 2363 представлены тремя слоями. Фораминиферовый анализ проведен в 17 образцах.

Слой 1 (0–0,3 м) представлен светло-серым илом с многочисленными раковинами *M. phaseolinus*. Количество видов фораминифер постепенно увеличивается от 2 в подошве слоя до 7–12 в его кровле. В разных частях слоя доминируют стриктоэвригалинные и полигалинные фораминиферы *A. compacta*, *L. vulgaris*, *P. lateralis*, *E. scabra*, *N. matagordanus*, *P. dzemetinica*, *Elphidium ponticum*, *A. perlucida*, *C. poeyanum* (рис. 2).

Слой 2 (0,3–0,4 м) представлен ракушечным детритом и содержит два широкоэвригалинных вида фораминифер *A. tepida* и *H. anglica*.

Слой 3 (0,4–2,0 м) представлен переслаиванием алевритового ила и алевритового известкового песка. Из фораминифер здесь обнаружены *A. tepida* и *P. martkobi tschaudicus*, указывая на новоэвксинский возраст слоя.

В Скв. 2362, описанной и изображенной в работе Yanko-Hombach et al. [26], выделяется 4 слоя, которые несогласно залегают друг на друге. Фораминиферовый анализ выполнен этим автором в 18 образцах.

Слой 1 (0–1,2 м) представлен илом светлосерым алевритовым с обилием раковин *M. phaseolinus* вверху, *M. galloprovincialis* в середине и *Cardium edule* внизу слоя. Комплекс фораминифер включает 16 стриктоэвригалинных и полигалинных видов средиземноморского генезиса. В верхней части слоя доминируют *A. compacta* и *P. lateralis*, в середине – *A. compacta* и *C. parkerae*, в нижней части – *A. tepida* и *E. ponticum*. Экстраполированный радиоуглеродный возраст подошвы слоя 10 300 BP.

Слой 2 (1,1–2,7 м) представлен илом темно-серым алевритовым с обилием раковин моллюсков *D. rostriformis distincta* и *D. polymorpha*. Фораминиферы представлены *A. caspica* и *P. martkobi tschaudicus*.

Слой 3 (2,7–4,0 м) представлен илом темно-серым алевритовым с обилием раковин моллюсков *D. rostriformis distincta* и *D. polymorpha*. Доминантным видом среди фораминифер является голэвригалинный каспийский вид *Ammonia caspica*. Радиоуглеродный возраст подошвы слоя (2,5–2,65 м) 20740 (ИОАН-155). Данный слой имеет ранненовоэвксинский возраст. Соленость бассейна не превышала 5–6 PSU.

Слой 4 (4,0–5,0 м) представлен илом темносерым алевритовым с обилием раковин моллюсков *D. polymorpha* и *Cardium edule*. Количество видов фораминифер

нифер увеличивается до 13 видов за счет появления средиземноморских иммигрантов, например стриктоэвригалинного *N. matagordanus*. Радиоуглеродный возраст подошвы слоя (4,75–5,0 м) 27 295 (ИОАН-155). Данный слой имеет тарханкутский возраст и был сформирован в условия ограниченной связи со Средиземным морем. Во всех вышеописанных скважинах отложения этого возраста не обнаружены, возможно, из-за их недостаточной мощности.

**Соленость новоэвксинского озера.** Фораминиферы не приспособлены к жизни в пресной среде. Как правило, граница между солоноватой и пресноводной средой обитания отмечается по их исчезновению, за исключением аллогромиид с органогенными стенками [23], которые в исследованном материале не обнаружены.

По этой причине наличие относительно разнообразных известковых фораминифер предполагает, что новоэвксинский бассейн не может быть пресноводным, а является солоновато водным. Палеонтологические и геохимические (соленость поровых вод) данные находятся в полном согласии с палеонтологическими данными [27].

Тем не менее, сторонники гипотезы о катастрофическом [20, 21, 22] или быстром [14, 24] затоплении Черного моря на границе новоевксина и голоцена настаивают на том, что новоэвксинское озеро было пресноводным за счет поступления в него огромного количества пресной воды от таяния ледяной шапки на протяжении Melt Water Pulse 1. Это предположение основано на убеждении, что *D. polymorpha* и *D. rostriformis* являются индикаторами пресной воды. Однако, в современном Каспийском море эти моллюски переносят соленость до 13 PSU, аналогично остракодам *Loxococoncha lepida* и фораминиферам *A. caspica*, обнаруженных совместно с дрейссенами в колонках донных отложений.

Таким образом, соленость новоэвксинского бассейна колебалась от 7–8 PSU в раннем до 12 PSU в позднем новоевксине. Повышение солености происходило за счет каспийской трансгрессии, которая имела место в районе 14 000 лет тому назад [26, 27].

**Трансформация солоновато водного новоэвксинского озера в Черное море.** Если бы не было притока из Средиземного моря до 7,2 ка ВР или 8,4 ка ВР [20, 21, 22] (в соответствии с первым и вторым сценариями катастрофического затопления Черного моря), никакие средиземноморские иммигранты не могли бы присутствовать в отложениях древнее, чем 8,4 ка ВР. Однако, как показывают наши и других авторов исследования [26, 27], средиземноморские иммигранты присутствуют в отложениях порядка 10 тыс. лет назад (например, скв. 2362). Если бы колонизация новоэвксинского озера средиземноморскими иммигрантами была бы катастрофически быстрой, наблюдалось бы резкое увеличение видов фораминифер, остракод и моллюсков. Однако их разнообразие и численность повышается постепенно, а не скачкообразно.



## ВЫВОДЫ

Особенности распределения фораминифер, остракод, моллюсков и НПП в изученных геологических разрезах, позволяет реконструировать соленость новоэвксинского озера и его трансформацию в Черное море на границе позднего неоплейстоцена и голоцена.

1. Граница между верхним неоплейстоценом и голоценом лежит в районе 9–10 тыс. лет назад. Эта граница носит постепенный характер трансформации бассейна от солоноватоводного новоэвксинского озера в полуморской, а затем морской водоем в ходе постепенной средиземноморской трансгрессии в голоцене.

2. Увеличение солености происходило постепенно на протяжении 3600 лет, при этом скорость проникновения морской воды составляла порядка 0,05–1,7 см а<sup>-1</sup> [27].

3. Голоценовая морская трансгрессия носила прогрессивный характер, усиливаясь по мере перехода от раннего до позднего голоцена.

4. Проведенное высокоразрешающее исследование скв. 38 содержит новые данные о последних страницах развития солоновато-водного новоэвксинского озера, которые отсутствуют большей частью в других колонках.

5. Изменения в комплексах фораминифер на границе плейстоцена и голоцена зависят от фации. Они более выражены в морских фациях, чем в мелководных, особенно в областях, подверженных влиянию палеорек.

6. Палинологические данные определяют холодный климат с высокой концентрацией пыльцы лесных деревьев, водных растений и трав в конце новоэвксинского времени.

**Благодарности.** Данная работа является вкладом в проекты UNESCO-IUGS-IGCP 521, 610, INQUA 0501, INQUA IFG 1709F SACC0M, а также гос. бюджетную тему №557, финансируемую МОН Украины.

Автор выражает благодарность научному руководителю профессору В. В. Янко за замечания при написании данной статьи, которые существенно улучшили ее содержание, а также за фактический материал по скважинам болгарского шельфа.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балабанов И. П. Новейшая история формирования инженерно-геологических условий и долгосрочный прогноз развития береговой зоны п-ова Пицунда [Текст] / И. П. Балабанов, Б. Д. Квирквелия, А. Б. Островский ; – Тбилиси : Мецниереба, 1981. – 202 с.
2. Геология и гидрология западной части Черного моря [Текст] / отв. ред. Я. Миловицкий ; София : Болгарская Академия Наук, 1979. – 294 с.
3. Иноземцев Ю. И. Геохронология и фациальные комплексы голоцена Черноморской области [Текст] / Ю. И. Иноземцев, Я. К. Луцив, Э. В. Собонович // Изучение геологической истории и процессов современного осадконакопления Черного и Балтийского морей. – К: Наук. Думка, 1984. – Ч 1. – С. 103–113.
4. Невеская Л. А. Позднечетвертичные двусторчатые моллюски Черного моря; их система-

- тика и экология [Текст] / Л. А. Невеская // Труды Палеонтологического института Академии наук СССР. – М. : Наука, 1965. – 398 с.
5. Янко В. В. Позднечетвертичные фораминиферы Черного моря [Текст] / В. В. Янко, Т. С. Троицкая. – М. : Наука, 1987. – 136 с.
  6. Янко В. В. Стратиграфия четвертичных отложений Кавказского шельфа и континентального склона Черного моря по микрофауне [Текст] / В. В. Янко, Л. В. Грамова // Советская геология. – 1990. – Т. 2. – С. 60–71.
  7. Aksu A. E. Last Glacial–Holocene paleoceanography of the Black Sea and Marmara Sea: stable isotopic, foraminiferal and coccolith evidence [Текст] / A. E. Aksu, R. N. Hiscott, M. A. Kaminski [та ін.] // Marine Geology. – 2002. – №190. – P. 119–149.
  8. Ankindinova, O. High-resolution Sr-isotopic evolution of Black Sea water during the Holocene: Implications for reconnection with the global ocean [Текст] / O. Ankindinova, R. N. Hiscott, A. E. Aksu, V. Grimes // Marine Geology. – 2019. – №407. – С. 213–228.
  9. Dolukhanov P. Dynamics of the coastal North Black Sea area in Late Pleistocene and Holocene and early human dispersal [Текст] / P. Dolukhanov, S. Kadurin, E. Larchenkov // Quaternary International. – 2009. – №197. – В. 1–2. – С. 27–34.
  10. Hiscott R. N. Deltas south of the Bosphorus Strait record persistent Black Sea outflow to the Marmara Sea since ~10 ka [Текст] / R. N. Hiscott, A. E. Aksu, D. Yaşar [та ін.] // Marine Geology. – 2002. – №190. – С. 95–118.
  11. Hiscott R. N. The Marmara Sea gateway since ~16 ky BP: Non-catastrophic causes of paleoceanographic events in the Black Sea at 8.4 and 7.15 ky BP [Текст] / R. N. Hiscott, The Black Sea Flood Question: Changes in Coastline, Climate and Human Settlement. – Dordrecht: Springer, 2007. – P. 89–117.
  12. Kondariuk T. On the question of the Pleistocene-Holocene boundary on the northwestern shelf of the Black Sea based on micropaleontological data [Текст] / T. Kondariuk, I. Mudryk // Proceedings of UNESCO – IUGS – IGCP 610 and INQUA IFG POCAS Joint Plenary Conference and Field Trip, October 14–21, 2018, Antalya, Turkey. – Istanbul : Doküman Evi, Avcilar, 2018. – P. 88–93.
  13. Kondariuk T. Paleoenvironmental reconstructions at the Pleistocene-Holocene boundary in the Black Sea based upon on benthic foraminifera [Текст] / T. Kondariuk // Proceedings of UNESCO – IUGS – IGCP 610 and INQUA IFG POCAS Joint Plenary Conference and Field Trip, October 1–9, 2017, Palermo, Italy. – Palermo : University of Palermo, 2017. – P. 98–102.
  14. Lericolais G. Waterlevel fluctuations in the Black Sea since the Last Glacial Maximum [Текст] / G. Lericolais, I. Popescu, F. Guichard [та ін.] // The Black Sea Flood Question: Changes in Coastline, Climate and Human Settlement. – Dordrecht: Springer, 2007. – P. 437–452.
  15. Major C. Constraints on Black Sea outflow to the Sea of Marmara during the last glacial-interglacial transition [Текст] / C. Major, W. B. F. Ryan, G. Lericolais [та ін.] // Marine Geology. – 2002. – №90. – С. 19–34.
  16. Mudie P.J. Atlas of modern dinoflagellate cyst distributions in the Black Sea Corridor: from Aegean to Aral Seas, including Marmara, Black, Azov and Caspian Sea [Текст] / P.J. Mudie, F. Marret, K.N. Mertens [та ін.] // Marine Micropaleontology. – 2017. – № 134. – С. 1–152.
  17. Mudryk I. Palynology and paleoecological interpretation of Core 38, Palaeo-Dneister valley, Northwestern Black Sea: initial results of pollen, dinocyst and NPP studies [Текст] / I. Mudryk, P. J. Mudie // Abstract Book PAGES-OSM 2017, Zaragoza, Spain, 9–13 May, 2017, From the Mediterranean to the Caspian: palaeoclimate variability, environmental responses and human adaptive strategies, Session 4: ID: 01513, 04.
  18. Panin N. Danube river sediment input and its interaction with the northwestern Black Sea Results of EROS–2000 and EROS-21 projects. [Текст] / N. Panin, D. Jipa // Geo-Eco-Marina. – 1998. – No 3. – P. 23–35.
  19. Panin N. Danube River sediment input and its interaction with the north-western Black Sea [Текст] / N. Panin, D. Jipa // Estuarine, Coastal and Shelf Science. – 2002. – №54. – P. 551–562.

20. Ryan W. B. F. An abrupt drowning of the Black Sea shelf [Текст] / W.B.F. Ryan, W.C. Pitman, C.O. Major [та ін.] // *Marine Geology*. – 1997. – №138ю –В. 1–2. – С. 119–126.
21. Ryan W. B. F. Catastrophic flooding of the Black Sea [Текст] / W. B. F. Ryan, C. O. Major, G. Lericolais [та ін.] // *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*. – 2003. – № 31. – С. 525– 554.
22. Ryan W. B. F. Status of the Black Sea flood hypothesis [Текст] / W. B. F. Ryan // *The Black Sea Flood Question: Changes in Coastline, Climate and Human Settlement*. – Dordrecht: Springer, 2007. – P. 63–88.
23. Sen Gupta B. K. Foraminifera in marginal marine environments [Текст] / под ред. В. К. Sen Gupta // *Modern Foraminifera*. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999. – P. 141–160.
24. Yanchilina A. G. Compilation of geophysical, geochronological, and geochemical evidence indicates a rapid Mediterranean-derived submergence of the Black Sea's shelf and subsequent substantial salinification in the early Holocene [Текст] / A. G. Yanchilina, W. B.F Ryan, J. F. McManus [та ін.] // *Marine Geology*. – 2017. – №383. – С. 14–34.
25. Yanko-Hombach V. Benthic foraminifera indicate environmental stress from river discharge to marine ecosystems: example from the Black sea [Текст] / V. Yanko-Hombach, T. Kondariuk, I. Motnenko // *Journal of Foraminiferal Research*. – 2017. – №47. – С. 70–92.
26. Yanko-Hombach V. Controversy over Noah's Flood in the Black Sea: geological and foraminiferal evidence from the shelf [Текст] / V. Yanko-Hombach // *The Black Sea Flood Question: Changes in Coastline, Climate and Human Settlement*. – Dordrecht: Springer, 2007. – С. 149– 203.
27. Yanko-Hombach V. Holocene marine transgression in the Black Sea: New evidence from the northwestern Black Sea shelf [Текст] / V. Yanko-Hombach, P. J. Mudie, S. Kadurin [та ін.] // *Quaternary International*. – 2014. – №345. – С. 100–118.

## REFERENCES

1. Balabanov, I. P., Kvirkveliya, B. D., Ostrovskiy, A. B. (1981), *Noveyshaya istoriya formirovaniya inzhenerno-geologicheskikh usloviy i dolgosrochnyy prognos razvitiya beregovoy zony poluosrova Pitsunda [Recent history of the development of engineering-geological conditions and long-time forecast for the coastal zone of the Pitsunda Peninsula]*, Tbilisi: Metsniereba, 202 p.
2. Malovitskiy, Ya., ed. (1979), *Geologiya i gidrologiya zapadnoy chasti Chernogo morya, [Geology and hydrology of the western part of Black Sea]*, Sofia: BAS, 294 p.
3. Inozemtsev, Yu. I., Lutsiv, Ya. K., Sobotovich, E.V. (1984), “Geokhronologiya i fatszial’nye komplekxy golotsena Chernomorskoy oblasti” [“Geochronology and facies complexes of the Holocene of the Black Sea region”] *Izuchenie geologicheskoy istorii i protsessov sovremennogo osadkonnakopleniya Chernogo i Baltiyskogo morey [Studying the geological history and processes of modern sedimentation of the Black and Baltic Seas]*, Kiev: Naukova Dumka, pp. 103–113.
4. Neveeskaya, L. A. (1965), *Pozdnechetvertichnye dvustvorchatye mollyuski Chernogo Morya, ikh sistematika i ekologiya [Late Quaternary bivalve molluscs of the Black Sea, their systematics and ecology]*, Trudy Paleontologicheskogo Instituta Akademii Nauk SSSR, Moscow: Nauka, vol. 105, 398 p.
5. Yanko, V. V., Troitskaya, T. S. (1987), *Pozdnechetvertichnye foraminifery Chernogo morya [Late Quaternary Foraminifera of the Black Sea]*, Moscow: Nauka, 136 p.
6. Yanko, V. V., Gramova, L. V. (1990), Stratigrafiya chetvertichnykh otlozheniy Kavkazskogo shelfa i kontinentalnogo sklona Chernogo morya po mikrofaune [Stratigraphy of the Quaternary sediments of the Caucasian shelf and continental slope of the Black Sea on microfauna], *Soviet Geology*, vol. 2, pp. 60–78.
7. Aksu, A. E., Hiscott, R.N., Kaminski, M. A. (2002), Last Glacial–Holocene paleoceanography of the Black Sea and Marmara Sea: stable isotopic, foraminiferal and coccolith evidence, *Marine Geology*, No. 190, pp. 119–149.
8. Ankindinova, O., Hiscott, R. N., Aksu, A. E., Grimes, V. (2019), High-resolution Sr-isotopic evolution of Black Sea water during the Holocene: Implications for reconnection with the global

- ocean, *Marine Geology*, No 407, pp. 213–228.
9. Dolukhanov, P., Kadurin, S., Larchenkov, E. (2009), Dynamics of the coastal North Black Sea area in Late Pleistocene and Holocene and early human dispersal, *Quaternary International*, vol. 197, No. 1–2, pp. 27–34.
  10. Hiscott, R. N., Aksu, A. E., Yaşar, D., Kaminski, M. A., Mudie, P. J., Kostylev, V. E., MacDonald, J.C., İşler, F. I., Lord, A. R. (2002), Deltas south of the Bosphorus Strait record persistent Black Sea outflow to the Marmara Sea since ~10 ka, *Marine Geology*, No. 190, pp. 95–118.
  11. Hiscott, R. N., Aksu, A. E., Mudie, P. J., Kaminski, M. A., Abrajano, T., Yaşar, D. (2007), “The Marmara Sea gateway since ~16 ky BP: Non-catastrophic causes of paleoceanographic events in the Black Sea at 8.4 and 7.15 ky BP”, V. Yanko-Hombach, A. S. Gilbert, N. Panin, P. M. Dolukhanov, eds., *The Black Sea Flood Question: Changes in Coastline, Climate and Human Settlement*, Dordrecht: Springer, pp. 89–117.
  12. Kondariuk, T., Mudryk, I. (2018), On the question of the Pleistocene-Holocene boundary on the northwestern shelf of the Black Sea based on micropaleontological data, *Proceedings of UNESCO - IUGS – IGCP 610 and INQUA IFG POCAS Joint Plenary Conference and Field Trip*, October 14-21, 2018, Antalya, Turkey, pp. 88–93.
  13. Kondariuk, T. (2017), Paleoenvironmental reconstructions at the Pleistocene-Holocene boundary in the Black Sea based upon on benthic foraminifera, *Proceedings of UNESCO - IUGS – IGCP 610 and INQUA IFG POCAS Joint Plenary Conference and Field Trip*, October 1-9, 2017, Palermo, Italy. – Palermo : University of Palermo, pp. 98–102.
  14. Lericolais, G., Popescu, I., Guichard, F., Popescu, S.-M., Manolakis, L. (2007), “Waterlevel fluctuations in the Black Sea since the Last Glacial Maximum”, V. Yanko-Hombach, A. S. Gilbert, N. Panin, P. M. Dolukhanov, eds., *The Black Sea Flood Question: Changes in Coastline, Climate and Human Settlement*, Dordrecht: Springer, pp. 437–452.
  15. Major, C., Ryan, W. B. F., Lericolais, G., Hajdas, I. (2002), Constraints on Black Sea outflow to the Sea of Marmara during the last glacial-interglacial transition, *Marine Geology*, No. 90, pp. 19–34.
  16. Mudie, P. J., Marret, F., Mertens, K. N., Shumilovskikh, L., Leroy, S. A. G. (2017), Atlas of modern dinoflagellate cyst distributions in the Black Sea Corridor: from Aegean to Aral Seas, including Marmara, Black, Azov and Caspian Sea, *Marine Micropaleontology*, vol. 134, pp. 1–152.
  17. Mudryk, I., Mudie, P. J. (2017), Palynology and paleoecological interpretation of Core 38, Palaeo-Dneister valley, Northwestern Black Sea: initial results of pollen, dinocyst and NPP studies, *Abstract Book PAGES-OSM 2017*, Zaragoza, Spain, 9–13 May, 2017, From the Mediterranean to the Caspian: palaeoclimate variability, environmental responses and human adaptive strategies, Session 4: ID: 01513, 04.
  18. Panin, N., Jipa, D. (1998), Danube river sediment input and its interaction with the northwestern Black Sea Results of EROS–2000 and EROS-21 projects, *Geo-Eco-Marina*, No. 3, pp. 23–35.
  19. Panin, N., Jipa, D. (2002), Danube River sediment input and its interaction with the north-western Black Sea, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, No. 54, pp. 551–562.
  20. Ryan, W. B. F., Pitman, W. C., Major, C. O., Shimkus, K., Moskalenko, V., Jones, G.A., Dimitrov, P., Görür, N., Sakiç, M., Yüce, H. (1997), An abrupt drowning of the Black Sea shelf, *Marine Geology*, vol. 138, No. 1-2, pp. 119-126.
  21. Ryan, W. B. F., Major, C. O., Lericolais, G., Goldstein, S. L. (2003), Catastrophic flooding of the Black Sea, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, No. 31, pp. 525–554.
  22. Ryan, W. B. F. (2007), “Status of the Black Sea flood hypothesis”, V. Yanko-Hombach, A. S. Gilbert, N. Panin, P. M. Dolukhanov, eds., *The Black Sea Flood Question: Changes in Coastline, Climate and Human Settlement*, Dordrecht : Springer, pp. 63–88.
  23. Sen Gupta, B. K. (1999), Foraminifera in marginal marine environments, B.K. Sen Gupta, ed., *Modern Foraminifera*, Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, pp. 141–160.
  24. Yanchilina, A. G., Ryan, W. B. F., McManus, J. F., Dimitrov, P., Dimitrov, D., Slavova, K., Filipova-Marinova, M. (2017), Compilation of geophysical, geochronological, and geochemical evidence indicates a rapid Mediterranean-derived submergence of the Black Sea's shelf and subse-

- quent substantial salinification in the early Holocene, *Marine Geology*, No. 383, pp. 14–34.
25. Yanko-Hombach, V., Kondariuk, T., Motnenko, I. (2017), Benthic foraminifera indicate environmental stress from river discharge to marine ecosystems: example from the Black Sea, *Journal of Foraminiferal Research*, No. 47, pp. 70–92.
  26. Yanko-Hombach, V. (2007), “Controversy over Noah’s Flood in the Black Sea: geological and foraminiferal evidence from the shelf”, V. Yanko-Hombach, A. S. Gilbert, N. Panin, P. M. Dolukhanov, eds., *The Black Sea Flood Question: Changes in Coastline, Climate and Human Settlement*, Dordrecht: Springer, pp. 149–203.
  27. Yanko-Hombach, V., Mudie, P. J., Kadurin, S., Larchenkov, E. (2014), Holocene marine transgression in the Black Sea: New evidence from the northwestern Black Sea shelf, *Quaternary International*, No. 345, pp. 100–118.

Надійшла 16.11.2019

**Т. О. Кондарюк**, фахівець Палеонтологічного музею  
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,  
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна  
tanya\_kondaruk@ukr.net

## **ТРАНСФОРМАЦІЯ НОВОЕВКСИНСЬКОГО ОЗЕРА В ЧОРНЕ МОРЕ НА ГРАНИЦІ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНУ І ГОЛОЦЕНУ ЗА ПАЛЕОНТОЛОГІЧНИМИ ДАНИМИ**

### **Резюме**

В статті наведені результати дослідження спірних питань щодо переходу від пізнього новоевксину до голоцену в межах Чорного моря. Основна мета роботи – реконструкція віку, характеру трансформації та зміни солоності Чорного моря на границі пізнього неоплейстоцену і голоцену за даними палеонтологічного (форамініфери, остракоди, молюски) аналізу донних відкладів із залученням даних про непильцеві паліноморфи та радіовуглецеве датування.

Район досліджень розташований на північно-західному (українському) і західному (болгарському) шельфі Чорного моря.

Матеріалом для мікропалеонтологічного аналізу слугували колонки свердловин, відібрані гравітаційною трубкою на зовнішній частині українського (Скв. 38) і болгарського (№2345, №2363) шельфу Чорного моря. Колонки було відібрано із борту українського НДС «Володимир Паршин» і болгарського НДС «Академік Л. Орбелі» в 2008 і 1976 рр, відповідно. Всі свердловини розташовані за межами ізобати 100 м.

Для порівняння використано результати досліджень мікрофауни попередніх дослідників. Мікрофауна досліджена за методикою В. В. Янко. Черепашки відібрано під бінокулярним мікроскопом вручну, важкі рідини не використовувались. Свердловини досліджено на предмет літології, мікрофауни та радіовуглецевих датувань. Комплексне зіставлення різнопланових даних дозволило зробити наступні основні висновки: Встановлено, що границя між верхнім неоплейстоценом і голоценом лежить між ~ 9 і 10 тис. років тому. Ця границя характеризується

ся плавними змінами; збільшення показників солоності відбувалося поступово; голоценова морська трансгресія мала прогресивний характер; зміни в комплексах форамініфер на границі плейстоцену та голоцену залежать від фацій.

**Ключові слова:** Чорне море, палеогеографія, границя, голоцен, форамініфери, остракоди, молюски, НПП,  $^{14}\text{C}$ .

### **T. O. Kondariuk**

Odessa I. I. Mechnikov National University,  
Paleontological Museum,  
2 Dvorianskaya St., Odessa, 65082, Ukraine  
tanya\_kondaruk@ukr.net

## **TRANSFORMATION OF THE NEOEUXINIAN LAKE INTO THE BLACK SEA AT THE NEOPLEISTOCENE – HOLOCENE BOUNDARY ON PALEONTOLOGICAL DATA**

### **Abstract**

**Problem Statement and Purpose.** The transformation of the Neoeuxinian Lake into the Black Sea at the Neopleistocene-Holocene boundary represents a considerable interest for Quaternary geology. The age of the boundary, the character of the transformation (gradual, gradual but with oscillations, prominent, or catastrophic), and changes in salinity are highly controversial. The main goal of the paper is to contribute to the controversial subjects using the high-resolution paleontological (foraminifera, ostracoda, and mollusks) data supplemented by palynological data and radiocarbon datings.

**Data & Methods.** The study area is located within the northwestern (Ukrainian) and western (Bulgarian) shelf of the Black Sea. The material for micropaleontological study was obtained by the coring using the Ukrainian research vessel “Vladimir Parshin” and the Bulgarian research vessel “Academician L. Orbeli” in 2008 and 1976, respectively. All cores are located outside the isobath 100 m. The results of previous micropaleontological investigations are used for comparison. Microfauna was investigated according to the method of V. V. Yanko. Radiocarbon dating was performed by AMS (Core 38) or conventional -  $\beta$ -counting (Core 2345) methods on *Mytilus* and *Dreissena* shells.

**Results.** Foraminifera are not adapted to freshwater environment. As a rule, the border between brackish and freshwater environment can be traced by their disappearance, with the exception of *Allogromiida* species with organic tests, which were not found in the studied material. For this reason, the presence of relatively diverse calcareous foraminifera suggests that the Neoeuxinian lake was brackish. Geochemical (salinity of pore water) and micropaleontological data are in full agreement.

If there would not be inflow from the Mediterranean Sea until 7.2 ka BP or 8.4 ka BP according to the first and second catastrophic flooding scenarios of Ryan et al., no Mediterranean immigrants would be present in sediments older than 8.4 ka BP.



However, they are present in sediment columns as can be seen from our and other researchers investigations. If the colonization of the Neoeuxinan lake by Mediterranean immigrants would be prominent or catastrophic, there would be a sharp increase in the species diversity and quantity of foraminifera, ostracods and mollusks. However, these parameters increase gradually. The boundary between the Upper Neopleistocene and Holocene lies within 9 and 10 thousand years ago. The transformation of Neoeuxinan lake into the Black Sea was gradual: from brackish to a semi-marine, and then to a marine water body in course of the Mediterranean transgression during Holocene. The increase in salinity occurred gradually over 3600 years, while the rate of penetration of sea water was about 0.05-1.7 cm a<sup>-1</sup>. The Holocene marine transgression was progressive in nature, intensifying with the transition from the early to late Holocene. The high-resolution micropaleontological study of Core 38 provides new data on the last pages of the development of the brackish Neoeuxinan lake that are mostly absent in other cores. Changes in the foraminiferal assemblages on the Pleistocene – Holocene boundary depend on the facies. They are more pronounced in marine facies compared to shallow ones, especially in areas affected by paleorivers. Palynological data provide evidence for cold climate at the end of the Neoeuxinian time.

**Keywords:** Black Sea, paleogeography, boundary, Holocene, foraminifera, ostracods, mollusks, NPP, <sup>14</sup>C.