

УДК 551.79

## ИНГРЕССИЯ КАРАНГАТСКОГО МОРЯ В МАНЫЧСКУЮ ДЕПРЕССИЮ (ПОЗДНИЙ ПЛЕЙСТОЦЕН)

Д.В. Семиколенных<sup>1</sup>, Р.Н. Курбанов<sup>2</sup>, Т.А. Янина<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup> *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, лаборатория новейших отложений и палеогеографии плейстоцена*

<sup>2</sup> *Институт географии РАН, отдел палеогеографии четвертичного периода*

<sup>1</sup> *Инженер, канд. геогр. наук; e-mail: aristova@igras.ru*

<sup>2</sup> *Вед. науч. сотр., канд. геогр. наук; e-mail: roger.kurbanov@gmail.com*

<sup>3</sup> *Зав. лабораторией, д-р геогр. наук; e-mail: paleo@inbox.ru*

В работе представлены результаты палеогеографического изучения (фациально-литологический, малакофаунистический, люминесцентный анализы) кернa трех скважин, пробуренных в центральной части Манычской депрессии, позволившие определить время и этапы существования ингрессионного залива карангатского бассейна в Манычской депрессии, провести корреляцию с выделенными ранее на основе люминесцентного датирования фазами карангатской трансгрессии Азово-Черноморского бассейна. По итогам исследования установлено: 1) ингрессия морского карангатского бассейна Понта проникла в пределы Манычской депрессии во вторую фазу трансгрессии во временном интервале ~120–110 тыс. лет назад (МИС 5e–d). Соленость залива в районе современного озера Маныч-Гудило достигала 20–22‰; 2) приток вод гирканской трансгрессии Каспия в залив в центральной части Манычской депрессии имел место 110–105 тыс. лет назад, что соответствует третьей фазе карангатской трансгрессии (МИС 5c). Солоноватые каспийские воды опреснили карангатский залив в районе современного оз. Маныч-Гудило до 14‰ и ниже; 3) воды карангатского бассейна окончательно покинули пределы Манычской депрессии около 105 тыс. лет назад (МИС 5c).

**Ключевые слова:** биостратиграфия, геохронология, ОСЛ-датирование, малакофауна, Каспийское море, Черное море

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.6.9

### ВВЕДЕНИЕ

В начале позднего плейстоцена (МИС 5) в пределах современного Азово-Черноморского бассейна развивалась карангатская трансгрессия, вызванная межледниковым поднятием уровня Мирового океана. Карангатский бассейн, превышавший на 6–7 м современный уровень моря, был самым теплопроводным в позднеледниковой истории Понта, с соленостью воды значительно (на 8–10‰) выше нынешней солености Черного моря [Федоров, 1963; Невеская, 1965; Геология шельфа..., 1981; Янко и др., 1990; Свиточ, 2009; Янина, 2012; Семиколенных и др., 2023].

Отложения карангатской трансгрессии встречаются в естественных береговых обнажениях Болгарии, Восточного Крыма, Тамани, Кавказа, Турции, скважинами вскрыты на шельфах Черного и Азовского морей, в устьевых областях крупных рек, в западной части Колхидской низменности, в акватории Керченского пролива и в

Манычской депрессии. Анализ бурового материала (около двадцати скважин) позволил Г.И. Попову [1955, 1983] проследить карангатские отложения по долине Западного Маныча вплоть до поднятия у поселка Зунда Толга (Республика Калмыкия), которое на протяжении всего позднего плейстоцена являлось водоразделом между Понтом и Каспием [Попов, 1983]. Им сделано заключение о существовании ингрессионного залива карангатского моря, глубоко проникавшего в Манычскую депрессию. Отмечено [Горецкий, 1955; Попов, 1983; Янина, 2012], что даже близ балки Хара-Зуха (Республика Калмыкия) в составе карангатского малакофаунистического комплекса наблюдались средиземноморские виды, обитающие при солености около 20‰.

До недавнего времени ввиду отсутствия геохронологических данных для отложений карангатской трансгрессии как в Азово-Черноморском бассейне, так и в Манычской депрессии, не пред-

ставлялось возможным определить временной интервал проникновения карангатских вод в пределы депрессии и сопоставить его с фазами трансгрессии.

В работе представлены новые геохронологические данные, позволившие определить время существования ингрессионного залива карангатского бассейна в центральной части Манычской депрессии и провести корреляцию с выделенными нами ранее на основе люминесцентного датирования фазами карангатской трансгрессии Азово-Черноморского бассейна [Курбанов и др., 2019, 2020].

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования в данной работе являются горизонты отложений, содержащие морские (черноморские) виды в составе малакофаунистических комплексов, вскрытые тремя скважинами в центральной части Манычской депрессии (рис. 1): скважина PR-1 (N 46°36'26,5 E 41°51'43,7) пробурена на правом берегу р. Западный Маныч в 7 км к ЮВ от г. Пролетарск, Ростовская область; скважина MN-1 (N 46°26'52,7 E 42°41'19,6) пробурена близ оз. Грузское в 5 км к ССЗ от пос. Маныч, Ростовская область; скважина OL-1 (N 46°00'23,4

E 43°28'20,7) была пробурена на северном берегу о. Левый в 4 км к востоку от трассы Р-216, оз. Маныч, Республика Калмыкия.

Бурение осуществлялось машинной буровой установкой ударно-канатным способом с выходом керна диаметром 15 см. Выполнено фациально-литологическое описание керна, проведены малакофаунистический и геохронологический анализы.

Изучение включений фауны моллюсков выполнено в НИ лаборатории новейших отложений и палеогеографии плейстоцена географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова с целью биостратиграфического обоснования геологического возраста осадков и реконструкции палеоэкологических условий их накопления.

Абсолютная хронология получена методом оптически стимулированной люминесценции (ОСЛ). Датирование отложений, вскрытых скважинами, выполнено в Скандинавской лаборатории люминесцентного датирования Орхусского университета (Дания). Предварительная подготовка проб проводилась в НИ лаборатории новейших отложений и палеогеографии плейстоцена географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова по принятому в Орхусском университете протоколу [Курбанов и др., 2018].

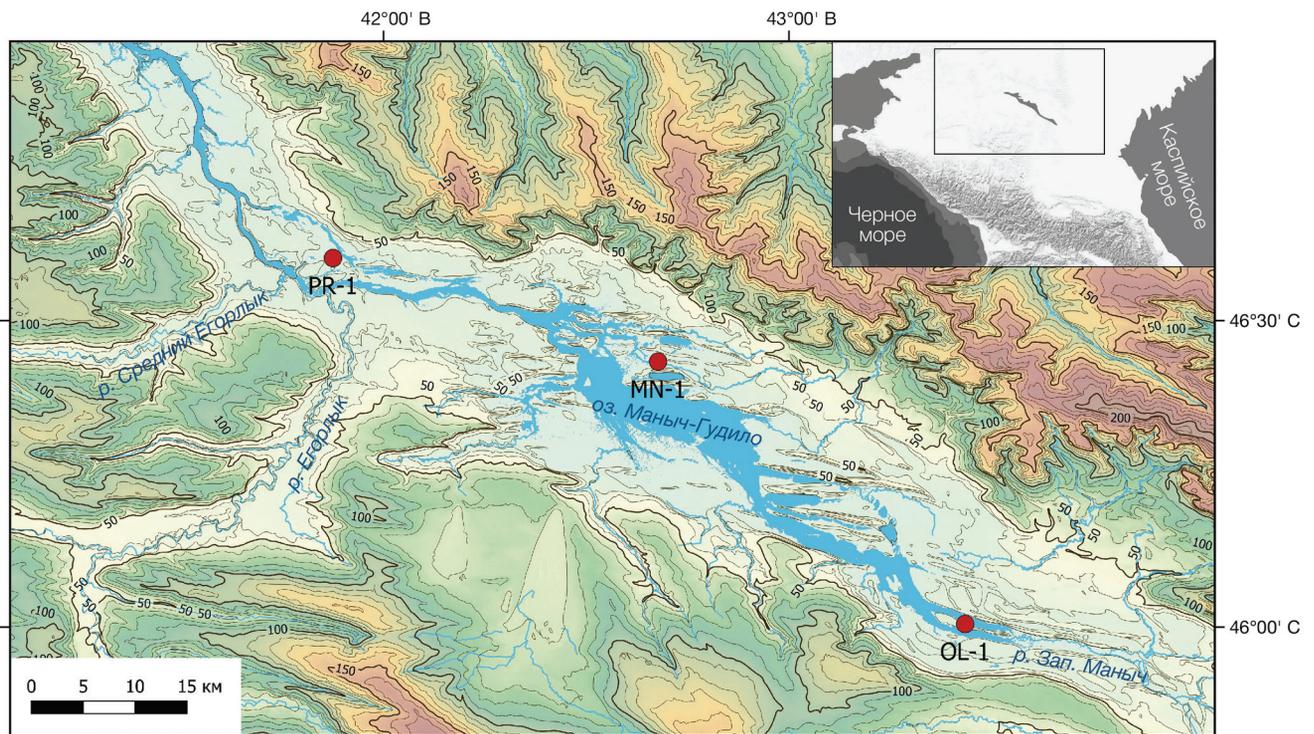


Рис. 1. Местоположение точек бурения скважин в Манычской депрессии

Fig. 1. Location of drilling points in the Manych Depression

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В керне скважины PR-1 сверху вниз вскрываются (рис. 2): 1 – антропогенно преобразованный слой и современная каштановая почва с включением корней растений мощностью 0,5 м, переход к нижележащему слою постепенный; 2 – светло-коричневый суглинок на глубине 0,5–10,5 м с включением карбонатов, граница с нижележащим слоем четкая; 3 – серая глина в интервале керна 10,5–14,2 м с прослоями супеси / алевролита и единичным включением гипса, пятен ожелезнения и марганцевания, с глубины 11,8 м встречается раковинный детрит, граница с нижележащим слоем четкая; 4 – серо-бежевый суглинок с неясной слоистостью на глубине 14,2–16,5 м, граница с нижележащим слоем четкая; 5 – темно-серый до синего комковатый тяжелый суглинок в интервале 16,5–18,6 м с включением марганцевых пятен и гипса, граница с нижележащим слоем четкая; 6 – серый суглинок в интервале 18,6–26,7 м с редкими включениями прослоев песка, алевролита, раковинного детрита и целых раковин пресноводных моллюсков, в подошве наблюдаются следы ожелезнения, включения мелкого гравия и раковинного детрита, граница с нижележащим слоем четкая; 7 – серо-бежевый суглинок на глубине 26,7–31,8 м, с редкими тонкими прослоями алевролита, редким включением гипса в кровле и обильным включением детрита, целых раковин каспийской фауны моллюсков с глубины 27,5 м, переход к нижележащему слою постепенный; 8 – темно-серая глина на глубине 31,8–33,5 м, с редким включением раковинного детрита, с глубины 32,5 м встречаются целые раковины каспийских и черноморских видов моллюсков (31,8–32,2; 32,7–33,5 м – пропуск в керне), переход к нижележащему слою резкий; 9 – опесчаненная серая супесь в интервале 33,5–36,2 м, с включением раковин морских черноморских моллюсков, переход к нижележащему слою резкий; 10 – серый легкий суглинок до супеси на глубине 36,2–38,0 м, с неясной слоистостью и редким включением детрита и мелких обломков раковин моллюсков, с глубины 37,0 м наблюдаются пятна ожелезнения и омарганцевания, мелкие карбонатные включения, граница с нижележащим слоем четкая; 11 – светло-коричнево-бежевая супесь до песка в интервале 38,0–40,0 м, с включением раковинного детрита (39,0–40,0 м – пропуск в керне), с глубины 38,5 м обводненная супесь темно-бежевого цвета, граница с нижележащим слоем четкая;

12 – темно-серый тяжелый суглинок с редкими включениями мелких кристаллов гипса, на видимую мощность до 0,2 м.

В керне скважины MN-1 сверху вниз вскрываются (см. рис. 2): 1 – современная каштановая почва мощностью 1,2 м с антропогенной покрывкой в кровле, переход к нижележащей толще постепенный; 2 – светло-коричневые суглинки в интервале 1,2–15,0 м, от легких в кровле до тяжелых в подошве, с включениями гипса и прослоев алевролита, количество которых увеличивается вниз по керну, граница с нижележащим слоем четкая; 3 – сизовато-темно-серая глина на глубине 15,0–18,0 м с включением редких кристаллов гипса, прослоев с раковинами моллюсков, марганцевых пятен и пятен ожелезнения, в кровле наблюдается скопление раковинного детрита, с глубины 17,5 м встречаются прослой алевролита, переход к нижележащей толще постепенный; 4 – темно-серая плотная глина на глубине 18,0–20,4 м с включением карбонатов и пятен ожелезнения, переход к нижележащей толще постепенный; 5 – сизовато-серый от легкого до среднего алевролитистый суглинок на глубине 20,4–27,6 м с включением пятен ожелезнения и марганцевания, встречаются прослой алевролита, в интервале 25,8–26,0 м наблюдается прослой более темного серого цвета, обогащенный детритом, мелкими обломками тонкостворчатых раковин моллюсков, в подошве слоя отмечается опесчаненный прослой с включением раковин моллюсков, граница с нижележащим слоем четкая; 6 – серо-коричневый тяжелый суглинок в интервале 27,6–29,2 м с включением многочисленных раковин каспийских видов моллюсков, граница с нижележащим слоем четкая; 7 – серый легкий суглинок на глубине 29,2–31,8 м с включением многочисленных раковин черноморских и каспийских видов моллюсков, граница с нижележащим слоем четкая; 8 – сизовато-серый тяжелый суглинок-глина на глубине 31,8–36,8 м, с включением алевролита, пятен марганцевания, встречаются обильные включения раковин черноморских видов моллюсков, в подошве наблюдается повышенная концентрация пятен ожелезнения, граница с нижележащим слоем четкая; 9 – толща переслаивающихся светло-коричневого суглинка и опесчаненной супеси на глубине 36,8–40,0 м, с включением раковинного детрита, пятен марганцевания и ожелезнения, граница с нижележащим слоем четкая; 10 – темно-серый до сизого тяжелый суглинок в интервале 40,0–42,0 м, с прослоями алевролита и включением раковинного детрита.

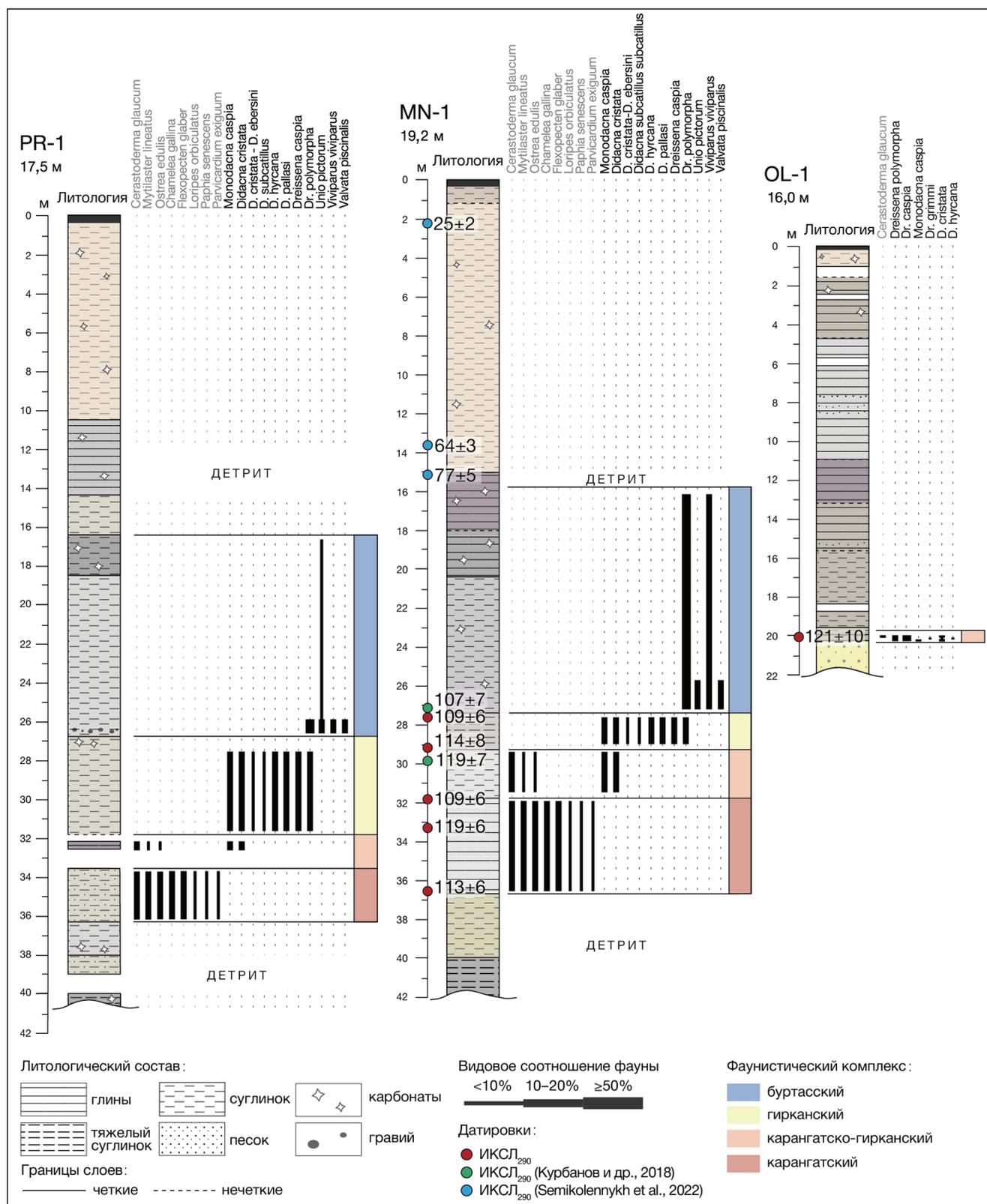


Рис. 2. Литология, биостратиграфия и геохронология отложений

Fig. 2. Lithology, biostratigraphy and geochronology of deposits

В керне скважины OL-1 сверху вниз вскрываются (см. рис. 2): 1 – дернина и современная почва мощностью 0,1 м, переход в нижележащий слой постепенный; 2 – светло-коричневый суглинок

в интервале 0,1–1,5 м с включением карбонатов (1,1–1,5 м – пропуск в керне), переход в нижележащий слой постепенный; 3 – темно-коричневая глина в интервале керна 1,5–4,8 м, с включением

карбонатов, пятен ожелезнения и марганцевания (1,8–1,9 м – пропуск в керне), переход в нижележащий слой постепенный; 4 – светло-серо-коричневая глина на глубине 4,8–11,0 м, в интервале 7,7–8,0 м наблюдается прослой песка, глубже, до 8,5 м, появляются прослой алеврита и мелкозернистого песка (5,8–6,2 м – пропуск в керне), переход в нижележащий слой постепенный; 5 – сизовато-серая плотная глина в интервале керна 11,0–13,2 м, переход в нижележащий слой постепенный; 6 – темно-коричневая плотная глина в интервале керна 13,2–15,6 м, на глубине 15,4–15,6 м наблюдается прослой серого мелкозернистого песка, переход в нижележащий слой постепенный; 7 – темно-коричневый суглинок

в интервале керна 15,6–20,4 м с включением мелких раковин моллюсков и раковинного детрита, с глубины 18,8 м с включением раковинного детрита (19,6–20,0; 18,4–18,8 м – пропуск в керне), граница с нижележащим слоем четкая; 8 – желтый средне-мелкозернистый, хорошо сортированный песок в интервале 20,4–22,0 м с обильным включением раковинного детрита.

**Малакофаунистический анализ.** Результат малакофаунистического анализа керна скважин PR-1, MN-1 и OL-1 представлен на рисунках 2 и 3. Перечень видов, составляющих малакофаунистические комплексы керна скважин, и их экологические предпочтения представлены в таблице 1.



Рис. 3. Некоторые виды морских моллюсков, обнаруженные в скважинах центрального Маныча: 1 – *Ostrea edulis*; 2 – *Paphia senescens*; 3 – *Cerastoderma glaucum*; 4 – *Flexopecten glaber*

Fig. 3. Some species of marine mollusks found in the boreholes of the central Manych: 1 – *Ostrea edulis*; 2 – *Paphia senescens*; 3 – *Cerastoderma glaucum*; 4 – *Flexopecten glaber*

Малакофаунистические комплексы, включающие морские (черноморские) виды, выделены в составе отложений, вскрытых скважинами PR-1 и MN-1 на глубинах 32,5–36,2 и 29,2–36,8 м соответственно. Комплекс, состоящий только из черноморских видов (*Paphia senescens*, *Flexopecten glaber*, *Chamelea gallina* и др.), был обнаружен на глубине 33,5–36,2 м в скважине PR-1 и на глубине 31,8–36,8 м в скважине MN-1, он отражает существование в пределах центральной части Манычской депрессии достаточно тепловодного залива карангатского бассейна с соленостью вод, сопоставимой с соленостью современного Черного моря (около 18%). Сменивший его выше по керну лиманно-морской комплекс, в составе которого обнаружены как морские эвригалинные виды (*Cerastoderma glaucum*, *Mytilaster lineatus*), так и солоновато-

водные каспийские (*Monodacna caspia*, *Didacna cristata*), маркирует начало поступления вод гирканской трансгрессии и их смешения с водами карангатского бассейна [Курбанов и др., 2018]. Судя по видовому составу комплекса, размеру и сохранности раковин, водоем характеризовался спокойной динамической обстановкой с соленостью не выше 14%. Выше в скважинах PR-1 и MN-1 были вскрыты третий (гирканский) и четвертый (буртасский) комплексы [Курбанов и др., 2018], в составе которых доминируют каспийские моллюски, а морские виды уже отсутствуют.

В керне скважины OL-1 на глубине 20,0 м в керне был обнаружен малакофаунистический комплекс, в составе которого выделена фауна гирканского бассейна (*Didacna cristata*, *D. hyrcana* и др.), а также обломки раковин черноморского моллюска

*Cerastoderma glaucum*, что указывает на влияние вод карангатского бассейна. По-видимому, скважина пробурена в самой восточной части карангатского залива, где соленость, судя по видовому составу и угнетенному виду раковин, едва ли превышала 5%.

**Геохронологический анализ.** Для определения возраста отложений, вскрытых в скважине MN-1, методом ОСЛ-датирования было отобрано шесть образцов. В процессе геохронологического исследования использовано три протокола датирования [Курбанов и др., 2020]: по кварцу (ОСЛ) и по полевому шпату при разных температурах преднагрева (ИКСЛ<sub>50</sub> и ИКСЛ<sub>290</sub>). Все образцы прошли

необходимые тесты, принятые в ОСЛ-датировании для подтверждения надежности и достоверности конечных геохронологических данных, результаты которых оказались в рамках принятых стандартов, что указывает на высокую надежность полученной хронологии.

Первые четыре образца показали наличие быстрого компонента в навесках кварца (ОСЛ), однако все последующие оказались близки к сатурации, т. е. к пределу датирования. В связи с этим абсолютный возраст был получен по полевым шпатам с помощью протокола ИКСЛ<sub>290</sub> [Buylaert et al., 2012]. Результаты датирования представлены в таблице 2.

Таблица 1

### Виды моллюсков, обнаруженные при изучении керн скважин PR-1, MN-1 и OL-1

№ п/п	Вид	Семейство	Отложения	Бассейн	Соленость, ‰
1	<i>Cerastoderma glaucum</i> <sup>4</sup>	Cardiidae	Верхнечетвертичные Понта	Понт	≥2,5
2	<i>Chamelea gallina</i> <sup>1</sup>	Veneridae	Верхнечетвертичные Понта	Понт	≥14
3	<i>Didacna cristata</i> <sup>2</sup>	Cardiidae	Гирканские	Каспий	3–14
4	<i>Didacna hyrcana</i> <sup>3</sup>	Cardiidae	Гирканские	Каспий	—
5	<i>Didacna subcatillus</i> <sup>5</sup>	Cardiidae	Гирканские, нижнехвалынские	Каспий	—
6	<i>Dreissena caspia</i> <sup>4</sup>	Dreissenidae	Вехнечетвертичные отложения Понто-Каспия	Каспий	2–13
7	<i>Dreissena grimmi</i> <sup>4</sup>	Dreissenidae	Вехнечетвертичные отложения Понто-Каспия	Каспий	7–12
8	<i>Dreissena polymorpha</i> <sup>1</sup>	Dreissenidae	Вехнечетвертичные отложения Понто-Каспия	Понто-Каспий	≤13
9	<i>Flexopecten glaber</i> <sup>1</sup>	Pectinidae	Карангатские, новочерноморские	Понт	≥17
10	<i>Loripes orbiculatus</i> <sup>1</sup>	Lucinidae	Карангатские, новочерноморские	Понт	10–30
11	<i>Monodacna caspia</i> <sup>1</sup>	Cardiidae	Вехнечетвертичные отложения Понто-Каспия	Каспий	2–14
12	<i>Mytilaster lineatus</i> <sup>1</sup>	Mytilidae	Вехнечетвертичные отложения Понта	Понт	≥5
13	<i>Ostrea edulis</i> <sup>1</sup>	Ostreidae	Вехнечетвертичные отложения Понта	Понт	≥13–14
14	<i>Parvicardium exiguum</i> <sup>1</sup>	Cardiidae	Вехнечетвертичные отложения Понта	Понт	≥2,5
15	<i>Raphia senescens</i> <sup>1</sup>	Veneridae	Вехнечетвертичные отложения Понта	Понт	≥12–14
16	<i>Unio pictorum</i> <sup>1</sup>	Unionidae	Озерные, речные	Пресноводный	≤2
17	<i>Valvata piscinalis</i> <sup>1</sup>	Valvatidae	Озерные, речные	Пресноводный	≤2
18	<i>Viviparus viviparus</i> <sup>1</sup>	Viviparidae	Озерные, речные	Пресноводный	≤2

Примечание. Экологические характеристики по данным:

<sup>1</sup> [Невесская, 1965];

<sup>2</sup> [Янина, 2005];

<sup>3</sup> [Nevesskaja, 2007];

<sup>4</sup> [Определитель рыб и беспозвоночных..., 2013];

<sup>5</sup> [Янина, 2014].

## Результаты люминесцентного датирования, скважина MN-1

№ п/п	Лаб. номер	Интервал керна, м	Эквивалентная доза, Гр	Скорость накопления дозы, Гр/тыс. лет	Кол-во ал.	Весовая влажность, %	Возраст по полевым шпатам, тыс. лет
1	180856	27,8–27,9	351,0±10,9	3,22±0,11	11	25	109,1±5,7
2	180857	29,1–29,2	388,2±22,0	3,41±0,12	12	25	113,9±8,3
3	180858	31,9–32,0	359,0±9,9	3,28±0,12	11	25	109,4±5,7
4	180865	33,2–33,3	392,5±8,9	3,29±0,12	12	25	119,3±5,3
5	180861	36,6–36,7	368,3±12,2	3,25±0,11	12	25	113,3±6,0
6	180862	36,9–37,0	320,3±18,1	2,65±0,10	12	25	120,9±8,9

Значения образцов из озерных (180856) и лагунно-лиманских (180857–58, 180865, 180861) отложений оказались средними для полученной серии – в диапазоне около 2,8–3,4 Гр/тыс. лет, образец (180862) из нижней, более древней части керна, характеризуется относительно низким значением скорости накопления дозы – в районе 2,6–2,8 Гр/тыс. лет. В серии образцов, отобранных из отложений, включающих черноморскую фауну моллюсков, наблюдается инверсия, однако с учетом доверительного интервала диапазоны возможного возраста каждого из образцов пересекаются с предыдущим и последующим. Данное явление объясняется высокими темпами осадконакопления в относительно короткий период времени.

Как и для образцов скважины MN-1, возраст отложений скважины OL-1 был получен по полевым шпатам с помощью протокола ИКСЛ<sub>290</sub> [Buylaert et al., 2012]. Люминесцентное датирование отложений скважины OL-1 было проведено по пяти образцам. Три нижних образца показали, что способность полевого шпата накапливать люминесцентный сигнал достигла предела (возраст отложений не моложе 350 тыс. лет), а навески четвертого образца из-за нестабильного сигнала были признаны непригодными для датирования. Результаты датирования представлены в таблице 3.

В итоге возраст толщи суглинистых карангатско-гирканских отложений, вскрытых в скважине OL-1, был оценен в 121,0±10,5 тыс. лет.

Таблица 3

## Результаты ОСЛ-датирования, скважина OL-1

№ п/п	Лаб. номер	Интервал керна, м	Эквивалентная доза, Гр	Скорость накопления дозы, Гр/тыс. лет	Кол-во ал.	Весовая влажность, %	ОСЛ возраст по полевым шпатам, тыс. лет
1	190876	20,2–20,1	352,2±27,2	2,9±0,1	5	33	121,0±10,5

Таким образом, отложения, отнесенные на основе малакофаунистического анализа к карангатскому, карангатско-гирканскому и гирканскому времени, накапливались в очень узком диапазоне времени – около 119–109 тыс. л. н., или с учетом доверительного интервала около 120–105 тыс. л. н. Возраст карангатских отложений, судя по датировкам, находится в диапазоне 120–110 тыс. л. н., карангатско-гирканского горизонта – в диапазоне 110–105 тыс. л. н.

Верхнечетвертичные отложения, вскрытые в скважинах, имеют схожее фациально-литологическое строение – осадки сложены преимущественно суглинистыми и глинистыми фациями, накопившимися в условиях застойных водоемов. В керне

скважин PR-1 и MN-1 был выделен карангатский и карангатско-гирканский комплексы моллюсков. Видовой состав карангатского комплекса в обеих скважинах характеризует относительно тепловодный водоем с соленостью не ниже 18%. По-видимому, достаточно мощные водные массы карангатской трансгрессии проникали в восточном направлении на 250–300 км без существенного влияния выпадающих в Маньчжунскую депрессию водотоков (соленость карангатского бассейна оценивается в 20–24% [Федоров, 1963]).

Выше осадков карангатского времени и в керне скважин PR-1 и MN-1 наблюдается одновременное нахождение в составе отложений как карангатской, так и гирканской фауны моллюсков. Видимо, по

достижении водораздела с Азово-Черноморским бассейном воды гирканской трансгрессии Каспия начали разгружаться в Манычскую депрессию в то время, когда в пределах депрессии еще существовал залив карангатского бассейна. Произошло существенное опреснение водоема – стеногаалинные виды исчезли из состава малакофаунистических комплексов. Соленость существовавшего водоема на месте современного оз. Маныч-Гудило не могла превышать 14‰. Позднее, судя по видовому составу малакофаунистических комплексов, воды карангатского бассейна покинули центральную часть Манычской депрессии.

В керне самой восточной скважины OL-1 также были обнаружены следы обитания эвригалинной черноморской фауны в составе гирканского малакофаунистического комплекса, что может быть свидетельством того, что воды карангатской трансгрессии могли подходить к порогу Зунда Толга, однако условия в восточной части залива, очевидно, были крайне неблагоприятны для черноморской фауны.

Результаты геохронологического анализа отложений скважин MN-1 и OL-1 позволили определить временные рамки выделенных на основе биостратиграфического анализа событий.

Возраст карангатской ингрессии в центральной части Манычской депрессии определен в диапазоне ~120–110 тыс. лет (рис. 4А), что соответствует второй (максимальной) фазе карангатской трансгрессии, установленной по результатам изучения отложений стратотипических разрезов карангатских отложений на берегах Керченского пролива [Курбанов и др., 2019, 2020; Семиколенных и др., 2023]. В климатическом отношении существование залива отвечает второй половине микулинского межледниковья (МИС 5е) и большей части курголовского стадия ранневалдайского оледенения (МИС 5d), или, согласно [Kukla et al., 1997], эмскому межледниковью *sensu lato*. В Каспии в это время существовал изолированный тепловодный позднехазарский бассейн с соленостью от 10–12‰ в его северной части до 14–15‰ в южной [Yanina, 2020]; его уровень не превышал –10 м [Свиточ, 2014].

Залив с одновременным обитанием в нем и карангатской, и гирканской фауны моллюсков, судя по результатам датирования, существовал в Манычской депрессии 110–105 тыс. л. н. (см. рис. 4Б), что отвечает третьей фазе карангатской трансгрессии [Курбанов и др., 2019; Семиколенных и др., 2023] и началу крутицкого интерстадия ранневалдайского оледенения (МИС 5с). Из-за притока солоноватых вод гирканского бассейна залив существенно опреснился, соленость в районе современного оз. Маныч-Гудило, судя по составу малакофаунистических комплексов, не превышала 14‰.

По-видимому, центральная часть депрессии уже не испытывала влияния карангатского бассейна, а водоем, существовавший в ее пределах, представлял собой в некотором роде реликт морского залива, что позволило гирканским видам в сравнительно короткий промежуток времени вытеснить морскую, умеренно стеногаалинную фауну.

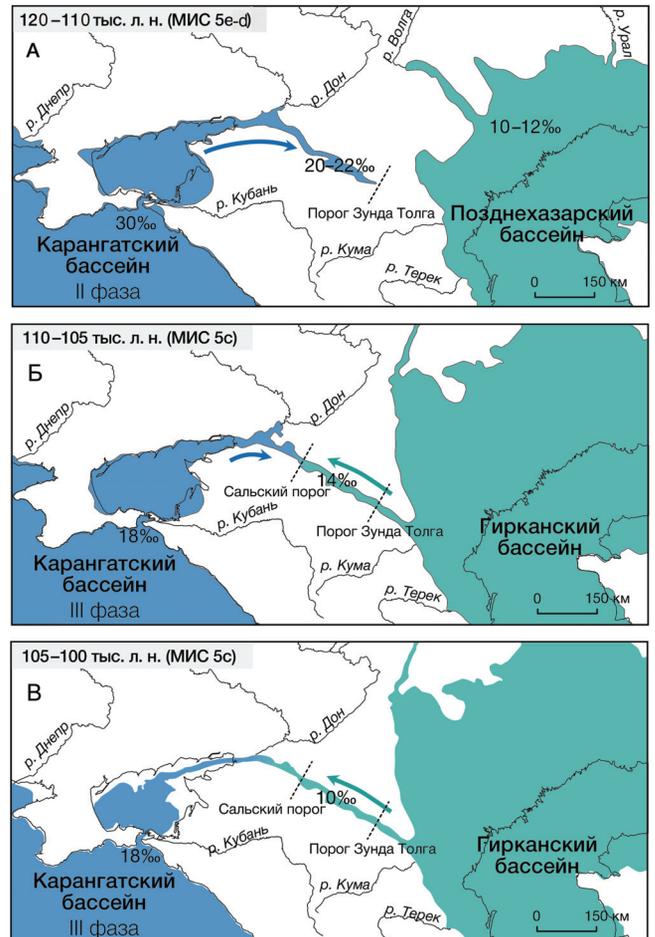


Рис. 4. Палеогеографическая схема карангатского и карангатско-гирканского этапов истории развития Манычской депрессии

Fig. 4. Paleogeographic scheme of the Karangatian and Karangatian-Hyrkanian stages of the history of the Manych Depression

В западной части Манычской депрессии по результатам анализа бурового материала [Попов, 1983] было отмечено чередование осадков, содержащих карангатско-гирканский и гирканский малакофаунистические комплексы. Скорее всего, появившиеся вновь в западной части депрессии морские виды моллюсков маркируют проникновение вод третьей фазы карангатской трансгрессии, которые не смогли преодолеть Сальский порог и повторно занять центральную часть депрессии. Переслаивание гирканских и карангатских отложений

наблюдалось только в нескольких скважинах близ устья р. Большой Егорлык [Попов, 1983], возможно, повторное появление черноморских видов в составе гирканских комплексов могло быть и результатом их переотложения.

К 105 тыс. л. н. уровень карангатского бассейна снизился, и его воды покинули пределы Маньчской депрессии, в то время как Каспий продолжал сбрасывать гирканские трансгрессивные воды в Понт до ~100 тыс. л. н. (МИС 5с) (рис. 4В). Свидетельством функционирования гирканского пролива является присутствие представителей гирканской малакофауны в осадках завершающей стадии карангатского бассейна на черноморском шельфе [Сорокин и др., 2022].

### ВЫВОДЫ

Ингрессия морского бассейна Понта проникала в пределы Маньчской депрессии вплоть до поро-

га Зунда Толга во вторую фазу карангатской трансгрессии в период ~120–110 тыс. л. н. (МИС 5e–d, микулинское межледниковье – курголовский стадиал валдайской ледниковой эпохи). Соленость залива в районе современного озера Маньч-Гудило достигала 20–22‰, у порога Зунда Толга водоем был сильно опреснен – до 10‰ и ниже.

Приток вод гирканской трансгрессии Каспия в залив центральной части Маньчской депрессии имел место 110–105 тыс. л. н., что отвечает третьей фазе карангатской трансгрессии (МИС 5с, начало крутицкого интерстадиала валдайской ледниковой эпохи). Солоноватые каспийские воды опреснили карангатский залив в районе современного оз. Маньч-Гудило до 14‰ и ниже.

Воды карангатского бассейна окончательно покинули пределы Маньчской депрессии около 105 тыс. л. н.; функционирование гирканского пролива продолжалось до ~100 тыс. л. н.

**Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 22-27-00164). Авторы выражают благодарность профессору Орхусского университета (Дания) доктору Э.Ш. Мюррею за помощь в интерпретации полученных результатов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Геология шельфа УССР. Керченский пролив / отв. ред. Д.Е. Макаренко. Киев: Наукова думка, 1981. 160 с.
- Горецкий Г.И. О возрастных соотношениях осадков узунларской и карангатской трансгрессий // Бюлл. МОИП. Отд. геолог. 1955. Т. 30. № 2. С. 13–29.
- Курбанов Р.Н., Семиколенных Д.В., Янина Т.А., Тюнин Н.А., Мюррей Э.С. Новые данные о возрасте карангатской трансгрессии Черного моря // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2020. № 6. С. 139–145.
- Курбанов Р.Н., Янина Т.А., Мюррей А.С., Борисова О.К. Гирканский этап в позднеллейстоценовой истории Маньчской депрессии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2018. № 3. С. 77–88.
- Курбанов Р.Н., Янина Т.А., Мюррей А.С., Семиколенных Д.В., Свистунов М.И., Штыркова Е.И. Возраст Карангатской трансгрессии (поздний плейстоцен) Черного моря // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2019. № 6. С. 29–39.
- Невесская Л.А. Позднечетвертичные двустворчатые моллюски Черного моря, их систематика и экология. М.: Изд-во АН СССР, 1965. 392 с.
- Рыбы и моллюски // Определитель рыб и беспозвоночных Каспийского моря / Н.Г. Богуцкая, П.В. Кияшко, А.М. Насека, М.И. Орлова. СПб.; М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013. Т. 1. 543 с.
- Попов Г.И. История Маньчского пролива в связи со стратиграфией черноморских и каспийских отложений // Бюлл. МОИП. Отд. геолог. 1955. Т. 20. № 2. С. 31–49.
- Попов Г.И. Плейстоцен Черноморско-Каспийских проливов. М.: Наука, 1983. 216 с.
- Свиточ А.А. Стратотипы карангата Таманского и Керченского полуостровов (сравнительный анализ) // Доклады Академии наук. 2009. № 424. С. 669–671.
- Свиточ А.А. Большой Каспий: строение и история развития. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2014. 272 с.
- Семиколенных Д.В., Курбанов Р.Н., Янина Т.А. Хронология карангатской трансгрессии Черного моря на основе данных люминесцентного датирования // Известия РАН. Серия географическая. 2023. Т. 87. № 1. С. 1–16.
- Сорокин В.М., Янина Т.А., Романюк Б.Ф. Новые находки карангатских отложений в восточной части Черного моря // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2022. № 5. С. 113–119.
- Федоров П.В. Стратиграфия четвертичных отложений Крымско-Кавказского побережья и некоторые вопросы геологической истории Черного моря. М.: АН СССР, 1963. 164 с.
- Янина Т.А. Дидакны Понто-Каспия. М.; Смоленск: Маджента, 2005. 300 с.
- Янина Т.А. Неоплейстоцен Понто-Каспия: био-стратиграфия, палеогеография, корреляция. М.: Геогр. факультет МГУ, 2012. 264 с.
- Янина Т.А., Сорокин В.М., Безродных Ю.П., Романюк Б.Ф. Гирканский этап в плейстоценовой истории Каспийского моря // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2014. № 3. С. 3–9.
- Янко В.В., Фролов В.Т., Мотненко И.В. Фораминиферы и литология стратотипического разреза карангатского горизонта (антропоген Керченского полуострова) // Бюлл. МОИП. Отд. Геологии. 1990. № 65. С. 83–97.
- Buylaert J.-P., Jain M., Murray A.S., Thomsen K.J., Thiel C., Sohbati R. A robust feldspar luminescence dating method for Middle and Late Pleistocene sediments, *Boreas*, 2012, vol. 41, no. 3, p. 435–451.

- Kukla G., McManus J.F., Rousseau D.D., Chuine I. How long was the last interglacial, *Quaternary Science Reviews*, 1997, no. 16, p. 605–612.
- Neveskaja L.A. History of the genus *Didacna* (Bivalvia: Cardiidae), *Paleontological Journal*, 2007, vol. 41, no. 9, p. 861–949.
- Yanina T.A. Environmental Variability of the Ponto-Caspian and Mediterranean Basins During the Last Climatic Macrocycle, *Geography, Environment, Sustainability*, 2020, vol. 13, no. 4, p. 6–23.

Поступила в редакцию 10.03.2023

После доработки 23.05.2023

Принята к публикации 27.07.2023

## INGRESSION OF THE KARANGATIAN SEA INTO THE MANYCH DEPRESSION (LATE PLEISTOCENE)

D.V. Semikolennykh<sup>1</sup>, R.N. Kurbanov<sup>2</sup>, T.A. Yanina<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup> *Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Laboratory of Recent Deposits and Pleistocene Paleogeography*  
<sup>1,2</sup> *Institute of Geography of Russian Academy of Science, Department of Quaternary Paleogeography*

<sup>1</sup> *Engineer, Ph.D. in Geography; e-mail: aristova@igras.ru*

<sup>2</sup> *Senior Scientific Researcher, Ph.D. in Geography; e-mail: kurbanov@igras.ru*

<sup>3</sup> *Head of the laboratory, D.Sc. in Geography; e-mail: paleo@inbox.ru*

The work presents the results of paleogeographic study, including facies-lithological, malacofaunistic and luminescence analyses, of three boreholes core drilled in the central part of the Manych Depression, which made it possible to determine the time and stages of the existence of the Karangatian ingressive bay in the Manych Depression, and to correlate the latter with phases of the Karangatian transgression identified earlier on the basis of luminescence dating. Based on the results of the study it was found that: 1) the Karangatian Sea penetrated into the Manych Depression during the second phase of transgression in the time interval of ~120–110 ka years ago (MIS 5e–d). The salinity of the bay in the area of the modern Manych-Gudilo Lake reached 20–22‰; 2) the inflow of water of the Hyrcanian transgression of the Caspian into the bay in the central part of the Manych Depression took place 110–105 ka years ago, which corresponds to the third phase of the Karangatian transgression (MIS 5c). The brackish Caspian waters desalinated the Karangatian Bay in the area of the modern Manych-Gudilo Lake down to 14‰ and below; 3) the waters of the Karangatian Sea finally left the Manych Depression about 105 ka years ago (MIS 5c).

**Keywords:** biostratigraphy, geochronology, OSL dating, malacofauna, Caspian Sea, Black Sea

**Acknowledgements.** The work was financially supported by the Russian Science Foundation (project 22-27-00164). The authors are grateful to Dr. A.S. Murray, Professor of the Aarhus university (Denmark) for his assistance in interpreting the results.

### REFERENCES

- Buylaert J.-P., Jain M., Murray A.S., Thomsen K.J., Thiel C., Sohbati R. A robust feldspar luminescence dating method for Middle and Late Pleistocene sediments, *Boreas*, 2012, vol. 41, no. 3, p. 435–451.
- Fedorov P.V. *Stratigrafiya chetvertichnyh otlozhenij Krymsko-Kavkazskogo poberezh'ya i nekotorye voprosy geologicheskoy istorii Chernogo morya* [Stratigraphy of the Quaternary deposits of the Crimean-Caucasian coast and some questions of the geological history of the Black Sea], Moscow, AN SSSR Publ., 1963, 164 p. (In Russian)
- Geologiya shelfa Ukrainy. Kerchenskii proliv* [Geology of the Ukrainian shelf. The Kerch Strait], Kiev, Naukova dumka Publ., 1981, 186 p. (In Russian)
- Goretskiy G.I. O vozrastnyh sootnosheniyah osadkov uzunlarskoj i karangatskoj transgressij [On the age correlations of sediments of the Uzunlar and Karangat transgressions], *Bull. MOIP. Otd. Geologii*, 1955, no. 2, p. 13–29. (In Russian)
- Kukla G., McManus J.F., Rousseau D.D., Chuine I. How long was the last interglacial, *Quaternary Science Reviews*, 1997, no. 16, p. 605–612.
- Kurbanov P.N., Yanina T.A., Murrey A., Borisova O.K. Girkanskij etap v pozdne-pleistotsenovej istorii Manychskoj depressii [Hyrcanian stage in the Late Pleistocene history of the Manych depression], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2018, no. 3, p. 77–88. (In Russian)
- Kurbanov R.N., Semikolennykh D.V., Yanina T.A., Tyunin N.A., Murray, A.S. Novye dannye o vozraste karangatskoj transgressii Chernogo morya [New data on the age of the Karangatian transgression of the Black Sea], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2020, no. 6, p. 139–145. (In Russian)
- Kurbanov R.N., Yanina T.A., Murray A.S., Semikolennykh D.V., Svistunov M.I., Shtyrkova E.I. Vozrast karangatskoj transgressii (pozdnyj pleystotsen) Chornogo morya [The age of the Karangatian (Late Pleistocene)

- transgression of the Black Sea], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2019, no. 6, p. 29–39. (In Russian)
- Neveeskaja L.A. History of the genus *Didacna* (Bivalvia: Cardiidae), *Paleontological Journal*, 2007, vol. 41, no. 9, p. 861–949.
- Neveeskaya L.A. *Pozdnechetvertichnye dvustvorchatye mollyuski Chernogo morya, ikh sistematika i ekologiya* [Late Quaternary Bivalves of the Black Sea, Their Systematics and Ecology], tr. Paleontol. inst. Akad. Nauk SSSR, Moscow, Nauka Publ., 1965, 392 p. (In Russian)
- Opredelitel' ryb i bespozvonochnyh Kaspijskogo morya, t. 1, Ryby i mollyuski* [Key to fish and invertebrates of the Caspian Sea, vol. 1, Fish and shellfish], N.G. Boguckaya, P.V. Kiyashko, A.M. Naseka, M.I. Orlova (eds.), St Petersburg, Moscow, Tovarishchestvo nauchnyh izdaniy KMK Publ., 2013, 543 p. (In Russian)
- Popov G.I. Istoriya Manychskogo proliva v svyazi so stratigrafiej chernomorskih i kaspijskih otlozhenij [History of the Manych Strait in the contest of the stratigraphy of the Black Sea and Caspian deposits], *Bull. MOIP, Otd. Geologii*, 1955, no. 2, p. 31–49. (In Russian)
- Popov G.I. *Plejstocen Chernomorsko-Kaspijskih prolivov* [Pleistocene of the Black Sea and Caspian Sea passages], Moscow, Nauka Publ., 1983, 216 p. (In Russian)
- Semikolennykh D.V., Kurbanov R.N., Yanina T.A. Hronologiya karangatskoj transgressii Chernogo morya na osnove dannyh lyuminescentnogo datirovaniya [Chronology of the Karangatian Transgression of the Black Sea according to the Luminescence Dating], *Izv. RAN, Ser. geogr.*, 2023, no. 1, p. 1–16. (In Russian)
- Sorokin V.M., Yanina T.A., Romanyuk B.F. Novye nahodki karangatskih otlozhenij v vostochnoj chasti Chernogo morya [New finds of Karangatian deposits in the eastern part of the Black Sea], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 4, Geol.*, 2022, no. 5, p. 113–119. (In Russian)
- Svitoch A.A. *Bol'shoj Kaspij: stroenie i istoriya razvitiya* [Great Caspian: structure and history of development], Moscow, Izd-vo Mosk. un-ta, 2014, 272 p. (In Russian)
- Svitoch A.A. Stratotipy karangata Tamanskogo i Kerchenskogo poluostrovov (sravnitel'nyj analiz) [Karangatian stratotypes of the Taman and Kerch Peninsulas (comparative analysis)], *Dokl. Akad. Nauk*, 2009, no. 424, p. 669–671. (In Russian)
- Yanina T.A. *Didakny Ponto-Kaspiya* [Didacna of the Ponto-Caspian], Moscow, Smolensk, Madzhenta Publ., 2005, 300 p. (In Russian)
- Yanina T.A. Environmental Variability of the Ponto-Caspian and Mediterranean Basins During the Last Climatic Macrocycle, *Geography, Environment, Sustainability*, 2020, vol. 13, no. 4, p. 6–23.
- Yanina T.A. *Neoplejstocen Ponto-Kaspiya: biostratigrafiya, paleogeografiya, korrelyatsiya* [Neo-Pleistocene of the Ponto-Caspian: biostratigraphy, paleogeography, correlation], Moscow, MGU Publ., 2012, 264 p. (In Russian)
- Yanina T.A., Sorokin V.M., Bezrodnykh Yu.P., Romanyuk B.F. Girkanskij etap v plejstocenovoj istorii Kaspijskogo morya [Hyrcanian stage in the Pleistocene history of the Caspian Sea], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2014, no. 3, p. 3–9. (In Russian)
- Yanko V.V., Frolov V.T., Motnenko I.V. Foraminifery i litologiya stratotipicheskogo razreza karangatskogo gorizonta (antropogen Kerchenskogo poluostrova) [Foraminifera and lithology of the stratotype section of the Karangatian layer (the Quaternary of the Kerch Peninsula)], *Bull. MOIP. Otd. Geologii*, 1990, no. 65, p. 83–97. (In Russian)

Received 10.03.2023

Revised 23.05.2023

Accepted 27.07.2023