

УДК 551.79

Р.Н. Курбанов^{1,2}, Д.В. Семиколенных³, Т.А. Янина⁴, Н.А. Тюнин⁵, Э.С. Мюррей⁶**НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВОЗРАСТЕ КАРАНГАТСКОЙ ТРАНСГРЕССИИ ЧЕРНОГО МОРЯ**

Карангатская трансгрессия Черного моря – важный этап его плейстоценовой истории. В хронометрической оценке возраста этого события единства среди исследователей в настоящее время нет. В работе представлены результаты датирования карангатских отложений, вскрытых в опорном разрезе Тузла на западном берегу Таманского полуострова. Малакофаунистический состав отложений свидетельствует об отражении в разрезе максимальной фазы трансгрессии. Новая абсолютная хронология получена на основе датирования методом инфракрасной стимулированной люминесценции полевых шпатов. Распределение доверительных интервалов и результаты стандартных тестов полностью соответствуют принятым в современной практике люминесцентного датирования диапазонам, что позволяет считать полученные результаты надежными. Возраст карангатских отложений разреза Тузла охарактеризован интервалом 125–120 тыс. л. н., что соответствует максимуму межледникового потепления (МИС 5е). Воды карангатского бассейна достигли района расположения разреза около 125 тыс. л. н., где на абсолютной высоте 3,5 м началось формирование прибрежно-морских отложений. Уровень бассейна достиг 5,3 м к 120 тыс. л. н., преодолев 1,8 м за 5 тыс. лет. Позднее морское осадконакопление здесь было незначительным. Субаэральная фаза развития западной части Таманского п-ова началась около 100 тыс. л. н. В разрезе отмечается лёссово-почвенная серия с тремя уровнями погребенных почв. Дополнительное геохронологическое исследование верхней части разреза позволит определить возраст этих горизонтов и реконструировать стадии субаэрального этапа развития региона в позднем плейстоцене.

Ключевые слова: поздний плейстоцен, разрез Тузла, датирование, метод инфракрасной стимулированной люминесценции

Введение. Карангатская трансгрессия Черного моря – этап его плейстоценовой истории, важный для понимания закономерностей развития побережий, оценки направления эволюционного развития биоты и корреляции палеогеографических событий с глобальными и региональными изменениями климата и природной среды. Трансгрессия развивалась в начале позднего плейстоцена в области современного Черного и Азовского морей в условиях межледниковья. Уровень бассейна поднимался на пять–семь метров выше современного, а воды его проникали в эстуарии крупных рек, в понижения низменных областей региона, глубоко вдавались в Манычскую депрессию.

В литературе, посвященной карангатской трансгрессии, исследователи выделяют разное количество фаз и циклов трансгрессии. Так, П.В. Федоровым [1963] и А.А. Свиточем [2001, 2009] выделены две фазы, с максимумом трансгрессии во вторую из них. Три этапа развития бассейна, охарактеризованные разным составом малакофауны, установлены Л.А. Невесской [1965]. В.В. Янко [Янко и др., 1990]

на основе детального исследования микрофауны с привлечением циклостратиграфического подхода также выделяет три этапа в развитии карангатской трансгрессии: тарханкутский и тобечикский, собственно карангатский с рядом фаз. А.Л. Чепалыга тоже выделяет три стадии (личное сообщение), каждая из которых соответствует этапам потепления МИС 5. В обобщающей работе [Krijgsman et al., 2019] выделяется четыре этапа развития бассейна: тобечикский, заветнинский, эльтингенский и тарханкутский. Однако большинство исследователей выделяют два главных этапа развития карангатского бассейна. Тобечикская (ранняя) фаза по положению уровня и составу малакофауны была близка современному бассейну. Во вторую, карангатскую, фазу уровень моря был выше современного, достиг своего максимума (+5...+7 м), характеризовался теплопроводностью и наивысшей в плейстоцене соленостью (около 30‰).

Время существования бассейна, по мнению большинства исследователей, соответствует последнему межледниковью – морской изотопной ста-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, лаборатория новейших отложений и палеогеографии плейстоцена, ст. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* kurbanov@igras.ru.

² Институт географии РАН, отдел палеогеографии четвертичного периода, ст. науч. с.

³ Институт географии РАН, аспирант; *e-mail:* Dasha.Semikolennykh@gmail.com

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, профессор; лаборатория новейших отложений и палеогеографии плейстоцена, зав. лабораторией, докт. геогр. н.; *e-mail:* paleo@inbox.ru

⁵ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, аспирант; *e-mail:* nictun@mail.ru

⁶ Орхусский университет, Дания, отдел геонаук, Скандинавская лаборатория люминесцентного датирования, профессор; *e-mail:* andrew.murray@geo.au.dk

дии 5 (МИС 5). Однако проблема возраста отдельных фаз развития трансгрессии остается спорной. Материалы по абсолютному датированию и различные взгляды на корреляцию этапов развития бассейна с региональными и глобальными хроностратиграфическими шкалами отражены нами в работе [Курбанов и др., 2019]. В ней представлены результаты датирования карангатских отложений методом оптической стимулированной люминесценции (ОСЛ), вскрытых в стратотипическом разрезе Эльтиген на восточном побережье Керченского полуострова. Сделано заключение о двух фазах развития карангатской трансгрессии. Ранняя развивалась в условиях потепления МИС 5e (в интервале 131–120 тыс. л. н.), составив +3,6 м. В позднюю фазу (120–100 тыс. л. н.) был достигнут максимальный подъем уровня до ~6,45 м. В период 72±8 тыс. л. н. восточная часть

Керченского п-ова уже развивалась в условиях субаэрального осадконакопления.

Для проверки полученных для разреза Эльтиген результатов ОСЛ датирования и уточнения положения уровня моря на разных этапах развития карангатской трансгрессии нами проведены дополнительные исследования на побережье Керченского пролива. Объектом исследования стал разрез Тузла – опорный разрез карангатских отложений восточного побережья Керченского пролива, расположенный на западном окончании Таманского полуострова (рис.).

Материал и методика исследований. Разрез расположен на северном участке берегового обрыва у основания косы Тузла. Берег здесь представляет низменную морскую равнину, закрытую толщей лёссовидных пород. Разрез был неоднократно

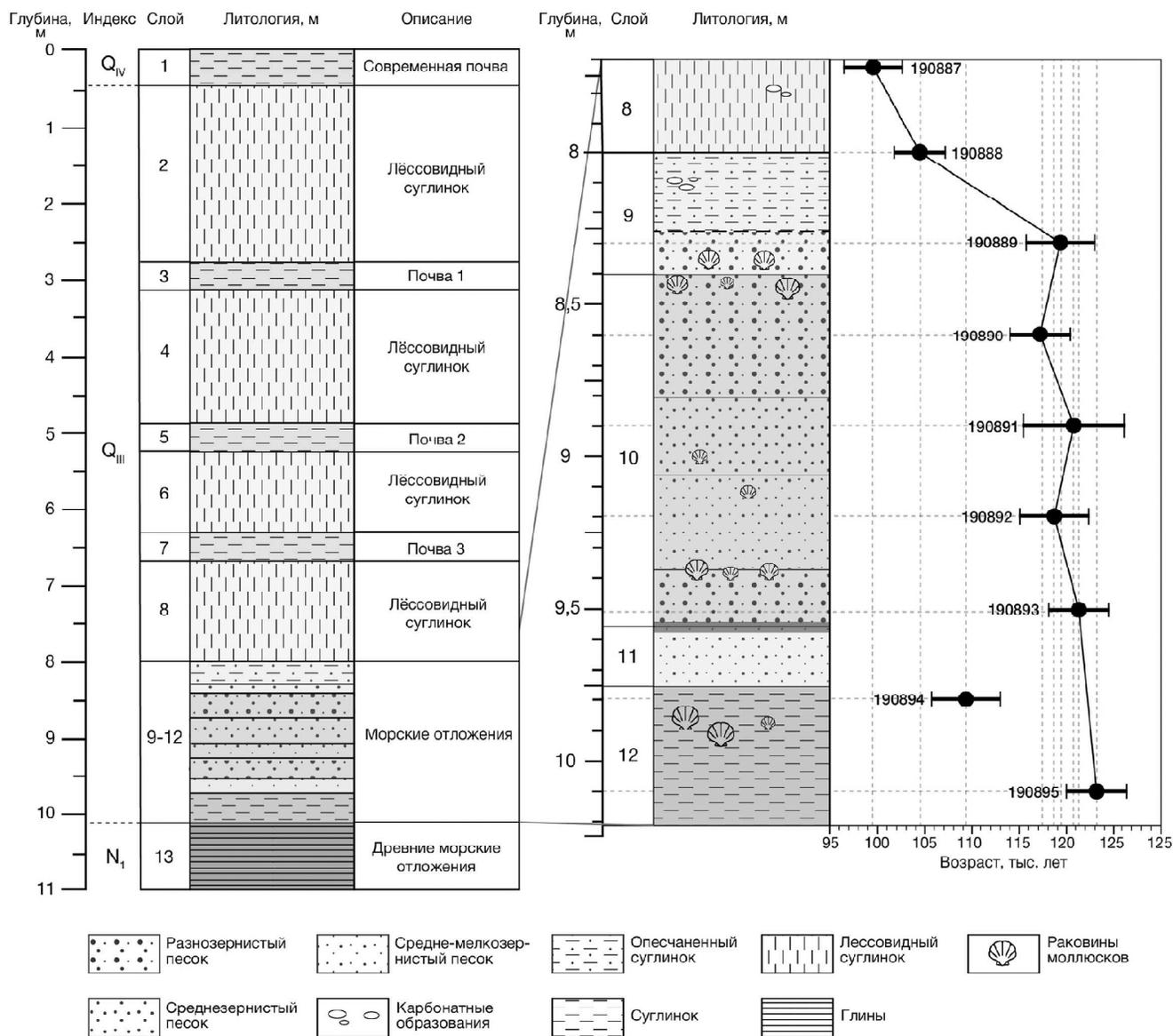


Рис. Строение разреза Тузла и результаты ОСЛ датирования

Fig. Structure of the Tuzla section and results of the OSL-dating

но описан [Андрусов, 1903; Федоров, 1963; Свиточ и др., 2001; Свиточ, 2009], по верхней части морской осадочной толщи разреза получена ОСЛ дата 85 ± 6 тыс. лет [Пилипенко, Трубихин, 2012].

В ходе полевых работ 2018 г. разрез Тузла нами изучен в 150 м к северу от одноименного мыса. Верхняя часть разреза (7–8 м) – лёссы с тремя погребенными почвами, толща имеет цвет от темно-коричневого (голоценовая почва) до светло-палевого, характеризуется столбчатой отдельностью, блоками отседания, карбонатными образованиями (журавчики). Карангатские отложения представлены горизонтом мощностью 2,2 м – это рыжевато-серые плохо сортированные пески с включением фауны моллюсков, преимущественно в виде отдельных прослоев с фауной. Ниже карангатские пески резкой границей переходят в более древнюю толщу зеленоватых суглинков.

Отложения разреза изучены комплексным литологическим, малакофаунистическим и геохронологическим методами. Анализ малакофауны (изучение тафономических особенностей раковинного материала, его систематический и статистический анализ) выполнен с целью биостратиграфического обоснования геологического возраста осадков и понимания палеоэкологических условий их накопления. Абсолютное датирование выполнено методом ОСЛ. Для анализа отобрано 12 образцов. Их отбор осуществлен по стандартной методике в светонепроницаемые пакеты, отдельно отобран материал для гамма-спектрометрического анализа. Предварительная подготовка проб проведена в НИ лаборатории новейших отложений и палеогеографии плейстоцена по принятому в Орхусском университете протоколу [Курбанов и др., 2019]. Непосредственные измерения проведены в Скандинавской лаборатории люминесцентного датирования (NLL) Орхусского университета, Дания.

Результаты, полученные нами для разреза Эльтиген, показали их высокую сходимость по кварцу и полевым шпатам, что позволило сделать вывод о достаточном для полного обнуления нахождения материала в геологическом транспорте (соотношение $pIRIR/Q$ оказалось равным $1 \pm 0,1$ как для образцов и лёссово-почвенных серий, так и для морских отложений). На основании этого для разреза Тузла датирование выполнялось для полевых шпатов методом инфракрасно стимулированной люминесценции (ИКСЛ) по протоколу $pIRIR_{290}$ [Thiel et al., 2011]. В остальном же методика измерения эквивалентной дозы и мощности дозы выполнялись аналогично описанной в [Курбанов и др., 2019] на основе SAR [Murray and Wintle, 2003]. Для уровня водонасыщения отложений приняты те же показатели, что и для Эльтигена: для лёссово-почвенных отложений верхней части разреза принята оценка в 10%, а для прибрежно-морских песков – в 5%.

Результаты исследований и их обсуждение. Обнажение разреза Тузла имеет высоту около 11 м. В его строении (см. рисунок) выделяется три главных стратиграфических подразделения: 1. Глины

плотные зеленоватые, видимая мощность до 2 м, соответствующие горизонту неогеновых отложений (слой 13). 2. Выше с размывом располагается горизонт карангатских прибрежно-морских отложений общей мощностью 2,2 м (слои 9–12). 3. Мощная толща субаэральных отложений, выраженная чередующимися горизонтами лёссов и погребенных почв (слои 1–8, около 8 м).

В составе карангатского горизонта выделяют (сверху вниз) следующие слои:

Слой 9. Песок темно-серый пылеватый с включением мелкого раковинного детрита и целых раковин *Spisula subtruncata triangula*, *Chione gallina*, *Paphia rugata* (0,4 м), переход резкий.

Слой 10. Песок рыжевато-серый, разнозернистый, детритовый, горизонтально слоистый с прослоями раковин *Ostrea edulis*, *Mytilaster lineatus*, *Cerastoderma glaucum*, *Chione gallina* (0,7 м), переход постепенный.

Слой 11. Песок рыжевато-серый, мелко-среднезернистый, горизонтально слоистый, детритовый с редким включением раковин моллюсков, в кровле ожелезненный прослой с тонкостенными раковинами *Mytilaster lineatus*, *Solen vagina*, *Donax trunculus* (0,5 м), переход резкий.

Слой 12. Песок сизо-серый, тонко-среднезернистый, с тонкой горизонтальной слоистостью, встречаются раковины *Ostrea edulis*, *Mytilus galloprovincialis*, *Cardium exiguum*, *Cerastoderma glaucum*, *Paphia discrepans*, *Abra ovata*, *Spisula subtruncata*, *Solen vagina*, (0,6 м), переход резкий, с размывом.

В толще наблюдается нелинейная смена видового состава достаточно типичных для современного Азово-Черноморского бассейна моллюсков. Это, по-видимому, указывает на условия несколько опресненной обстановки, не характерной для солоноводного карангатского бассейна, а также некоторых осцилляций, связанных с изменением его уровня, береговой линии, интенсивности влияния опресненных вод Азовского моря или пресных вод палео-Кубани и палео-Дона.

Для разреза Тузла проведено ИКСЛ датирование по девяти образцам, семь из которых отобраны из карангатских прибрежно-морских отложений (слои 12–9), два – из подошвы перекрывающих их лёссово-почвенных серий (слой 8).

Результаты измерения активности образцов, расчет содержания радионуклидов и итоговые значения мощности дозы для полевых шпатов представлены в табл. 1. Анализ распределения этих показателей позволяет выделить в изученной части разреза четыре горизонта. 1. Серые пески слоя 12, с повышенным содержанием ^{40}K и ^{232}Th , что выразилось в относительно высокой мощности дозы для морских песков с включением раковин моллюсков (3,1–3,4 Гр/тыс. лет). Повышенные значения связаны в основном с ростом содержания ^{40}K . 2. Пески слоев 9–11 с пониженным содержанием радионуклидов и мощностью дозы в пределах 2,6–2,8 Гр/тыс. лет. 3. Переход от песков слоя 9 к лес-

Таблица 1

Результаты гамма-спектрометрического анализа. Водонасыщение (WC), содержание радионуклидов в образце, их соотношения и мощность дозы для полевых шпатов

№	Лаб. №	Глубина, м	WC, %	²²⁶ Ra, Бк/кг ⁻¹	²³² Th, Бк/кг ⁻¹	⁴⁰ K, Бк/кг ⁻¹	²²⁶ Ra / ²³² Th	⁴⁰ K / ²³² Th	Мощность дозы, Гр/тыс. лет
1	190887	7,7	10	43,8±1,0	44,5±0,8	478±16	1,0	11	3,8±0,2
2	190888	8,0	10	17,4±0,9	19,1±0,8	500±19	1,1	26	3,0±0,1
3	190889	8,3	5	13,5±0,4	15,4±0,4	435±11	1,1	28	2,6±0,1
4	190890	8,6	5	11,8±0,5	13,2±0,4	422±12	1,1	32	2,6±0,1
5	190891	8,9	5	14,6±0,9	19,7±0,8	451±20	1,3	23	2,8±0,1
6	190892	9,2	5	15,1±0,2	19,5±0,2	453±4	1,3	23	2,8±0,1
7	190893	9,5	5	11,8±0,2	15,4±0,2	494±4	1,3	32	2,8±0,1
8	190894	9,8	5	18,4±0,4	22,7±0,4	654±12	1,2	29	3,4±0,1
9	190895	10,1	5	16,8±0,9	20,3±0,7	561±19	1,2	28	3,1±0,1

сам слоя 8 (190888), отражающий смешение материала; отмечается увеличение содержания ²²⁶Ra и ²³²Th. 4. Резко отличный от морских песков образец (190887) из низов лёссовой толщи (слой 8); выражено увеличение содержания ²²⁶Ra и ²³²Th. Это указывает не только на различие в генезисе отложений (более длительное воздействие водной среды способствует вымыванию радионуклидов), но и на возможную смену источников сноса. Из всех измеренных образцов выделяется образец 190894 со значительным увеличением содержания ⁴⁰K и повышенной мощностью дозы (3,4 Гр/тыс. лет), что связано с возможными ошибками в ходе пробоподготовки образца (весовая влажность, содержание органики и т. д.).

Измерение люминесценции полевых шпатов выполнено для 8–10 навесок (в зависимости от объема полученных зерен), по протоколу pIRIR₂₉₀ с регистрацией отклика при нагреве до 290°C. Построение кривой насыщения выполнялось по пяти точкам: 125, 200, 500, 0, 125 Грей. Для всех образцов получена характерная для полевых шпатов кривая люминесценции с постепенным откликом на стимуляцию. Для оценки корректности процедуры очистки образца между циклами SAR выполнен тест восстановления дозы: 12 аликвот были в течение 2 суток подвержены воздействию света в симуляторе солнечного излучения лаборатории NLL. Результаты теста оказались в пределах 1,01–1,05 ($n=12$). Эквивалентные дозы (D_e) и итоговые датировки представлены в табл. 2.

Значения эквивалентных доз по разрезу имеют закономерное послойное распределение. Так, по двум образцам (190894–190895) из нижней части разреза (слой 12) получены дозы 373–381 Гр. Средняя часть разреза (слои 9–11) характеризуется дозами в пределах 299–336 Гр. Образец из слоя 8 дал повышенные значения около 380 Гр.

Итоговое распределение датировок позволяет выделить два разновозрастных горизонта в разрезе.

Возраст карангатской толщи (слои 12–9) охарактеризован 6 датами от 123,1±5,8 до 119,4±6,6 тыс. лет (190895–190889). С учетом доверительных интервалов можно говорить о едином возрасте этих отложений с закономерным постепенным омоложением датировок в верхней части. Этот участок, по видимому, сформировался в достаточно короткое время и отражает трансгрессивную серию прибрежно-морских осадков карангатского бассейна. Из полученной серии выбивается лишь одна дата: 109,5±6,6 тыс. лет (190894). Незначительная инверсия однозначно связана с завышенным значением мощности дозы. Учет этого факта позволяет считать карангатские слои 12–9 разреза Тузла близкими по возрасту, формирование которых происходило в интервале 125–120 тыс. л. н.

Для отобранного из плохо выраженной границы между слоями 9 и 8 образца 190888 получена дата 104,5±5,4 тыс. л. н., указывающая на начало субэриального этапа в районе расположения разреза Тузла. Основание горизонта лёссов (слой 8) охарактеризовано датой 99,5±5,6 тыс. л. н.

Выводы:

– разрез Тузла является важным объектом для характеристики этапов развития карангатской трансгрессии. Малакофаунистический состав отложений свидетельствует об отражении в разрезе максимальной фазы трансгрессии. Ее воды имели соленость ниже, чем у западного берега пролива (разрез Эльтиген), что объясняется опресняющим влиянием палео-Кубани, впадавшей в Черное море;

– для разреза Тузла получена новая абсолютная хронология на основе ИКСЛ датирования полевых шпатов. Распределение доверительных интервалов, результаты стандартных тестов (циклы SAR, восстановление дозы), полностью соответствуют принятым в современной практике люминесцентного датирования диапазоном, что позволяет считать полученные результаты и итоговую хронологию надежными;

Таблица 2

Результаты ИКСЛ датирования разреза Тузла

№	Образец	Лаб. №	Глубина, м	Абс. высота, м	Слой в разрезе		Измерения по полевым шпатам (Fs), протокол pIRIR ₂₉₀		
					№ слоя	Тип отложений	D _e , Грей	N	Возраст, тыс. лет
1	TZ-0	190887	7,7	5,9	8	Лёсс	379,3±13,2	8	99,5±5,6
2	TZ-1	190888	8,0	5,6	8–9	Переветанный песок и лёсс	318,4±8,1	8	104,5±5,4
3	TZ-2	190889	8,3	5,3	9	Опесчаненный суглинок	316,1±11,5	8	119,4±6,6
4	TZ-3	190890	8,6	5,0	10	Разнозернистый песок	299,8±7,7	8	117,5±5,8
5	TZ-4	190891	8,9	4,7	10	Среднезернистый песок	335,1±22,5	8	120,9±9,7
6	TZ-5	190892	9,2	4,4	10	Средне-мелкозернистый песок	329,7±12,4	7	118,7±6,6
7	TZ-6	190893	9,5	4,1	10	Разнозернистый песок	336,7±7,9	9	121,3±5,8
8	TZ-7	190894	9,8	3,8	12	Суглинок	373,8±16,2	9	109,5±6,6
9	TZ-8	190895	10,1	3,5	12	Суглинок	381,4±7,3	9	123,1±5,8

– возраст карангатских отложений разреза Тузла охарактеризован интервалом 125–120 тыс. л. н., что соответствует максимуму межледникового потепления (МИС 5e). Воды карангатского бассейна достигли района расположения разреза около 125 тыс. л. н., где на абсолютной высоте 3,5 м началось формирование прибрежно-морских отложений. Уровень бассейна достиг 5,3 м к 120 тыс. л. н., т. е. произошел достаточно быстрый подъем уровня на 1,8 м за интервал около 5 тыс. лет;

– в разрезе Тузла представлены осадки лишь максимальной фазы развития карангатской трансгрессии, что отличает его от опорного разреза Керченского полуострова Эльтиген. После 120 тыс. л. н.

морское осадконакопление здесь было незначительным. Мы допускаем эоловую переработку и перенос морских осадков верхней части карангатской толщи в посткарангатский регрессивный этап развития бассейна;

– субаэральная фаза развития западной части Таманского п-ова в районе разреза Тузла началась уже около 100 тыс. л. н. Здесь отмечается более полная, по сравнению с разрезом Эльтиген, лёссово-почвенная серия с тремя уровнями погребенных почв. Дополнительное геохронологическое исследование верхней части разреза позволит определить возраст этих горизонтов и реконструировать стадии субаэрального этапа развития региона в позднем плейстоцене.

Благодарности. Исследования выполнены при поддержке проекта РФФИ № 18-05-00296 (полевые работы) и проекта РНФ № 16-17-10103 (геохронологический анализ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Андрусов Н.И. Геологические исследования на Таманском полуострове // Материалы для геологии России. Т. XXI. 1903. № 2. С. 257–283.
 Курбанов Р.Н., Янина Т.А., Мюррей А.С., Семиколеных 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.
 Невеская Л.А. Позднечетвертичные двустворчатые моллюски Черного моря, их систематика и экология. М.: АН СССР, 1965. 392 с.
 Пилипенко О.В., Трубихин В.М. Геологическая и палеомагнитная корреляция плейстоценовых разрезов юга России, Украины и Азербайджана // Бюл. Ком. по изуч. четверт. пер. 2012. № 72. С. 136–148.

Свиточ А.А. Стратотипы карангата Таманского и Керченского полуостровов (сравнительный анализ) // Доклады академии наук. № 424. 2009. С. 669–671.
 Свиточ А.А., Благодатских О.С., Большаков В.А., Янина Т.А. Новые данные по малакофауне и палеомагнетизму опорных разрезов морского плейстоцена Таманского полуострова // Доклады академии наук. 2001. Т. 376. № 1. С. 110–113.
 Федоров П.В. Стратиграфия четвертичных отложений Крымско-Кавказского побережья и некоторые вопросы геологической истории Черного моря. М.: АН СССР, 1963. 164 с.
 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.

Krijgsman W., Tesakov A., Yanina T., Lazarev S., Danukalova G., Van Baak C.G.C., Agustí J., Alçiçek M.C., Aliyeva E., Bista D., Bruch A., Büyükmeriç Y., Bukhsianidze M., Flecker R., Frolov P., Hoyle T.M., Jorissen E.L., Kirscher U., Koriche S.A., Kroonenberg S.B., Lordkipanidze D., Oms O., Rausch L., Singarayer J., Stoica M., van de Velde S., Titov V.V., Wesselingh F.P. Quaternary time scales for the Pontocaspian domain: Interbasinal connectivity and faunal evolution. *Earth-Science Rev.*, 2019, no. 188, p. 1–40.

Murray A.S., Wintle A.G. The single aliquot regenerative dose protocol: potential for improvements in reliability. *Radiation measurements*, 2003, no. 37(4–5), p. 377–381.

Thiel C., Buylaert J.-P., Murray A.S., Terhorst B., Hofer I., Tsukamoto S., Frechen M. Luminescence dating of the Stratzing loess profile (Austria) – Testing the potential of an elevated temperature post-IR IRSL protocol. *Quaternary International*, 2011, no. 234, p. 2–31.

Поступила в редакцию 04.07.2020

После доработки 18.07.2020

Принята к публикации 06.08.2020

**R.N. Kurbanov^{1,2}, D.V. Semikolennykh³, T.A. Yanina⁴,
N.A. Tyunin⁵, A.S. Murray⁶**

NEW DATA ON THE AGE OF THE KARANGATIAN TRANSGRESSION OF THE BLACK SEA

The Karangatian transgression of the Black Sea is a significant stage in its Pleistocene history. There is no consensus on the chronometric estimate of the age of this event. The paper presents the dating results for the Karangatian deposits cored from the Tuzla key section on the western coast of the Taman Peninsula. The mollusk shell composition of sediments indicates that the section reflects the peak phase of the transgression. A new absolute chronology bases on the dating by the method of infrared stimulated luminescence of feldspars. The distribution of credible intervals and the results of standard tests are in exact accordance with the ranges accepted in the operational practice of luminescence dating, thus the obtained results could be considered as reliable. The age of the Karangatian deposits of the Tuzla section matches with the time interval of 125–120 ka BP, which corresponds to the peak of the interglacial period (MIS 5e). The waters of the Karangat basin reached the section area about 125 ka BP, and the coastal-marine deposition began at 3.5 m AMSL. The basin level reached 5,3 m AMSL in 120 ka BP, the rise of 1,8 m during 5 thousand years. After 120 ka BP, the local marine sedimentation was insignificant. The subaerial deposition stage in the western part of the Taman Peninsula began about 100 ka BP. The section contains a loess-soil series with three layers of buried soils. An additional geochronological study of the upper part of the section will determine the age of these layers and reconstruct the substages of subaerial deposition stage of the Late Pleistocene regional history.

Key words: Late Pleistocene, the Tuzla section, dating, IRSL method

Acknowledgements. The studies were financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project no. 18-05-00296, field studies) and by the Russian Science Foundation (project no. 16-17-10103, geochronological analysis).

REFERENCES

Andrusov N.I. Geologicheskie issledovaniya na Tamanskom poluostrove [Geological studies on the Taman Peninsula]. *Materialy dlya geologii Rossii*, 1903, vol. XXI, no. 2, p. 257–283. (In Russian)

Fedorov P.V. Stratigrafiya chetvertichnykh otlozhenij Krymsko-Kavkazskogo poberezh'ya i nekotorye voprosy geologicheskoy istorii Chernogo morya [Stratigraphy of the Quaternary sediments of the Crimean-Caucasian coast and some issues of the geological history of the Black Sea], Moscow, Izd-vo AN SSSR Publ., 1963, 164 p. (In Russian)

Krijgsman W., Tesakov A., Yanina T., Lazarev S., Danukalova G., Van Baak C.G.C., Agustí J., Alçiçek M.C., Aliyeva E., Bista D., Bruch A., Büyükmeriç Y., Bukhsianidze M.,

Flecker R., Frolov P., Hoyle T.M., Jorissen E.L., Kirscher U., Koriche S.A., Kroonenberg S.B., Lordkipanidze D., Oms O., Rausch L., Singarayer J., Stoica M., van de Velde S., Titov V.V., Wesselingh F.P. Quaternary time scales for the Pontocaspian domain: Interbasinal connectivity and faunal evolution. *Earth-Science Rev.*, no. 188, 2019, p. 1–40.

Kurbanov R.N., Yanina T.A., Murray, A.S., Semikolennykh D.V., Svistunov M.I., Shtyrkova E.I. Vozrast Karangatskoy transgressii (pozdnij pleystotsen) Chornogo morya [The age of the Karangatian (Late Pleistocene) transgression of the Black Sea], *Vestnik MGU Seriya 5. Geografiya*, 2019, no. 6, p. 29–39. (In Russian)

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Laboratory of Recent Deposits and Pleistocene Paleogeography, Senior Scientific Researcher, PhD in Geography; *e-mail:* kurbanov@igras.ru

² Institute of Geography RAS, Department of Quaternary Paleogeography, Senior Researcher; *e-mail:*

³ Institute of Geography of Russian Academy of Science, PhD student; *Dasha.Semikolennykh@gmail.com*

⁴ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Paleogeography, Professor; Laboratory of Recent Deposits and Pleistocene Paleogeography, Head of the Laboratory, D.Sc. in Geography; *e-mail:* paleo@inbox.ru

⁵ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Paleogeography, PhD student; *e-mail:* nictun@ail.ru

⁶ Aarhus University, Denmark, Department of Geosciences, Nordic Luminescence Laboratory, Professor; *e-mail:* andrew.murray@geo.au.dk

Murray A.S., Wintle A.G. The single aliquot regenerative dose protocol: potential for improvements in reliability *Radiation measurements*, 2003, no. 37(4–5), p. 377–381.

Neveeskaya L.A. *Pozdnechetvertichnye dvustvorchatye molluski Chornogo morya, ikh sistematika i ekologiya* [Late Quaternary bivalves of the Black Sea, their systematics and ecology], Moscow, Izd-vo AN SSSR Publ., 1965, 392 p. (In Russian)

Pilipenko O.V., Trubikhin V.M. Geologicheskaya i paleomagnitnaya korrelyatsiya plejstotsenovykh razrezov yuga Rossii, Ukrainy, Azerbajjana [Geological and paleomagnetic correlation of the Pleistocene sections of the south of Russia, Ukraine and Azerbaijan], *Bulletin of the Commission on Studying the Quaternary Period*, 2012, no. 72, p. 136–148. (In Russian)

Svitoch A.A. Stratotipy karangata Tamanskogo i Kerchenskogo poluostrovov (sravni-tel'nyy analiz) [Karangatian stratotypes of the Taman and Kerch Peninsulas (comparative analysis)]. *Doklady Akademii Nauk*, 2009, no. 424, p. 669–671. (In Russian)

Svitoch A.A., Blagodatskikh O.S., Bolshakov V.A., Yanina T.A. Novye dannye po malakofaune i paleomagnetizmu opornykh razrezov morskogo pleystotsena Tamanskogo poluostrova [New data on the malacofauna and paleomagnetism of the key sections of marine Pleistocene sediments of the Taman Peninsula]. *Doklady Akademii Nauk*, 2001, vol. 376, no. 1, p. 110–113. (In Russian)

Thiel C., Buylaert J.-P., Murray A.S., Terhorst B., Hofer I., Tsukamoto S., Frechen M. Luminescence dating of the Stratzing loess profile (Austria) – Testing the potential of an elevated temperature post-IR IRSL protocol. *Quaternary International*, 2011, no. 234, p. 23–31.

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 04.07.2020

Revised 18.07.2020

Accepted 06.08.2020