

ВОЗРАСТ ОТЛОЖЕНИЙ ХВАЛЫНСКОЙ ТЕРРАСЫ НА СЕВЕРЕ ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Р.Р. Макшаев¹, Е.Ю. Матлахова², Н.Т. Ткач³, Н.В. Сычев⁴

^{1,2} Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет

¹ НИЛ новейших отложений и палеогеографии плейстоцена

² Кафедра геоморфологии и палеогеографии; НИЛ новейших отложений и палеогеографии плейстоцена

³ Геологический институт РАН, Лаборатория геохимии изотопов и геохронологии

⁴ Институт географии РАН, Лаборатория палеоархивов природной среды

¹ Ст. науч. сотр., канд. геогр. наук; e-mail: radikm1986@mail.ru

² Доцент; ст. науч. сотр., канд. геогр. наук; e-mail: matlakhova_k@mail.ru

³ Ст. науч. сотр., канд. геол.-минерал. наук; e-mail: tkachgeo@gmail.com

⁴ Мл. науч. сотр., канд. геогр. наук; e-mail: nvysychev@igras.ru

В раннехвалынский этап флюктуации уровня Каспийского моря сформировали ряд морских террас, которые хорошо выражены в рельфе северной части Прикаспийской низменности. В работе приводятся результаты исследований литологического строения и возраста отложений, слагающих максимальную раннехвалынскую террасу в районе северной бровки Прикаспийской низменности (северо-восток Волгоградской области). Полученные результаты по изучению отложений в скважинах NP-1 и NP-2 в долине р. Еруслан показали, что накопление верхних слоев отложений, слагающих максимальную раннехвалынскую террасу, происходило в субаэральных условиях в период 26,7–19,5 кал. тыс. л. н. Состав отложений, сформированных в данный интервал времени, практически однороден. Эти особенности позволяют предположить, что их накопление шло в стабильных условиях с однородным поступлением алеврито-песчаного материала. В период последнего ледникового максимума раннехвалынский бассейн, вероятно, находился на отметках существенно ниже 40 м абсолютной высоты. Обособление же высокой раннехвалынской террасы как формы рельефа происходило при последующем подъеме уровня Каспия и размытии верхней части этих субаэральных отложений.

Ключевые слова: поздний плейстоцен, голоцен, Каспийское море, хвалынский этап, раннехвалынские террасы, радиоуглеродное датирование

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.80.6.11

ВВЕДЕНИЕ

Для детализации хода развития природной среды в период позднеплейстоцен–голоценового перехода, необходимо исследовать транзитные участки, в которых часто сохраняются важнейшие маркеры палеособытий. Одним из таких районов является северная часть Прикаспийской низменности, которая неоднократно в течение плейстоцена и голоцена развивалась в различных природных условиях. Данная территория является уникальным палеогеографическим архивом, в котором отражены климато-гидрологические события позднего плейстоцена и голоцена. Влияние трансгрессивно–рессессивной ритмики Каспийского моря на хвалынском этапе сформировало серию морских террас на севере Прикаспийской низменности. За более чем вековую историю исследования палеогеографии Каспийского региона получено большое количество материалов, посвященных хвалынской трансгрессии. Однако в детализации хода развития хвалынского этапа

еще существуют пробелы. В частности, до сих пор не определен временной интервал максимальной (+48 м абсолютной высоты) стадии развития раннехвалынского бассейна.

Хвалынский ярус впервые выделен Н.И. Андрушевым по исследованию малакофаунистических комплексов и вмещающих их отложений в Северном Прикаспии [Православьев, 1913]. В дальнейшем хвалынский этап был разделен на два подэтапа – ранне- и позднехвалынский [Броцкий, Карандеева, 1953, Федоров, 1957]. В основе разделения на подэтапы лежали геолого-геоморфологические и малакофаунистические исследования [Федоров, 1957]. Раннехвалынский этап отвечал развитию определенных малакофаунистических комплексов, а также формированию на побережье бассейна серии морских террас на уровнях 20–22, 48–50 м абсолютной высоты. Позднехвалынский этап отвечал развитию последней крупной трансгрессии Каспийского моря, сформировавшей террасовый уровень

на отметках 0 м абсолютной высоты. Помимо этого, для позднекхалынского этапа характерно развитие определенных малакофаунистических комплексов, накопление преимущественно песчаных отложений, а также формирование в Северном Прикаспии уникальных форм рельефа – бэрновских бугров [Бэр, 1856]. Стратиграфические исследования, полученные Броцким и Карапеевой [1953] на разрезе Енотаевка, позволили идентифицировать палеопочвенный горизонт (енотаевский горизонт), залегающий между нижне- и верхнекхалынскими отложениями. Эти результаты подкрепили гипотезу о существовании двух периодов развития халынского этапа.

Геохронологический охват халынского этапа исследовался методами абсолютного датирования, начиная с конца 1960-х гг. Основной массив результатов по хронологии халынского этапа получен с использованием данных радиоуглеродного датирования по раковинам моллюсков, начиная с 1960-х гг. [Геохронология СССР, 1974]. В 1980-х гг. появились результаты термолюминесцентного (ТЛ) датирования нижне- и верхнекхалынских отложений [Шаховец, 1987]. Небольшую часть составляют результаты уран-ториевого датирования раковин халынских моллюсков [Арсланов и др., 1988]. В последнее время все больше применяется методика оптико-стимулированной люминесценции (ОСЛ) для установления времени накопления нижнекхалынских и верхнекхалынских отложений [Янина и др., 2017; Kurbanov et al., 2021; Курбанов и др., 2023]. По результатам радиоуглеродного датирования халынский этап в Северном Прикаспии развивался 28–12,5 кал. тыс. л. н. [Свиточ, Янина, 1997; Arslanov et al., 2016; Макшаев, Ткач, 2023]. Данные ОСЛ датирования в целом сопоставимы с радиоуглеродными датами и попадают в интервал 25–13 тыс. л. н. В то же время наибольшее количество радиоуглеродных и ОСЛ дат получено по нижнекхалынским отложениям [Свиточ, Янина, 1997; Arslanov et al., 2016; Янина и др., 2017; Kurbanov et al., 2021; Курбанов и др., 2023; Макшаев, Ткач, 2023]. Датирование верхнекхалынских отложений показало, что их возраст варьирует в пределах от 14 до 8,5 тыс. л. н. [Arslanov et al., 2016; Макшаев, Ткач, 2023]. Поэтому до сих пор точно не определен временной переход от раннекхалынского к позднекхалынскому этапу. Кроме этого, повторно не верифицированы енотаевские отложения, равно как и их возраст.

Работы, посвященные климато-гидрологическим реконструкциям с привязкой на геохронологические данные, для халынского этапа прослеживают прямую связь трансгрессивно-ретргессивной ритмики с периодами повышенного увлажнения на обширной территории Восточно-Европейской равнины [Panin, Matlakhova, 2015]. Эти события хорошо отражаются в геолого-геоморфологическом строении речных

долин в бассейнах Волги и Дона [Матлахова и др., 2021]. Поэтому гипотеза о повышенном речном стоке в конце позднего плейстоцена в последнее время является преобладающей в интерпретации трансгрессивных и регрессивных этапов халынской трансгрессии [Gelfan et al., 2024]. В то же время, несмотря на массив новых данных по климато-гидрологическим реконструкциям, не до конца учитываются параметры стока талых ледниковых вод и влияния мерзлотных процессов на формирование валовой величины водных масс, поступавших в раннекхалынский бассейн. Все чаще в научных работах по палеогидрологическим исследованиям затрагивается вопрос о конфигурациях речных бассейнов в эпоху развития поздневалдайского ледникового покрова и распределении стока талых вод. В одной из таких работ приводится расчет объема вод в приледниковых озерах северо-восточной части поздневалдайского ледникового покрова и их стока в Черноморский и Каспийский бассейны [Gorlach et al., 2017].

В данной работе приводятся новые результаты радиоуглеродного датирования верхнеплейстоценовых и голоценовых отложений, слагающих поверхность террасы, отвечающей максимальной стадии развития раннекхалынского бассейна. Таким образом, ряд полученных датировок позволяет, с одной стороны, понять возможные временные рамки развития максимума трансгрессии, а с другой – провести корреляцию с периодами повышенного увлажнения и оценить их роль для данной территории.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Территория исследования располагается в северной части Прикаспийской низменности, на правом берегу долины р. Еруслан в районе с. Новая Полтавка (северо-восток Волгоградской области) (рис. 1). В рельфе данной территории хорошо представлены морские и речные террасовые комплексы ранне-позднекхалынского и голоценового возраста. Поверхности выше уровня 50 м абсолютной высоты слагают аллювиальные и эоловые отложения среднеплейстоценового возраста. Комплекс раннекхалынских террас приурочен к уровням 46–48 и 20–26 м абсолютной высоты. В составе халынских отложений прослеживается четкая литологическая дифференциация. Высокую (46–48 м абсолютной высоты) террасу слагают супесчано-суглинистые отложения. Нижняя (20–26 м абсолютной высоты) раннекхалынская терраса сложена шоколадными глинами с включением тонких алеврито-песчаных прослоев с редкими раковинами моллюсков. На ряде участков шоколадные глины вскрываются в береговых обрывах реки Еруслан. На уровнях 16–20 м абсолютной высоты (4–8 м над урезом реки) развита речная терраса позднеплейстоцен-голоценового (позднекхалынского) возраста, сложенная аллювиальными алеврито-песчаными отложениями.

ями с редкими включениями раковин пресноводных моллюсков. На высоте 12–14 м абсолютной (до 2 м над урезом реки) располагается поверхность современной пой-

мы р. Еруслан, сложенная аллювиальными песчаными отложениями, в которых встречаются раковины пресноводных моллюсков *Dreissena polymorpha*.

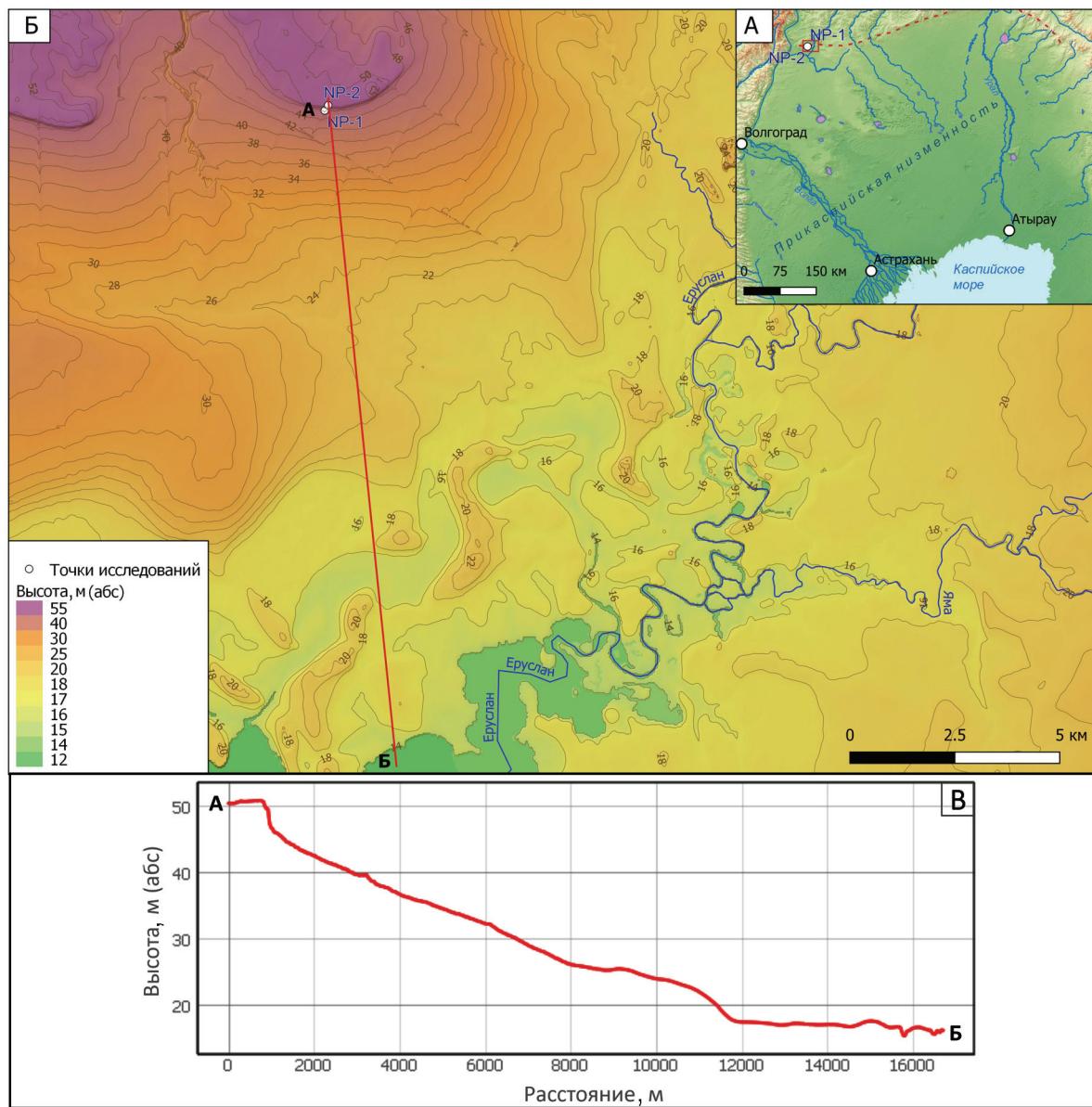


Рис. 1. Район проведения исследований:

А – схема района в пределах Прикаспийской низменности. Пунктирной линией обозначена северная граница Прикаспийской низменности; Б – местоположение исследованных скважин NP-1 и NP-2 в районе бровки северного склона Прикаспийской низменности (рельеф по данным FAB DEM); В – гипсометрический профиль по линии А–Б

Fig. 1. Study area:

A – layout of the study area within the Caspian Lowland. The dotted line marks the northern border of the Caspian Lowland; B – location of the studied boreholes NP-1 and NP-2 in the area of the northern edge of the Caspian Lowland (relief according to FAB DEM data);
B – hypsometric profile along line A–B

На правом берегу долины р. Еруслан располагаются участки, которые четко выражены в рельефе в виде террасовых уровней. С помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА) DJI Phantom 4 Advanced с высоты 50 м и площадным перекрытием снимков 80% был отснят общий план одно-

го из таких участков. Полученные данные обрабатывались с помощью программного обеспечения Agisoft Metashape v.1.5.1. Получено облако точек (47 552 965 точек), цифровая модель местности (ЦММ) (разрешение 8,02 см/пиксель) и ортофотоплан (разрешение 7,14 см/пиксель) (рис. 2).

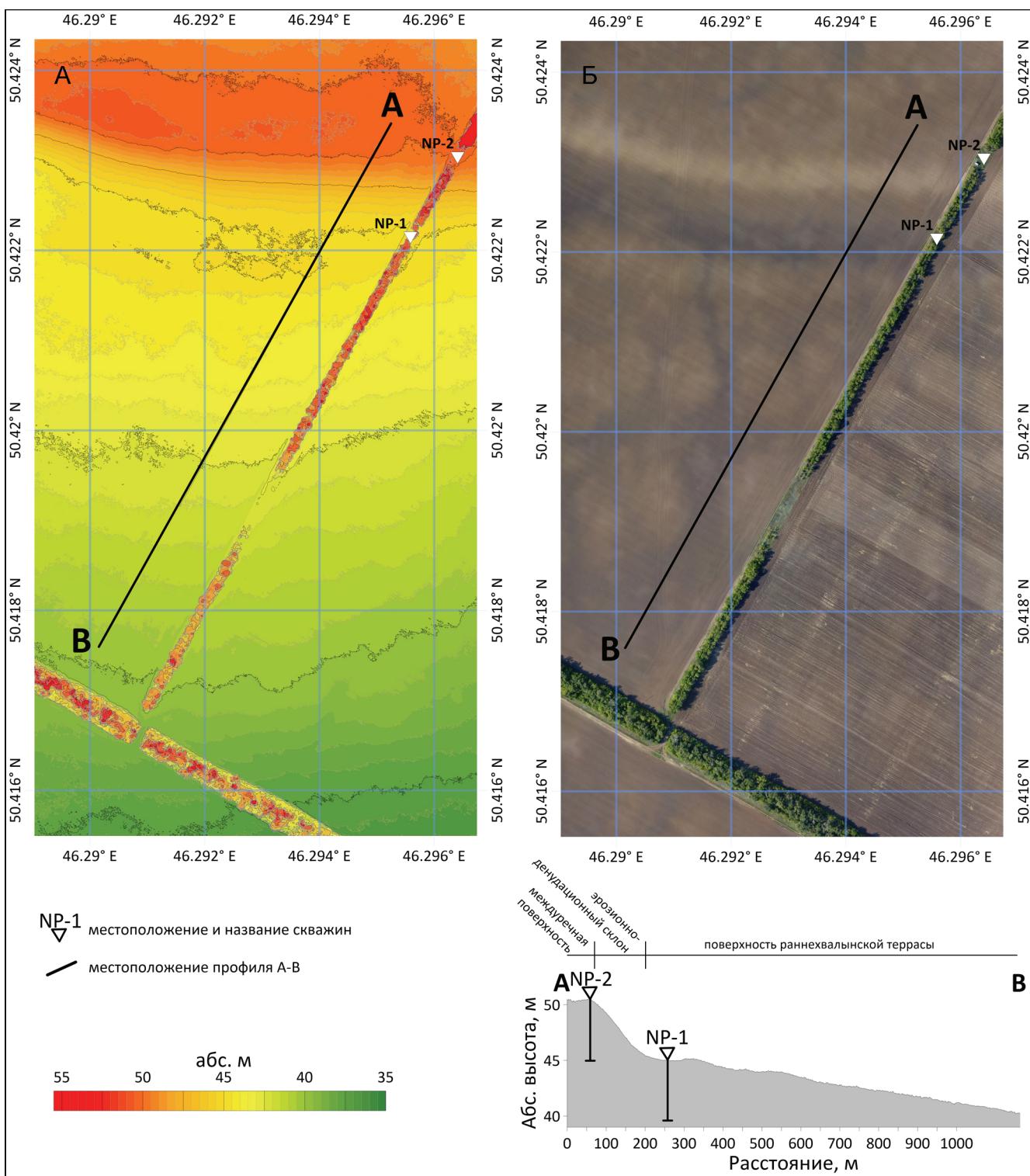


Рис. 2. Цифровая модель местности (А) и ортофотоплан (Б) ключевого участка, построенные на основе съемки БПЛА. На ЦММ горизонтали проведены через 0,5 м, растительность не удалена. На схеме отмечены места отбора и высотный профиль через серию террасовых уровней

Fig. 2. Digital terrain model (A) and orthophotoplan (Б) of the key area, constructed based on UAV survey. On the DSM, contours are drawn every 0,5 m, vegetation is not removed. The diagram shows sampling locations and an altitude profile through a series of terrace levels

Полученные ЦММ и ортофотоплан позволили подробнее проследить характер рельефа изучаемого участка. На высоте около 50 м абсолют. выраже-

на бровка, ниже нее располагается слабонаклонная ($2,2^{\circ}$) поверхность, которая хорошо маркируется на снимке с БПЛА. На двух участках в пределах при-

бровочной части поверхности с высотой 50 м абсолютной и террасы с высотой 45 м абсолютной были заложены две скважины (NP-2, NP-1). Для получения керна отложений использовался комплект портативного ручного бура Eijkenkamp с 30 см керноотборником диаметром 30 мм. По результатам работ получено два керна мощностью 5,4 и 5,5 м соответственно. Полученный керновый материал отбирался через каждые 10 см. Привязка точек осуществлялась с помощью GNSS приемника EFT-M1 plus в системе RTK.

Для проведения радиоуглеродного анализа были отобраны 6 образцов, по 3 для каждой скважины (табл., рис. 3). Анализ содержания радиоуглерода проводился по общему органическому веществу, содержащемуся в легких коричнево-бежевых суглинках. Определение радиоуглеродного возраста проводилось AMS-методом в лаборатории радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии Института географии РАН (индекс-ИГАН_{AMC}). Для калибровки полученных радиоуглеродных дат использовалась программа Calib 8.2 [Stuiver et al., 2021] и шкала IntCal20 [Reimer et al., 2020]. Расчеты темпов осадконакопления производились по данным радиоуглеродного анализа методом байесовского моделирования с использованием R-пакета BACON [Blaauw, Christen, 2011].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Литологическое строение скважин NP-1 и NP-2 представлено в верхней части (до глубины 40 см) серыми супесями, ниже залегают легкие коричнево-бежевые суглинки (до глубины 580 см) (см. рис. 3).

Скважина NP-2 была заложена на бровке поверхности с абсолютной высотой 50 м абсолютной. Литологиче-

ское строение скважины в верхней части представлено маломощным (40 см) пахотным суглинистым горизонтом (каштановые почвы). С уровня 40 см и до видимой глубины 540 см в литологическом строении преобладают легкие коричнево-бежевые суглинки. С глубиной плотность суглинков увеличивается.

Скважина NP-1 была заложена в тыловой части максимальной хвалынской террасы (45 м абсолютной) в 150 м южнее точки NP-2 (см. рис. 2). Литологическое строение скважины NP-1 практически идентично скважине NP-2 и представлено в верхней части (до глубины 30 см) серыми супесями, ниже залегают легкие коричнево-бежевые суглинки (до глубины 560 см).

Судя по всему, эти легкие коричнево-бежевые суглинки являются субаэральными. Это подтверждается как литологическим строением толщи, так и отсутствием в отложениях раковин моллюсков и диноцист. Из этого следует, что максимальную хвалынскую террасу можно считать цокольной, и формирование ее должно было происходить при размытии толщи этих субаэральных коричнево-бежевых суглинков во время последующего подъема уровня Каспия.

В рамках проведенного исследования впервые получены радиоуглеродные даты для отложений в точке NP-1, слагающих цоколь максимального уровня верхней хвалынской террасы на данной территории.

Результаты датирования однородных коричневых суглинков из скважин NP-1 и NP-2, залегающих на глубине от 2 до 5 м, показали возраст в интервале от 26,7 до 19,5 кал. тыс. л. н. Одна дата из скважины NP-1 с глубиной 1,1 м показала возраст $7,6 \pm 0,03$ кал. тыс. л. н. (ИГАН_{AMC}-8286). В скважине NP-2 с глубины 2,5 м получена одна инверсионная дата $22,3 \pm 0,1$ кал. тыс. л. н. (ИГАН_{AMC}-8291). С глубины 2,9 м получена дата $20,3 \pm 0,1$ кал. тыс. л. н. (ИГАН_{AMC}-8289).

Таблица

Результаты радиоуглеродного (AMS) датирования образцов из скважин NP-1, NP-2 (Новая Полтавка)

Лаб. номер	Точка	Состав отложений	Высота, м абсолютной	Глубина отбора, м	Материал датирования	Возраст ^{14}C , л. н.	Возраст ^{14}C , кал. л. н.
ИГАНАМС-8286	NP-1	Коричневый суглинок	43,9	1,1	Общий орг. углерод	6730 ± 25	7596 ± 29
ИГАНАМС-8290	NP-1	Коричневый суглинок	42,7	2,3	Общий орг. углерод	$16\ 180 \pm 40$	19517 ± 93
ИГАНАМС-8288	NP-1	Коричневый суглинок	41,8	3,2	Общий орг. углерод	$19\ 530 \pm 60$	$23\ 545 \pm 233$
ИГАНАМС-8291	NP-2	Коричневый суглинок	47,5	2,5	Общий орг. углерод	$18\ 330 \pm 45$	$22\ 280 \pm 123$
ИГАНАМС-8289	NP-2	Коричневый суглинок	47,1	2,9	Общий орг. углерод	$16\ 780 \pm 40$	$20\ 297 \pm 144$
ИГАНАМС-8285	NP-2	Коричневый суглинок	45,3	4,7	Общий орг. углерод	$22\ 380 \pm 60$	$26\ 685 \pm 271$

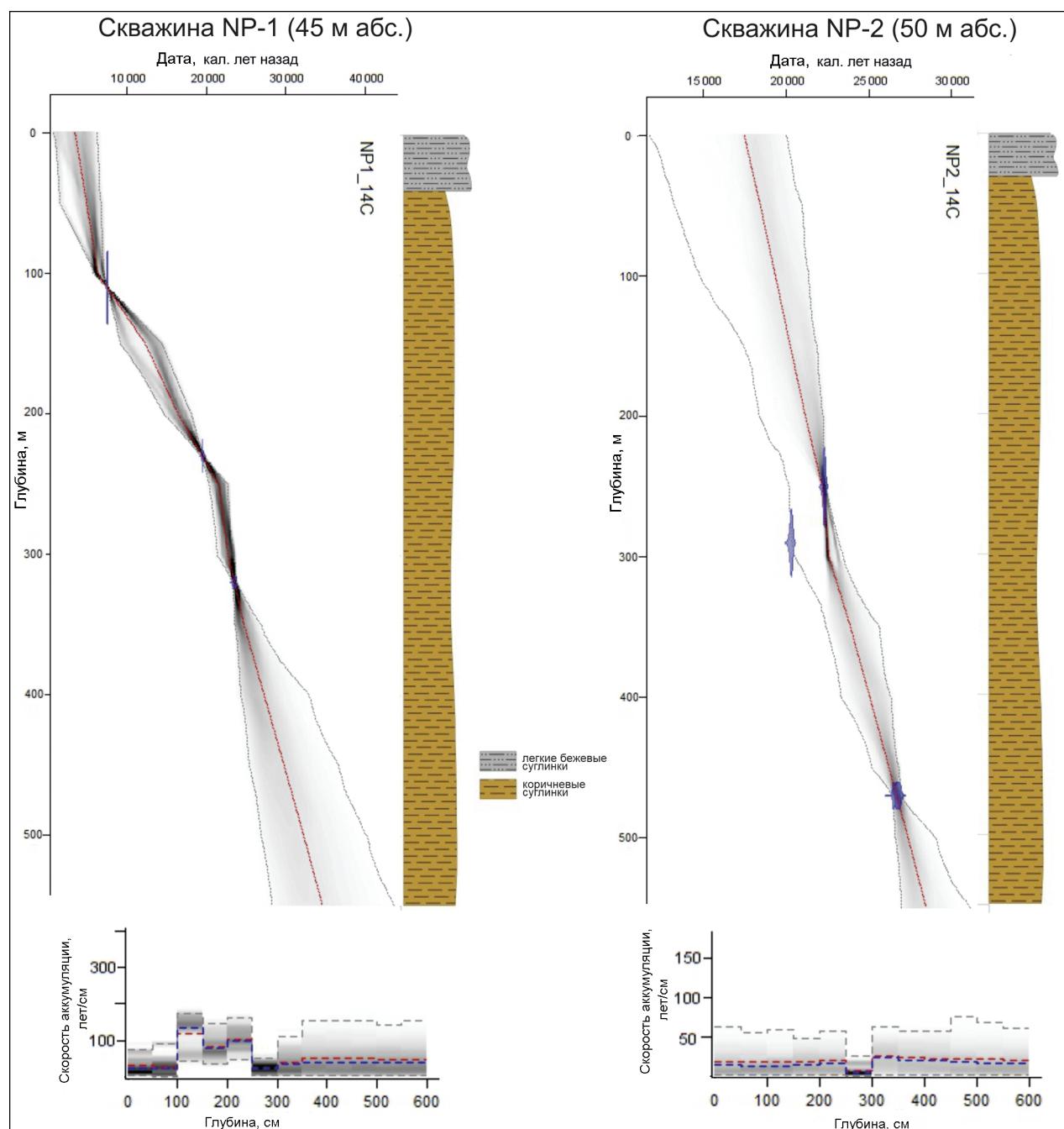


Рис. 3. Литологическое строение и возрастные модели для скважин NP-1, NP-2. Отдельно отмечены рассчитанные изменения в скоростях аккумуляции по глубине

Fig. 3. Lithological structure and age models for wells NP-1, NP-2. The calculated changes in accumulation rates with depth are noted separately

Исходя из полученных данных, можно констатировать, что накопление коричневых суглинков шло в континентальных стабильных условиях. Полученные по субаэральным коричневым суглинкам даты позволяют предположить, что между 26,7 и 19,5 кал. тыс. л. н. раннехвалынский бассейн не достигал данной территории, а его уровень, вероятно, находился на низких отметках. Отложения в скважинах NP-1 и NP-2 – одинаковые субаэральные суглинки. Только в скважине NP-1 они слагают цоколь

террасы как таковой, а в скважине NP-2 – это те же отложения, только выше предполагаемой береговой линии максимальной трансгрессией Каспия. Калиброванные даты попадают на период последнего ледникового максимума (ПЛМ), развивавшегося 25–18 тыс. л. н. [Hughes et al., 2016]. Схожее литологическое строение и возрастные оценки имеют отложения, слагающие террасу III в долине р. Малый Караман на отметках выше 40 м абс. [Макшаев и др., 2025].

Построенная возрастная модель для отложений скважины NP-2, которая находится на бровке высотой 50 м абс., не смотря на небольшую инверсию, показывает, что наиболее вероятно было прекращение субаэрального осадконакопления на данных отметках около 17–15 тыс. л. н. (см. рис. 3). То есть перед периодом максимального подъема уровня Каспия в хвалынский этап и периодом потепления беллинг-аллеред региональные ландшафтно-климатические условия сменились на неподходящие для постоянного субаэрального осадконакопления.

Как уже было сказано выше, скважина NP-1 отличается наличием даты в нижних горизонтах современного почвенного профиля, что делает возрастную модель немного отличной от NP-2. До глубины 2,2 м в обеих скважинах охвачен один и тот же временной интервал (30–20 тыс. л. н. по возрастной модели), а также схожи скорости осадконакопления (25–30 лет/см). Если принять дату 7,6 кал. тыс. л. н. верной, то выше скорость аккумуляции уменьшается и продолжается без перерывов с ПЛМ до, как минимум, середины голоцене. Однако отсутствие видимых перерывов в литологическом строении скважины NP-1 и приуроченность вышеупомянутой даты к нижней части почвенного профиля позволяет предположить ее значительную омоложенность. При ее исключении из возрастной модели путем экстраполяции можно предположить окончание осадконакопления в NP-1 на рубеже голоцена и плейстоцена или в схожий с NP-2 этап.

Существуют разные оценки положения уровня раннехвалынского бассейна в период ПЛМ. В одних случаях приводятся данные о развитии регressiveйной стадии раннехвалынского бассейна и стоянии уровня моря на отметках 0–10 м абс. [Gelfan et al., 2024]. По другим данным, уровень раннехвалынского бассейна располагался на отметках от 10 до 18 м абс. [Tudryk et al., 2022; Макшаев, Ткач, 2023]. Существующие данные по абсолютному датированию для ряда районов Каспийского региона позволяют установить, что в период ПЛМ уровень раннехвалынского бассейна располагался на отметках 7–18 м абс. Так, например, накопление нижнехвалынских отложений, залегающих на уровне 6–7 м абс. в Нижнем Поволжье приходилось на конец ПЛМ [Kurbanov et al., 2021; Курбанов и др., 2023]. Радиоуглеродная дата из нижнехвалынских отложений, отобранных с уровня 12 м абс. из разреза Сабуровка (Саратовская обл.), показала возраст $25,1 \pm 0,2$ кал. тыс. л. н. [Макшаев и др., 2025]. В то же время в Среднем Поволжье в долине р. Малый Караман нижнехвалынские отложения, слагающие поверхность террасы III на уровне 34 м абс., по данным ОСЛ датирования, показали возраст $22,6 \pm 1,5$ тыс. л. н. [Макшаев и др., 2025].

Самым северным участком, для которого была получена радиоуглеродная дата, является разрез Приволжье (Самарская обл.). В этом разрезе получена первая радиоуглеродная дата для нижнехвалынских отложений. Образец шоколадных глин с уровня 18 м абс. показал возраст $17,1 \pm 0,7$ тыс. л. н. [Васильев, 1967]. На территории Среднего Поволжья в период ПЛМ развивался обширный палеостурий раннехвалынского бассейна, где существенную роль в формировании состава нижнехвалынских отложений играли флювиальные процессы.

Ввиду отсутствия данных по датированию нижнехвалынских отложений с уровней, располагающихся между 18 и 34 м абс., невозможно точно установить флуктуации раннехвалынского бассейна, попадающие на период ПЛМ. При этом в составе отложений из скважин NP-1 и NP-2 не зафиксированы осадки, характеризующие морские или прибрежные условия и отвечающие раннему (до ПЛМ) развитию раннехвалынского бассейна. Смоделированные геохронологические данные позволяют предположить, что вплоть до 17–15 кал. тыс. л. н. море не затапливало отметки 40–45 м абс. Существующие литологические сведения о нижнехвалынских отложениях, слагающих высокий уровень раннехвалынской трансгрессии в долине р. Волги, описывают их малую мощность (до 1,5 м), а чаще их полное отсутствие [Свиточ и др., 2017]. Поэтому необходимо проведение сплошного датирования отложений, слагающих высокий уровень раннехвалынской террасы, для верификации периодов осадконакопления. В то же время существует одна радиоуглеродная дата с Восточного Каспия возрастом 40 кал. тыс. л. н., полученная с уровня 45 м абс. по раковинам *Didacna sp.* [Panek et al., 2016]. Однако, ввиду значительного массива геохронологических данных, полученных по континентальным ательским отложениям из Северного Прикаспия, развитие максимального уровня раннехвалынского бассейна 40 кал. тыс. л. н. не верифицируется [Yanina et al., 2021; Kurbanov et al., 2021; Таратунина и др., 2024].

Важнейшим источником информации для понимания хода развития раннехвалынского бассейна являются палеогидрологические исследования периодов повышенного речного стока. В периоды увеличения речного стока в долинах рек формировались крупные излучины (макроизлучины или макромеандры), которые фиксируются на многих реках Восточно-Европейской равнины [Панин и др., 2013; Сидорчук и др., 2000]. Один из таких периодов повышенного стока приходился на этап после ПЛМ, между 18 и 12 тыс. л. н. [Panin, Matlakhova, 2015; Матлахова, 2014]. Так, например, исследования больших палеорусел в долине р. Большой Узень показали, что накопление руслового и пойменного

аллювия на высотах 21 и 24 м абсолютной высоты. Соответственно происходило в период ~16,8–16,6 кал. тыс. л. н. [Украинцев и др., 2024]. Совокупность данных по геохронологии хвалынского этапа позволяет предположить, что развитие максимума раннехвалынского бассейна приходилось на короткий интервал времени. Об этом, в частности, говорят маломощные нижнехвалынские отложения, слагающие поверхность III террасы в долине р. Волги [Москвитин, 1962; Обедиентова, 1977; Макшаев и др., 2025].

ВЫВОДЫ

По результатам проведенных исследований установлено, что в период ПЛМ на уровнях 41,8–47,5 м абсолютной высоты накопление осадков происходило в субзональных условиях.

Нижнехвалынские морские отложения на исследованных участках в районе северной бровки Прикаспийской низменности не зафиксированы. В то же время в рельефе отчетливо выражены

террасовые уровни максимума раннехвалынской трансгрессии.

Однородность в составе отложений позволяет предположить стабильность источников поступления материала на данной территории в период ПЛМ.

Нижнехвалынские отложения, представленные шоколадными глинами, слагают второй террасовый уровень на севере Прикаспийской низменности.

Данные по литологическому строению и абсолютному датированию нижнехвалынских отложений позволяют предположить, что развитие максимума раннехвалынского бассейна приходилось на короткий интервал времени после последнего ледниково-максимума и коррелировало с эпохой повышенной водности рек на Восточно-Европейской равнине. Однако, для детальной верификации данного периода и выявления перерывов в осадконакоплении необходимо проведение сплошного параллельного датирования отложений, слагающих высокий уровень раннехвалынской трансгрессии в долине р. Волги.

Благодарность. Работа выполнена в рамках проекта РНФ 25-17-00024.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Арсланов Х.А., Локшин Н.В., Мамедов А.В. и др. О возрасте хазарских, хвалынских и новокаспийских отложений Каспийского моря // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. 1988. № 57. С. 28–38.
- Броцкий Ю.З., Карапеева М.В. Развитие Западного Прикаспия в четвертичное время // Вестник Моск. ун-та. Сер. физ.-мат. и естеств. наук. 1953. № 2. С. 139–146.
- Бэр К.М. Ученые записки о Каспийском море и его окрестностях // Записки русского географического общества. 1856. Кн. XI. С. 181–224.
- Васильев Ю.М. Новые данные о возрасте второй надпойменной террасы Волги // Бюлл. комиссии по изучению четвертичного периода. 1967. № 34. С. 99–107.
- Геохронология СССР. Т. 3 / под ред. В.А. Зубакова, Н.И. Полевой. М.: Недра, 1974. 359 с.
- Курбанов Р.Н., Беляев В.Р., Свистунов М.И. и др. Новые данные о возрасте раннехвалынской трансгрессии Каспийского моря // Известия РАН. Серия географическая. 2023. Т. 87. № 3. С. 403–419. DOI: 10.31857/S2587556623030081.
- Макшаев Р.Р., Ткач Н.Т. Хронология хвалынского этапа развития Каспия по данным радиоуглеродного датирования // Геоморфология и палеогеография. 2023. № 1. С. 37–54. DOI: 10.31857/S0435428123010108.
- Макшаев Р.Р., Матлахова Е.Ю., Ткач Н.Т. и др. Влияние раннехвалынской трансгрессии Каспия на строение долины Волги и ее притоков (ключевой участок Малый Караман, Саратовская область) // Геоморфология и палеогеография. 2025. Т. 56. № 1. С. 116–129. DOI: 10.31857/S2949178925010069.
- Матлахова Е.Ю. Валдайский террасовый комплекс в речных долинах центра Восточно-Европейской равнины: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ, 2014. 26 с.
- Матлахова Е.Ю., Украинцев В.Ю., Панин А.В. История развития долины р. Мокши в конце позднего плейстоцена // Геоморфология. 2021. № 3. С. 105–115. DOI: 10.31857/S043542812103007X.
- Москвитин А.И. Плейстоцен Нижнего Поволжья // Труды ГИН АН СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1962. Вып. 64. 264 с.
- Обедиентова Г.В. Эрозионные циклы и формирование долины Волги. М.: Наука, 1977. 242 с.
- Панин А.В., Сидорчук А.Ю., Власов М.В. Мощный поздневалдайский речной сток в бассейне Дона // Известия РАН. Сер. геогр. 2013. № 1. С. 118–129. DOI: 10.15356/0373-2444-2013-1-118-129.
- Православлев П.А. Каспийские осадки по р. Уралу // Известия Донского политех. ин-та. Отд. 2. Т. 2. 1913. С. 565–622.
- Свирч А.А., Янина Т.А. Четвертичные отложения побережий Каспийского моря. М.: РАСХН, 1997. 267 с.
- Свирч А.А., Макшаев Р.Р., Ростовцева Ю.В. и др. Шоколадные глины Северного Прикаспия. М.: Географический факультет МГУ, 2017. 140 с.
- Сидорчук А.Ю., Борисова О.К., Панин А.В. Поздневалдайские палеорусы рек Русской равнины // Известия РАН. Сер. геогр. 2000. № 6. С. 73–78.
- Тараторунина Н.А., Рогов В.В., Лебедева М.П., и др. Стратиграфия, хронология и палеогеография криогенных явлений Прикаспийской низменности в позднем плейстоцене // Геоморфология и палеогеография. 2024. Т. 55. № 3. С. 5–31. DOI: 10.31857/S2949178924030018.
- Украинцев В.Ю., Зазовская Э.П., Захаров А.Л. и др. О времени проявления эпохи обильного речного стока в бассейне Волги // Водные ресурсы. 2024. Т. 51. № 3. С. 235–243.

- Федоров П.В.* Стратиграфия четвертичных отложений и история развития Каспийского моря // Труды Геологического института АН СССР. 1957. Вып. 10. 297 с.
- Шаховец С.А.* Хронология палеогеографических событий позднего плейстоцена Нижней Волги (по данным термолюминесцентного метода): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ, 1987. 24 с.
- Янина Т.А., Свисточ А.А., Курбанов Р.Н. и др.* Опыт датирования плейстоценовых отложений Нижнего Поволжья методом оптически стимулированной люминесценции // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2017. № 1. С. 20–28.
- Arslanov Kh.A., Yanina T.A., Chepalyga A.L. et al.* On the age of the Khvalynian deposits of the Caspian Sea coasts according to ^{14}C and $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ methods, *Quaternary International*, 2016, vol. 409, p. 81–87.
- Blaauw M., Christen J.A.* Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process, *Bayesian Anal.*, 2011, vol. 6, 457e474, DOI: 10.1214/11-BA618.
- Gelfan A., Panin A., Kalugin A. et al.* Hydroclimatic processes as the primary drivers of the Early Khvalynian transgression of the Caspian Sea: new developments, *Hydro. Earth Syst. Sci.*, 2024, vol. 28, p. 241–259, DOI: 10.5194/hess-28-241-2024.
- Gorlach A., Hang T., Kalm V.* GIS-based reconstruction of Late Weichselian proglacial lakes in northwestern Russia and Belarus, *Boreas*, 2017, vol. 46, p. 486–502.
- Hughes A.L.C., Gyllencreutz R., Lohne Ø.S. et al.* The last Eurasian ice sheets – a chronological database and time-slice reconstruction, DATED-1, *Boreas*, 2016, vol. 45, p. 1–45.
- Kurbanov R.N., Murray A.S., Yanina T.A. et al.* First optical-stimulated luminescence ages of the early khvalynian Caspian Sea transgression in the lower Volga, *Boreas*, 2021, vol. 50, p. 134–146, DOI: 10.1111/bor.12478.
- Pánek T., Korup O., Miná J. et al.* Giant landslides and highstands of the Caspian Sea, *Geology*, 2016, vol. 44, p. 939–942, DOI: 10.1130/G38259.1.
- Panin A., Matlakhova E.* Fluvial chronology in the East European Plain over the last 20 ka and its palaeohydrological implications, *Catena*, 2015, vol. 130, p. 46–61, DOI: 10.1016/j.catena.2014.08.016.
- Reimer P.J., Austin W.E.N., Bard E. et al.* The IntCal20 northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal ka BP), *Radiocarbon*, 2015, vol. 62, iss. 4, p. 725–757, DOI: 10.1017/RDC.2020.41.
- Tudryn A., Gibert-Brunet E., Tucholka P. et al.* Chronology of the Late Pleistocene Caspian Sea hydrologic changes: a review of dates and proposed climate-induced driving mechanisms, *Quat. Sci. Rev.*, 2022, vol. 293, 107672, DOI: 10.1016/j.quascirev.2022.107672.
- Yanina T., Bolikhovskaya N., Sorokin V. et al.* Paleogeography of the Atelian regression in the Caspian Sea (based on drillingdata), *Quat. Int.*, 2021, vol. 590, p. 73–84, DOI: 10.1016/j.quaint.2020.07.023.

Электронный источник

Stuiver M., Reimer P.J., Reimer R.W. CALIB 8.2. 2021. URL: <http://calib.qub.ac.uk/calib/> (дата обращения 10.10.2024).

Поступила в редакцию 21.07.2025

После доработки 20.08.2025

Принята к публикации 17.10.2025

THE AGE OF THE KHVALYNSK TERRACE DEPOSITS IN THE NORTH OF THE CASPIAN LOWLAND

R.R. Makshaev¹, E.Yu. Matlakhova², N.T. Tkach³, N.V. Sychev⁴

^{1,2} Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography

¹ Research Laboratory of Recent Pleistocene Deposits and Paleogeography

² Department of Geomorphology and Paleogeography; Research Laboratory of Recent Pleistocene Deposits and Paleogeography

³ Geological Institute, RAS, Laboratory of Geochemistry of Isotopes and Geochronology

⁴ Institute of Geography, RAS, Laboratory of Paleoarchives of the Natural Environment

¹ Senior Scientific Researcher, Ph.D. in Geography; e-mail: radikm1986@mail.ru

² Associate Professor; Senior Scientific Researcher, Ph.D. in Geography; e-mail: matlakhova_k@mail.ru

³ Senior Scientific Researcher, Ph.D. in Geology and Mineralogy; e-mail: tkachgeo@gmail.com

⁴ Junior Scientific Researcher; Ph.D. in Geography; e-mail: nvsychev@igras.ru

During the Early Khvalynian stage, fluctuations of the Caspian Sea level formed a number of marine terraces, which are well pronounced in the relief of the northern part of the Caspian Lowland. The paper presents the results of studies of the lithological structure and radiocarbon age of the sediments that correspond to the maximum Early Khvalynian terrace at the northern edge of the Caspian Lowland (north-east of the Volgograd Region). The results obtained from studying the sediments in NP-1 and NP-2 boreholes within the Eeruslan River valley showed that the upper layers of sediments that correspond to the maximum Early Khvalynian terrace accumulated in subaerial conditions during the period of 26,7–19,5 ka cal BP. The composition of the sediments formed during that time interval is almost uniform. These features suggest stable conditions of their accumulation with a permanent supply of silt-sand material. During the last glacial maximum, the Early Khvalynian basin was probably located at elevations significantly lower than 40 m a.s.l. The subsequent rise in the Caspian Sea level and erosion of the upper part of subaerial deposits resulted in the isolation of the maximum Early Khvalynian terrace as a relief form.

Keywords: Late Pleistocene, Holocene, Caspian Sea, Khvalynian stage, early Khvalynian terraces radiocarbon dating

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Science Foundation (project 25-17-00024).

REFERENCES

- Arslanov Kh.A., Lokshin N.V., Mamedov A.V. On the age of Khazarian, Khvalynian and Novocaspian deposits of the Caspian Sea, *Bulletin of the Commission on Quaternary Investigations*, 1988, vol. 57, 28–38. (In Russian)
- Arslanov Kh.A., Yanina T.A., Chepalyga A.L. et al. On the age of the Khvalynian deposits of the Caspian Sea coasts according to ^{14}C and $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ methods, *Quaternary International*, 2016, 409, 81–87.
- Baer K.M. Scientific Notes about the Caspian Sea and Adjacent Regions, *Notes of the Imperial Russian Geographical Society*, St. Petersburg, 1856, 11, 181–224. (In Russian)
- Blaauw M., Christen J.A. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process, *Bayesian Anal.*, 2011, 6, 457e474, DOI: 10.1214/11-BA618.
- Brotskiy Y.Z., Karandeeva M.V. Development of the Western Pre-Caspian in the Quarternary time, *Vestn. Moscow Univ. Ser. Phys. Math. Nat. Sci.*, 1953, 2, 139–146. (In Russian)
- Fedorov P.V. *Stratigrafiya chetvertichnyh otlozhenij i istoriya razvitiya Kaspijskogo moray* [Stratigraphy of the Quaternary deposits and history of development of the Caspian Sea], Trudy Geologicheskogo instituta AN SSSR, 1957, vol. 10, 297 p. (In Russian)
- Gelfan A., Panin A., Kalugin A. et al. Hydroclimatic processes as the primary drivers of the Early Khvalynian transgression of the Caspian Sea: new developments, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 2024, 28, 241–259, DOI: 10.5194/hess-28-241-2024.
- Geohronologiya SSSR, T. 3* [Geochronology of USSR, vol. 3], V.A. Zubakov, N.I. Polevaya (eds.), Moscow, Nendra Publ., 1974, 359 p. (In Russian)
- Gorlach A., Hang T., Kalm V. GIS-based reconstruction of Late Weichselian proglacial lakes in northwestern Russia and Belarus, *Boreas*, 2017, 46, p. 486–502.
- Hughes A.L.C., Gyllencreutz R., Lohne Ø.S. et al. The last Eurasian ice sheets – a chronological database and time-slice reconstruction, DATED-1, *Boreas*, 2016, 45, p. 1–45.
- Kurbanov R.N., Belyaev V.R., Svistunov M.I. et al. Novye dannye o vozraste rannehvalynskoj transgressii Kaspijskogo moray [New data on the age of the Early Khvalynian transgression of the Caspian Sea], *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk, Seriya Geograficheskaya*, 2023, vol. 87, no. 3, p. 403–419, DOI: 10.31857/S2587556623030081. (In Russian)
- Kurbanov R.N., Murray A.S., Yanina T.A. et al. First optically stimulated luminescence ages of the early khvalynian Caspian Sea transgression in the lower Volga, *Boreas*, 2021, 50, 134–146, DOI: 10.1111/bor.12478.
- Makshaev R.R., Matlakhova E.Yu., Tkach N.T. et al. Vliyanie rannekhvalynskoj transgressii Kaspija na stroenie doliny Volgi i yeje pritokov (klyuchevoj uchastok Maly Karaman, Saratovskaya oblast) [The influence of the Early Khvalynian transgression of the Caspian Sea on the structure of valleys of the Volga River and its tributaries (Maly Karaman key site, Saratov Region), *Geomorfologiya i Paleogeografiya*, 2025, vol. 56, no. 1, p. 116–129, DOI: 10.31857/S2949178925010069. (In Russian)]
- Makshaev R.R., Tkach N.T. Khronologiya khvalynskogo etapa razvitiya Kaspiya po dannym radiougleodnogo datirovaniya [Chronology of Khvalynian stage of the Caspian Sea according to radiocarbon dating], *Geomorfologiya i Paleogeografiya*, 2023, no. 1, p. 37–54, DOI: 10.31857/S0435428123010108. (In Russian)
- Matlakhova E.Yu. *Valdajskiji terrasovyj kompleks v rechnyh dolinah centra Vostochno-Evropejskoj ravniny* (The Valdai terrace complex in the river valleys of the central East European Plain), Ph.D. thesis, Moscow, MSU Publ., 2014, 26 p. (In Russian)
- Matlakhova E.Yu., Ukrantsev V.Yu., Panin A.V. Iстория развития долины реки Мокши в контсе позднего плеистоцена [The history of the Moksha River valley development in the end of the Late Pleistocene], *Geomorfologiya*, 2021, no. 3, p. 105–115, DOI: 10.31857/S043542812103007X. (In Russian)
- Moskvitin A.I. *Pleistotsen Nizhnego Povolzhya* [Pleistocene of the Lower Volga region], Proceedings of the Geological Institute of the USSR Academy of Sciences, Moscow, Nauka Publ., 1962, iss. 64, 263 p. (In Russian)
- Obedientova G.V. *Erozionnye tsikly i formirovanie doliny Volgi* [Erosion cycles and the Volga Valley formation], Nauka Publ., Moscow, 1977, p. 242. (In Russian)
- Pánek T., Korup O., Miná J. et al. Giant landslides and highstands of the Caspian Sea, *Geology*, 2016, vol. 44, p. 939–942, DOI: 10.1130/G38259.1
- Panin A., Matlakhova E. Fluvial chronology in the East European Plain over the last 20 ka and its palaeohydrological implications, *Catena*, 2015, vol. 130, p. 46–61, DOI: 10.1016/j.catena.2014.08.016.
- Panin A.V., Sidorchuk A.Yu., Vlasov M.V. Moshhnyi pozdnevaldaiskii rechnoi stok v basseine Dona (Abundant Late Valdai River runoff in the Don River basin), *Izvestiya RAN, Seriya Geograficheskaya*, 2013, no. 1, p. 118–129, DOI: 10.15356/0373-2444-2013-1-118-129. (In Russian)
- Pravoslavlev P.A. Kaspijskie osadki po reke Uralu [Caspian deposits of the Ural River], *Izvestiya Donskogo polytechnicheskogo instituta*, dep. 2., 1913, 2, 1–60. (In Russian)
- Reimer P.J., Austin W.E.N., Bard E. et al. The IntCal20 northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal ka BP), *Radiocarbon*, 2020, vol. 62, iss. 4, p. 725–757, DOI: 10.1017/RDC.2020.41.
- Shakhovets, S.A. *Khronologija paleogeograficheskikh so-bytij pozdnego pleistotsens Nizhnej Volgi (po dannym termo-luministsentnogo analiza)* [Late Pleistocene Chronology of Paleogeographical Events of the Lower Volga Region (on the Base of Thermoluminescence Method)], Ph.D. Thesis, Moscow State University in Russian, 1987, p. 24. (In Russian)
- Sidorchuk A.Yu., Panin A.V., and Borisova O.K. Pozdnelednikovye paleorusla rek Zapadnoi Sibiri [Late Glacial paleochannels of the Western Siberia rivers], *Izvesiya RAN, Seriya Geograficheskaya*, 2008, no. 2, p. 67–75. (In Russian)

- Svitoch A.A., Makshaev R.R., Rostovceva Yu.V. et al. *Shokoladnye gliny Severnogo Prikasiya* [Chocolate clays of the Northern Pre-Caspian], Moscow, Geograficheskii fakul'tet MGU Publ., 2017, 140 p. (In Russian)
- Svitoch A.A., Yanina T.A. *Chetvertichnye otlozheniya poberezhiy Kaspiiskogo morya* [Quaternary sediments of the Caspian Sea coasts], Moscow, RASHN Publ., 1997, 267 p. (In Russian)
- Taratunina N.A., Rogov V.V., Lebedeva M.P. et al. Stratigrafiya, khronologiya i paleogeografiya kriogennoy yavlenij prikaspis'koj nizmennosti v Pozdnem Pleistotsene [Stratigraphy, chronology and paleogeography of Late Quaternary cryogenesis in Northern Caspian Lowland], *Geomorphology and Paleogeography*, 2024, vol. 55 (3), p. 5–31, DOI: 10.31857/S2949178924030018. (In Russian)
- Tudrym A., Gibert-Brunet E., Tucholka P. et al. Chronology of the Late Pleistocene Caspian Sea hydrologic changes: a review of dates and proposed climate-induced driving mechanisms, *Quat. Sci. Rev.*, 2022, 293, 107672, DOI: 10.1016/j.quascirev.2022.107672.
- Ukrainstsev V.Y., Zazovskaya E.P., Zakharov A.L. et al. O vremenii proyavleniya epohi obilnogo rechnogo stoka v bassejne Volgi [On the timing of the epoch of abundant river flow in the Volga River basin], *Vodnye resursy*, 2024, v. 51, no. 3, p. 235–243. (In Russian)
- Vasiliev Yu.M. Novye dannye o vazraste vtoroj nadpojmennoj terrasy Volgi [New data about the age of the second terrace of the Volga River], *Bull. Comm. Po Izuch. Chetvertichnogo Perioda*, 1967, no. 34, p. 99–107. (In Russian)
- Yanina T.A., Svitoch A.A., Kurbanov R.N. et al. Opyt datirovaniya pleistotsenovykh otlozhenij Nizhnego Povolzh'ya metodom opticheski stimulirovannoj luminescencii [Experience in the optically stimulated luminescence dating of Pleistocene deposits of the Lower Volga River area], *Vestn. Mosk. Un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2017, no. 1, p. 20–28. (In Russian).
- Yanina T., Bolikhovskaya N., Sorokin V. et al. Paleogeography of the atelian regression in the caspian sea (based on drilling data), *Quat. Int.*, 2021, 590, 73–84, DOI: 10.1016/j.quaint.2020.07.023.

Web source

Stuiver M., Reimer P.J., Reimer R.W. CALIB 8.2, 2021, URL: <http://calib.qub.ac.uk/calib/> (access date 10.10.2024).

Received 21.07.2025

Revised 20.08.2025

Accepted 17.10.2025