

---

## ГЕОГРАФИЯ

---

УДК 551.8:56.074.6

### ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЯ ОЗЕР ЗАПАДНОГО КРЫМА

© 2023 г. Д. А. Субетто<sup>1,\*</sup>, Т. В. Сапелко<sup>2</sup>, В. Ф. Столба<sup>3</sup>, Д. Д. Кузнецов<sup>2</sup>,  
А. В. Лудикова<sup>2</sup>, И. Ю. Неуструева<sup>2</sup>

Представлено академиком РАН Л.И. Лобковским 24.01.2023 г.

Поступило 24.01.2023 г.

После доработки 07.02.2023 г.

Принято к публикации 08.02.2023 г.

Впервые для соленых озер полуострова Крым получены результаты комплексного исследования донных отложений озер с применением лито-, био- и хронологических методов. Впервые для донных отложений озер Крыма выполнено радиоуглеродное датирование. В озерах Сакское и Джарылгач вскрыты отложения замкнутых сильно минерализованных водоемов, перекрывающих морские отложения. Кровля морских отложений датируется 4960–5360 кал. л.н. для оз. Сакского и 4980–5400 кал. л.н. для оз. Джарылгач. К этому времени начали формироваться пересыпи, впоследствии полностью отделившие заливы от моря и приведшие к образованию замкнутых водоемов. Полное обособление оз. Джарылгач произошло около 4600 кал. л.н. На изменение характера растительности на первом этапе существования озер оказывали влияние изменение уровня моря, его трансгрессивные и регressive фазы, а также колебания солености. В дальнейшем основное влияние оказывали изменения влажности климата. Первые культурные злаки появляются в районе исследований в суббореальном периоде. Следы поселений человека в районе оз. Джарылгач относятся к периодам энеолита, эпохи бронзы, античности и средневековья. Изменение демографической ситуации отмечается с начала I тысячелетия до н.э. и до конца V в. до н.э. В окрестностях оз. Саки известные археологические памятники относятся в основном к эпохе бронзы и античному периоду.

**Ключевые слова:** донные отложения, соленые озера, радиоуглеродный возраст, литология, пыльца, остракоды, голоцен, уровень моря, Крым, Черное море

**DOI:** 10.31857/S2686739723600157, **EDN:** DURVQT

Озера полуострова Крым всегда представляли большой интерес для исследователей, как с научной точки зрения, так и с точки зрения их хозяйственного освоения. Начало изучению соленых крымских озер было положено в 20–30-х годах XX века [1–3]. В 1990-е годы проведены исследования слоистых донных отложений Сакского озера [4]. Подсчеты годовых слоев, выполненные ранее В.Б. Шостаковичем [2], подтвердились лишь частично. Результаты варвихронологического метода сопоставлялись с палинологическими данными [5], но радиоуглеродное датирование не проводилось. Позднее серия радиоуглеродных

датировок была получена для пересыпи оз. Чокрак в восточной части Крымского полуострова, по которым авторы провели реконструкцию изменения уровня моря и связанного с ним этапа изоляции озера от Азовского моря [6].

Новые палеолимнологические исследования соленых озер Крыма начались в 2000-е гг. в рамках датско-российско-украинского проекта “Северное Причерноморье в I тысячелетии до н.э.: история человека и климатические изменения” и проекта РФФИ 09-05-90438 “Палеогеография и климат Северного Причерноморья в голоцене”. В рамках данных проектов были изучены комплексом методов разрезы донных отложений оз. Сакское ( $45^{\circ}06.8' \text{ с.ш.}; 33^{\circ}33.2' \text{ в.д.}; -0.7 \text{ м над уровнем моря}$ ) и оз. Джарылгач ( $45^{\circ}34.7' \text{ с.ш.}; 32^{\circ}51.7' \text{ в.д.}; -0.4 \text{ м над уровнем моря}$ ) (рис. 1). Частично результаты были опубликованы [7].

Озера Сакское и Джарылгач являются водоемами морского происхождения (бывшие заливы и лагуны). В настоящее время это горько-соленые озера, уровень воды в которых ниже уровня Черного моря. Они отделены от него пересыпями. При небольшой глубине озер, их донные отложе-

<sup>1</sup>Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Институт озероведения Российской Академии наук, Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской Академии наук, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup>Staatliche Museen zu Berlin / Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities, Berlin, Germany

\*E-mail: subetto@mail.ru

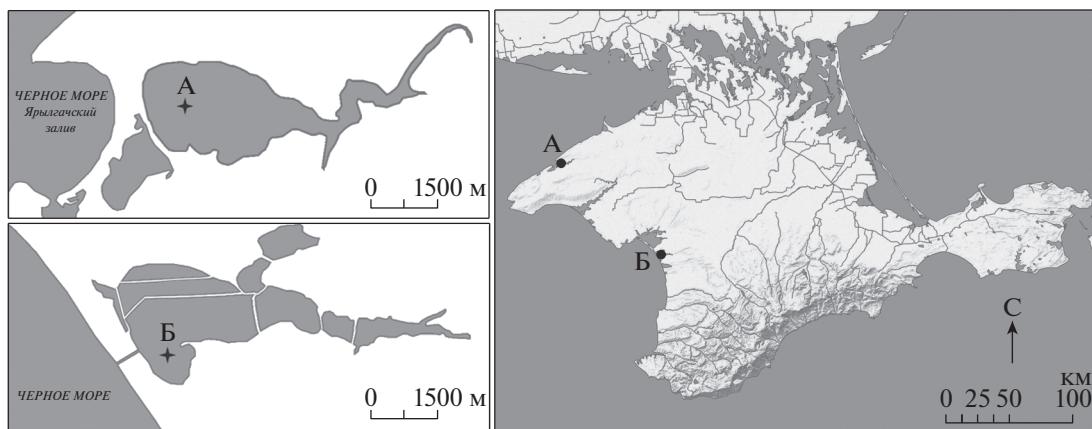


Рис. 1. Район исследований – полуостров Крым. А – оз. Джарылгач; Б – оз. Сакское.

ния достигают большой мощности. Максимальная мощность отобранных колонок донных отложений составила 4.18 м для оз. Сакского и 4.20 м для оз. Джарылгач (табл. 1). Донные отложения изученных озер представлены морскими, лагунными и озерными фациями. Керны донных отложений изучены комплексом лито-, био- и хронологических методов. Впервые образцы донных отложений озер Крыма были датированы радиоуглеродным методом с помощью ускорительной масс-спектрометрии (табл. 2). Датирование выполнено в радиоуглеродной лаборатории Института физики и астрономии Орхусского университета (Дания). Результаты датирования были калиброваны в программе OxCal 4.4 с использованием калибровочной шкалы Marine20 [8, 9].

Результаты датирования и литостратиграфия донных отложений свидетельствуют, что до 5500 калиброванных лет назад (кал. л.н.) в оз. Сакском формировались морские осадки. В интервале 5430–4960 кал. л.н. в осадконакоплении оз. Сакского произошел переход от морских условий

(темная серовато-коричневая вязкая глина с включениями гальки) к озерным (серая ритмично-слоистая иловая толща). Скорость осадконакопления, рассчитанная по кривой “глубина-в возраст” (рис. 2), составила в среднем около 0.8 мм/год. Ее максимальные значения (около 1 мм/год) отмечены в период 1800–3400 кал. л.н., минимальные значения (около 0.6 мм/год) – 3400–5200 кал. л.н.

Донные отложения в основании разреза в оз. Джарылгач начали формироваться около 7000 кал. л.н. Это серые и зеленовато-серые глины морского генезиса. Выше этих глин по разрезу залегают желтовато-серые и зеленовато-серые глинистые гиптии, сформировавшиеся в условиях лимана и изолированного озера. Скорость осадконакопления составила 0.7–0.9 мм/год на ранних этапах развития (до 5200 кал. л.н.), в последующем снизившись до 0.4–0.5 мм/год.

На изменение характера растительности окрестностей озера на раннем этапе существования водоема оказывала влияние динамика уровня

Таблица 1. Литологическое описание донных отложений озер Сакское и Джарылгач

Название озера	Глубина, м	Литология
Сакское	0.82–0.845	Бежевый наилок
	0.845–4.72	Ритмично-слоистый ил с чередованием черных и светло-серых слоев
	4.72–4.90	Зеленовато-серая с неясно выраженной слоистостью глина, раковины моллюсков до 1 см
	4.90–4.91	Песок
	4.91–5.00	Серовато-бурая глина с включениями гальки и раковин (морские отложения)
Джарылгач	0.80–2.66	Светло- и темно-серый слоистый ил
	2.66–3.70	Зеленовато-серый слоистый ил
	3.70–4.74	Желтовато-серый ил
	4.74–4.95	Серая глина (морские отложения)

**Таблица 2.** Результаты радиоуглеродного датирования донных отложений озер Сакское и Джарылгач

Название озера	Глубина отбора, м	Лаб. № (AAR)	Материал датирования	$^{14}\text{C}$ возраст (лет назад)	$^{14}\text{C}$ возраст (калиброванных лет назад)
Сакское	4.91	10654	Раковина ( <i>Cardiidae</i> )	$5043 \pm 41$	5360–4960
	4.77	10655	Раковина ( <i>Cochlodesma prae-tenuie, Thracia papyracea</i> )	$5074 \pm 43$	5430–5020
	4.73	10656	Раковина ( <i>Cerastoderma glaucum</i> )	$5084 \pm 37$	5430–5040
	3.7	10326	Растительный остаток	$3630 \pm 90$	3640–3110
	2.16	10327	Растительный остаток	$2360 \pm 50$	1990–1620
Джарылгач	4.89	10657	Раковина ( <i>Cerastoderma glaucum</i> )	$6555 \pm 50$	7030–6640
	4.71	10658	Раковина ( <i>Cerastoderma glaucum</i> )	$6384 \pm 49$	6830–6450
	3.68	10659	Раковина ( <i>Bilvalvia indet. (Rissoa lia ??)</i> )	$5058 \pm 44$	5400–4980
	2.65	10660	Раковина ( <i>Cerastoderma glaucum</i> )	$4080 \pm 55$	4140–3720
	2.15	10661	Раковина ( <i>Scrobiculana plana</i> )	$2975 \pm 41$	2740–2400

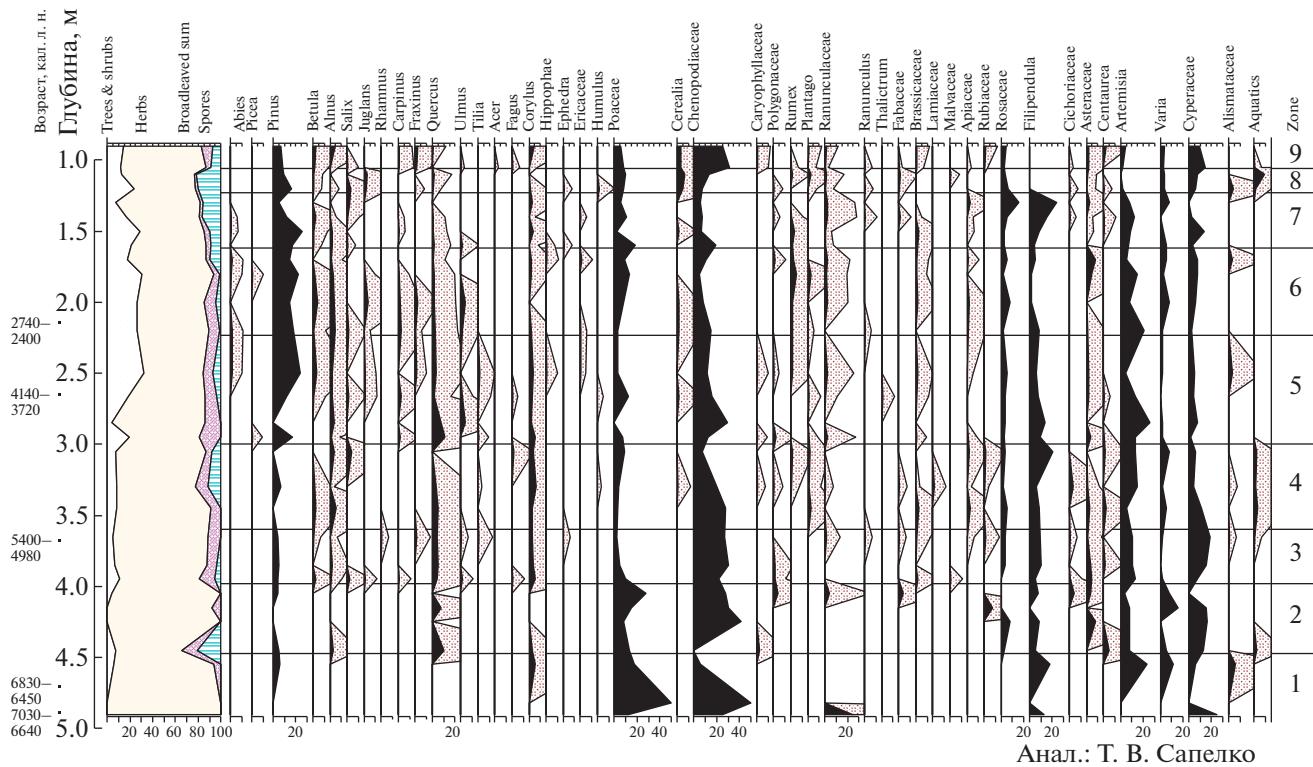
моря (трансгрессивные и регressive фазы) и колебание солености.

Палинологические данные отражают цикличность и направленность в развитии растительности и климата. От начала времени формирования отложений, т.е. с атлантического периода, и до конца субатлантики прослеживается тренд к похолоданию. Пики потепления наблюдаются на рубежах влажных и засушливых фаз. Первое появление культурных злаков отмечается в суб boreальном периоде, достигая максимума около 2300 кал.

л.н., а второй пик отмечается в короткий период увлажнения около 1000–800 кал. л.н. (рис. 3). Периоды активного антропогенного воздействия, выделяемые по палинологическим данным, сопоставляются с увеличением концентрации магнитных минералов, зафиксированных палеомагнитным методом [7].

Результаты остракодологического анализа донных отложений оз. Джарылгач (изменения общего разнообразия и доминантов в ассоциациях остракод по разрезу, соотношения в них мор-

**Рис. 2.** Возрастная модель.



**Рис. 3.** Спорово-пыльцевая диаграмма разреза донных отложений оз. Джарылгач.

ских, солоновато-водных форм и обитателей континентальных водоемов), позволили установить, что примерно до 5000–5400 кал. л.н. на его месте существовал морской залив, в котором происходил свободный водообмен с морем (рис. 4). Позднее формируется лагуна в результате постепенного образования пересыпи в условиях трансгрессивной стадии Черного моря и активизации абразионных процессов. Связь лагуны с морем стала ограниченной. В формировавшейся лагуне активно развивалась высшая водная растительность.

Около 4600 кал. л.н. солоновато-водная лагуна превратилась в обособленное от моря постепенно мелеющее озеро, соленость которого постепенно увеличивалась. В разрезе донных отложений происходит смена зеленовато-серых гиттий светло-серыми и темно-серыми полосчатыми гиттиями. На этом этапе развития водоема скорость осадконакопления уменьшается до 0.4–0.5 мм/год. После 2800 кал. л.н. озеро представляет собой континентальный водоем – соленое озеро, фауна которого представлена специфическими видами остракод *Cyprideis torosa* и *Eucypris inflata*, способными жить в горько-соленых озерах (рис. 4).

В период морской трансгрессии прибрежные почвы активно засолялись и растительность приобретала гало- и ксерофитный характер. В некоторых районах степного Крыма растительность принимала даже галофитно-пустынный и лугово-пустынный характер [10]. В процессе формирова-

ния пересыпи, отделявшей постепенно залив от моря, характер растительности менялся благодаря изменению влажности в сторону большей сухости. Изменения температуры воздуха (в сторону похолодания) не оказывали столь существенного влияния на изменения в составе растительного покрова. С суб boreального периода по данным палинологического анализа фиксируется антропогенное воздействие на ландшафты (появление культурных злаков).

После изоляции озера колебания уровня моря перестали влиять на формирование растительности, озеро окончательно отделилось от моря, климат стал более континентальным засушливым. На этом этапе развития окружающих ландшафтов одним из основных факторов, влияющих на характер растительности, становится антропогенное воздействие.

В обоих исследованных озерах отложения сильно минерализованных замкнутых озер перекрывают толщи морских осадков. Кровля последних датируется для оз. Сакского 5360–4960 кал. л.н. и примерно такой же и для оз. Джарылгач – 5400–4980 кал. л.н. К этому времени начали формироваться пересыпи, впоследствии полностью отделившие заливы от Черного моря. Полное обособление оз. Джарылгач произошло около 4600 кал. л.н. Образование пересыпей связано с активизацией абразионных процессов в период повышения уровня моря.

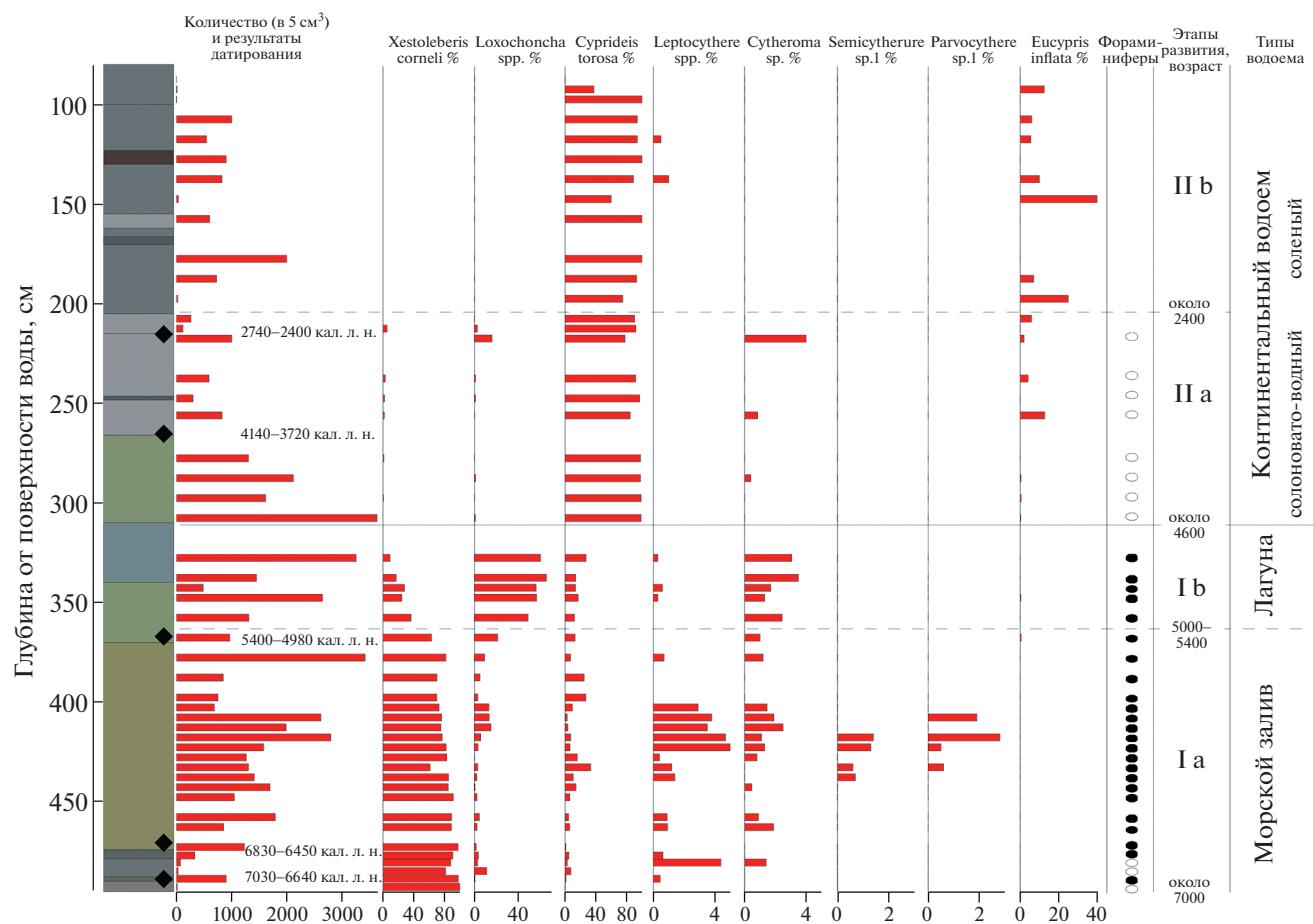


Рис. 4. Остракодологическая диаграмма оз. Джарылгач.

Окрестности западно-крымских соленых озер, как и морские бухты, издревле привлекали внимание человека, о чем можно судить по многочисленным археологическим памятникам. В связи с особенностями развития озер Западного Крыма, судоходство, как и перспективы рыболовства, не играли здесь значительной роли при выборе места для поселений. Более существенными факторами являлись (1) наличие источников пресной воды, (2) плодородные земли и пастбища, а также (3) легкий доступ к источникам самосадочной соли [11]. Начало освоения человеком территорий, прилегающих к оз. Джарылгач, относится к периоду энеолита. Следы поселений этого времени, а также эпохи бронзы, античности и средневековья отмечены в районе оз. Панского. Следы оседлости времени средней и поздней бронзы (II тыс. до н.э.) отмечены к югу и к северу от оз. Джарылгач, а также в верховьях Кирлеутской балки [12, 13]. В начале I тысячелетия до н.э. демографическая ситуация в окрестностях озера, как и на всем Тарханкутском полуострове Крыма, резко меняется. Это, возможно, связано с массовой миграцией населения в предгорные районы Крыма. Памятники оседлости появляются здесь

вновь лишь спустя несколько столетий, с приходом греческих колонистов в конце V в. до н.э. Несколько иная ситуация наблюдается в окрестностях оз. Сакского, где известные археологические памятники относятся в основе своей к античной эпохе. К северу и к югу от него в IV в. до н.э. возникают херсонесские сельские поселения Кара-Тобе и Ново-Федоровка. Судя по керамике, жизнь на поселениях продолжается с перерывами до II в. до н.э. [14, 15].

Совместные палеолимнологические и археологические исследования дополняют наши сведения о цикличности климатических процессов и влиянии природной среды на расселение человеческих сообществ в Западном Крыму. Подобные исследования дают возможность провести хронологическую корреляцию между расселением человека и природными процессами.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Каю Странду Петерсену (Kaj Strand Petersen, Geological Survey of Denmark, Copenhagen) за определение раковин моллюсков (материал для датирования).

## ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследования выполнены в рамках госзадания ИНОЗ РАН—СПб ФИЦ РАН по теме № 0154-2019-0004 и Министерства просвещения РФ VRFY-2023-0010.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дзенс-Литовский А.И. Комплексное гидрологическое изучение соляных и грязевых озер и лиманов // Труды 1 Всес. Гидрогеол. съезда. В. ОНТИ, 1934. С. 159–196.
2. Шостакович В.Б. Иловые отложения Сакского озера как летописи климата // Саки-Курорт. 1935. Вып. 1. С. 255–272.
3. Курнаков Н.С., Кузнецов В.Г., Дзенс-Литовский А.И., Равич М.П. Соляные озера Крыма. Москва-Ленинград: Изд-во АН СССР, 1936. 279 с.
4. Gerasimenko N., Kukla G. Past droughts in Eastern Ukraine recorded by pollen and salts in lake Saki in Crimea // Terra Nostra. 1998. 6. P. 45–48.
5. Герасименко Н.П. Ландшафтно-кліматичні зміни на території України за останні 2,5 тис. років // Історична географія. Вінниця: Теза, 2007. С. 41–53.
6. Kelterbaum D., Brückner H., Dikarev V., Gerhard S., Pint A., Porotov A., Zin'ko V. Palaeogeographic changes at Lake Chokrak on the Kerch Peninsula, Ukraine, during the Mid- and Late-Holocene // Geoarchaeology. 2012. 27. P. 206–219.
7. Субетто Д.О., Герасименко Н.П., Бахмутов В.Г., Неуструева И.Ю., Сапелко Т.В., Кузнецов Д.Д., Давыдова Н.Н., Лудикова А.В., Столба В.Ф. Реконструкція палеогеографічних умов Західного Криму у пізньому голоцені за літологічними і палеонтологічними матеріалами // Фізична географія та геоморфологія. 2009. № 56. С. 299–310.
8. Bronk Ramsey C. Bayesian analysis of radiocarbon dates // Radiocarbon. 2009. V. 51. 1. P. 337–360.
9. Heaton T., Köhler P., Butzin M., Bard E., Reimer R., Austin W., Bronk Ramsey C., Grootes P., Hughen K., Kromer B., Reimer P., Adkins J., Burke A., Cook M., Olsen J., Skinner L. Marine20 – the marine radiocarbon age calibration curve (0–55.000 cal BP) // Radiocarbon. 2020. V. 62. 4. P. 779–820. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.68>
10. Дзенс-Литовская Н.Н. Основные черты палеогеографии степного Крыма // Вестник ЛГУ. 1957. № 18. С. 99–106.
11. Stolba V.F. La vie rurale en Crimée antique: Panskoe et ses environs // Études de Lettres. 2012. 1–2. P. 311–364.
12. The Džarylgač Survey Project. Bilde P.G., Attema P., Winther-Jacobsen K. (eds.) Aarhus, 2012. 446 p.
13. Stolba V.F., Andresen J. Archaeological surveys and replicability of their results: a case study from West Crimea, D. Braund, V.F. Stolba, U. Peter (eds.), Environment and Habitation around the Ancient Black Sea. Berlin-Boston, 2021. P. 235–254.
14. Bilde P.G., Bøgh B., Handberg S., Højte J.M., Nieling J., Smekalova T., Stolba V. Archaeology in the Black Sea region in classical antiquity 1993–2007 // Archaeological Reports. 2008. 54. P. 115–173.
15. Сmekalova Т.Н., Кумайсов В.А. Археологический атлас Северо-Западного Крыма. Эпоха поздней бронзы. Ранний железный век. Античность. С.-Петербург, 2017. 447 с.

## PALEOLIMNOLOGY OF THE WESTERN CRIMEA LAKES

D. A. Subetto<sup>a,\*</sup>, T. V. Sapelko<sup>b</sup>, V. F. Stolba<sup>c</sup>, D. D. Kuznetsov<sup>b</sup>, A. V. Ludikova<sup>b</sup>, and I. Yu. Neustrueva<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Herzen State Pedagogical University, Saint-Petersburg, Russian Federation

<sup>b</sup>Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg Scientific Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg, Russian Federation

<sup>c</sup>Staatliche Museen zu Berlin / Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities, Berlin, Germany

\*E-mail: subetto@mail.ru

Presented by Academician of the RAS L.I. Lobkovskiy January 24, 2023

For the first time for saline lakes of the Crimean Peninsula, the results of a comprehensive study of lacustrine sediments using litho-, bio- and chronological methods were obtained. For the first time, radiocarbon dating of the Crimean lake sediments was performed. In lakes Saki and Dzharylgach, sediment sequences of closed highly mineralized reservoirs, which overlay marine deposits, were retrieved. The surface of marine sediments is dated to 5610–5340 cal BP for Lake Saki and 5590–5350 cal BP for Lake Dzharylgach. By this time, sand barriers began to form, which subsequently completely separated the lagoons from the sea and led to the formation of closed reservoirs. Full isolation of Lake Dzharylgach occurred about 4600 cal BP. The vegetation change at the first stage of the lakes' existence was controlled by changes in the sea level, as well as by fluctuations of salinity, later changes being mainly influenced by changes in climate humidity. The first *Cerealia*-type pollen occurs in the Subboreal period. Human settlements in the area of Lake Dzharylgach represent the Eneolithic, Bronze Age, as well as the Greco-Roman and medieval periods. A notable demographic change is observed in the period from the early first millennium to the end of the 5th century BC. The majority of archaeological sites in the vicinity of Lake Saki belongs to the Greco-Roman period.

**Keywords:** lake sediments, salt lakes, radiocarbon age, lithology, pollen, ostracods, Holocene, sea level, Crimea, Black Sea