

ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В РОССИИ:
ОТ КАЛИНИНГРАДА ДО КАМЧАТКИ

УДК 551.89:556.55→551.8:574(470.26)

ПРИРОДНЫЕ ОБСТАНОВКИ ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЯ И РАЗВИТИЕ
ПРИЛЕДНИКОВЫХ ВОДОЕМОВ НА СЕВЕРНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ
САМБИЙСКОГО (КАЛИНИНГРАДСКОГО) ПОЛУОСТРОВА[#]

© 2023 г. Н. Е. Зарецкая^{1,2,*}, А. В. Лудикова^{3,4}, Д. Д. Кузнецов^{3,4}, Н. Н. Луговой^{5,6},
О. Н. Успенская⁷, П. Д. Фролов²

¹Институт географии РАН, Москва, Россия

²Геологический институт РАН, Москва, Россия

³Институт озераведения РАН – СПб ФИЦ РАН, Санкт-Петербург, Россия

⁴Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

⁵Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия

⁶Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия

⁷Институт лесоведения РАН, с. Успенское, Московская область, Россия

*E-mail: n_zaretskaya@inbox.ru

Поступила в редакцию 06.04.2023 г.

После доработки 03.08.2023 г.

Принята к публикации 08.09.2023 г.

На основе комплексных исследований северного побережья Самбийского (Калининградского) п-ова, включавших геоморфологическую съемку, литостратиграфическое описание разрезов, малакологический, диатомовый и ботанический анализы, определение потерь при прокаливании (ППП) и радиоуглеродное датирование, а также съемку с использованием глобальной спутниковой навигационной системы (ГНСС) для привязки литологических границ и отобранных образцов к уровню моря и определению высотных отметок террасовых уровней, были получены новые данные о палеогеографических обстановках позднеледниковья в этом регионе и стадиях развития приледникового водоема – Балтийского ледникового озера (БЛО). Установлено, что после деградации последнего оледенения на территории побережья преобладали обстановки размыва, а в интервале 14–13 тыс. л. н. территория развивалась в субэаральной обстановке, с формированием древесно-моховых фитоценозов во время аллердского потепления. На завершающей стадии потепления здесь располагался мелководный изолированный водоем, который затем обмелел, а 12 тыс. л. н. (во время осцилляции позднего дриаса) территория была затоплена водами обширного пресноводного ультраолиготрофного водоема с высоким содержанием взвешенных тонких минеральных частиц. По-видимому, здесь возник мелководный залив Балтийского ледникового озера, отделенный от основной акватории моренной грядой высотой не менее 4–5 м. Спуск озера произошел около 11 660 л. н., после чего исследованная территория пребывала в условиях нулевой седиментации или чередования аккумуляции и размыва до позднего голоцена. Полученные результаты позволяют говорить о двух этапах затопления северного побережья Самбийского п-ова в позднеледниковое время, возможно, обусловленных трансгрессиями БЛО. Нахождение отложений БЛО в северной части побережья Самбийского п-ова на положительных абсолютных отметках позволяет предположить, что уровень позднеледникового бассейна в районе исследования мог превышать современный уровень моря.

Ключевые слова: юго-восточная Балтика, Алейка, переход от позднего плейстоцена к голоцену, Балтийское ледниковое озеро, палеогеографические исследования, палеоархивы, реконструкции

DOI: 10.31857/S2949178923040163, **EDN:** YCFCMW

ВВЕДЕНИЕ

Позднеледниковье (переход от позднего плейстоцена к голоцену) практически на всей терри-

тории Северной Евразии является временем короткопериодных и резких изменений климата и природных обстановок, вследствие чего смена ландшафтов также происходила резко (в течение нескольких столетий) и могла носить катастрофический характер (Борисова, 2021). Кроме того, природные архивы, в которых были бы запечатлены климатические и ландшафтные изменения в позднеледниковье, и в которых их можно было бы изучить с достаточной степенью детальности,

[#] Ссылка для цитирования: Зарецкая Н.Е., Лудикова А.В., Кузнецов Д.Д. и др. (2023). Природные обстановки позднеледниковья и развитие приледниковых водоемов на северном побережье Самбийского (Калининградского) полуострова // Геоморфология и палеогеография. Т. 54. № 4. С. 7–25. <https://doi.org/10.31857/S2949178923040163>; <https://elibrary.ru/YCFCMW>

редки, и представлены, в основном, озерными (детальная летопись) и аллювиальными осадками.

В Балтийском регионе позднеледниковье ознаменовалось образованием последовательной серии подпрудных приледниковых озер, ассоциированных с отступающим ледником, но формировавшихся в результате гляциоизостатического поднятия порогов стока из Балтийского моря (Björck, 2008). Одним из таких озер было Балтийское ледниковое озеро (БЛО).

История изучения Балтийского ледникового озера насчитывает уже более 120 лет – впервые как феномен подпрудного приледникового озера оно было описано шведским геологом Хенриком Мюнте в 1902 г. (Jakobsson et al., 2007). Этот обширный пресноводный бассейн формировался во время деградации последнего Скандинавского оледенения за счет поступления большого количества талых вод, и в результате гляциоизостатического поднятия и блокирования стока в районе современных Датских проливов. После снятия ледниковой нагрузки и открытия проливов озеро обмелело, и в дальнейшем в котловину Балтики стали поступать морские воды.

Наряду с обширными подпрудными озерами Агассис и Мизула, БЛО является одним из самых изученных приледниковых водоемов (Jakobsson et al., 2007). Обобщающие исследования, появившиеся уже в 2000-е годы, вполне единодушны в том, что БЛО пережило две трансгрессивные фазы, последняя из которых закончилась катастрофическим спуском озера, его деградацией и установлением связи Балтики с Мировым океаном (Jakobsson et al., 2007; Björck, 2008; Andrén et al., 2011; Vassiljev, Saarse, 2013).

Возникновение БЛО датируется временем около 16 тыс. л. н., и на начальных стадиях бассейн озера находился примерно на современном уровне Балтийского моря (Andrén et al., 2011). Активное формирование БЛО началось в результате гляциоизостатического поднятия территории, на которой расположен пролив Эресунн (Björck, 2008), вследствие чего сток из Балтийского бассейна был блокирован, а вода продолжала поступать как в результате таяния ледника, так и со стоком рек. По оценкам исследователей, это произошло около 14 тыс. л. н., а ко времени 13 тыс. л. н. разница между уровнем моря и БЛО уже достигла 10 м (Björck, 2008; Andrén et al., 2011). Для этой фазы БЛО характерны специфические осадки – ленточные глины без органических остатков, содержащие редкие створки диатомовых водорослей (Björck, 2008).

Практически к этому же времени ледник отступил от горы Биллинген (южная Швеция) на север, и произошел первый спуск БЛО, по-видимому, через понижение, ранее занятое озерами Веттерн и Веннерн (Andrén et al., 2011), в то вре-

мя как Эресунн был еще сушей (Björck, 2008). Прямых свидетельств того, что спуск озера происходил именно тут, нет вследствие того, что они были уничтожены последующей ледниковой эрозией во время осцилляции позднего дриаса (Björck, 2008).

В результате наступившего затем резкого похолодания около 12800 кал. л. н. и ледниковой осцилляции позднего дриаса сток из БЛО к северу от г. Биллинген был снова заблокирован, и произошел резкий подъем его уровня до 25 м над у. м. (Björck, 2008; Andrén et al., 2011). В то время объем и размеры БЛО достигли своего максимума (Andrén et al., 2011). После наступившего затем потепления и окончательного ухода ледника на север пролив к северу от г. Биллинген открылся вновь, и ок. 11700–11600 л. н. в течение 1–2 лет произошел катастрофический спуск БЛО (Björck, 2008). В результате были осушены обширные территории побережья, особенно в южной Балтике (Björck, 2008).

Основной вопрос, которым задавались исследователи БЛО – это конфигурация и перемещение береговой линии в разные стадии его существования. Довольно сложную его конфигурацию реконструировал Д.Д. Квасов и соавт. (1970), не учитывая гляциоизостатическую составляющую. Реконструкции последних лет (моделирование очертаний береговой линии БЛО) проводились уже с учетом гляциоизостатического фактора, а также данных известных палеоархивов (донных осадков и отложений, вскрывающихся в береговых разрезах) и морских геофизических исследований (Uscinowicz, 2003; Jakobsson et al., 2007; Gelumbaiskaite, 2009; Andrén et al., 2011; Vassiljev, Saarse, 2013; Dorokhov et al., 2022). Все представленные реконструкции единодушны в том, что в северной Балтике береговые линии БЛО находятся сейчас выше уровня моря, а в южной – ниже, хотя оценки высот довольно разнообразны. Ни в одной из моделей нет четкой реконструкции уровня БЛО для побережья Самбийского п-ова вследствие отсутствия для этой территории фактических данных. Блажчишин и др. (1970), отмечавшие в районе Самбийского п-ова подводные террасы на глубинах –30–36 м, относили их формирование к регрессии Балтики, предшествовавшей литориновой стадии. Указывалось также, что фрагменты древнебереговых образований БЛО находятся на глубинах 30–25 и 20–18 м в пределах прибрежной подводной равнины Самбийского п-ова, и 18–14 м – на подводном береговом склоне Куршской косы (Лукошявичус, Гуделис 1974). Дорохов и соавт. (Dorokhov et al., 2022) реконструируют береговую линию БЛО к северу от мыса Таран (северо-западная оконечность Самбийского п-ова) на глубинах 38–26 м ниже современного уровня моря, но эти реконструкции базируются на морских геофизических исследова-

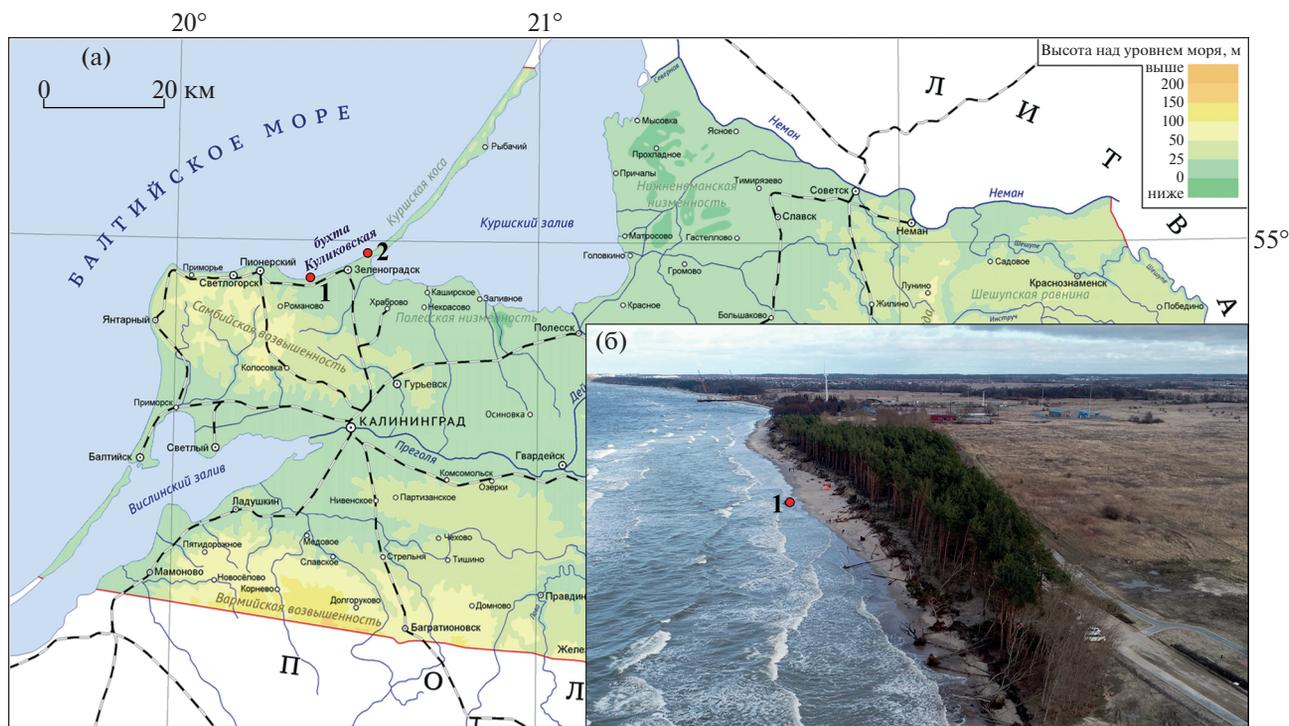


Рис. 1. Район исследований (карта Калининградской области с обозначенными объектами (а) и фотография террасы с разрезом Алейка, вид с запада (б)). 1 – разрез и скважина Алейка; 2 – разрез Нерейский.

Fig. 1. Study area (map of Kaliningrad region with the study sites (a) and photo of the terrace with Aleika section log, view from the West (b)). 1 – Aleika section log and borehole; 2 – Nereisky section log.

ниях и данных Uscinowicz (2003) для южной Балтики.

Таким образом, достоверных реконструкций береговой линии БЛО и палеогеографических обстановок позднеледниковья для побережья Самбийского п-ова до сих пор нет. Поэтому целью нашей работы было заполнить этот пробел в области реконструкции палеогеографических обстановок, базируясь на результатах собственных исследований в этом регионе.

МАТЕРИАЛЫ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалы для исследования были получены во время совместной экспедиции Института географии РАН и кафедры геоморфологии и палеогеографии МГУ зимой 2020 г. Во время полевых работ проводилось изучение разрезов рыхлых отложений северного берега Самбийского п-ова, которые были найдены во время проведения поисковых береговых маршрутов. Полевые исследования включали литостратиграфическое описание разрезов, отбор образцов на радиоуглеродное датирование, диатомовый, ботанический и комплексный биологический анализы и оценку потерь при прокаливании (ППП), а также ГНСС-съёмку для привязки литологических границ и

отобранных образцов к уровню моря и определения высотных отметок террасовых уровней. Ранее настолько детально подобные объекты в этом районе не изучались.

Всего были исследованы 2 разреза (Алейка и Нерейский) и одна скважина (в устье р. Алейка), расположенные на северном побережье Самбийского п-ова. Детально проанализирован разрез Алейка, расположенный в приустьевой части бассейна одноименной реки (рис. 1, 2).

Разрез Алейка (54.937051° с.ш., 20.360373° в.д.) расположен на активно размываемом береговом уступе Балтийского моря в 1.4 км западнее устья р. Алейки (рис. 1, (б)), в пределах ее водосборного бассейна и, по-видимому, вскрывает останец террасы; общая мощность вскрытых отложений – 3.5 м.

В 250 м выше устья реки в заболоченной долине Алейки была пробурена скважина глубиной 2.3 м (54.936253° с.ш., 20.380754° в.д., высота устья скважины 0.7 м над у. м.), для которой было сделано только литостратиграфическое описание.

Также в прикорневой части Куршской косы, в береговом уступе со стороны моря, нами был изучен разрез Нерейский (54.979429° с.ш., 20.527778° в.д.; 2 на рис. 1). Разрез расположен в одном из самых узких мест косы, где ее ширина около 0.5 км; для него выполнено литостратигра-

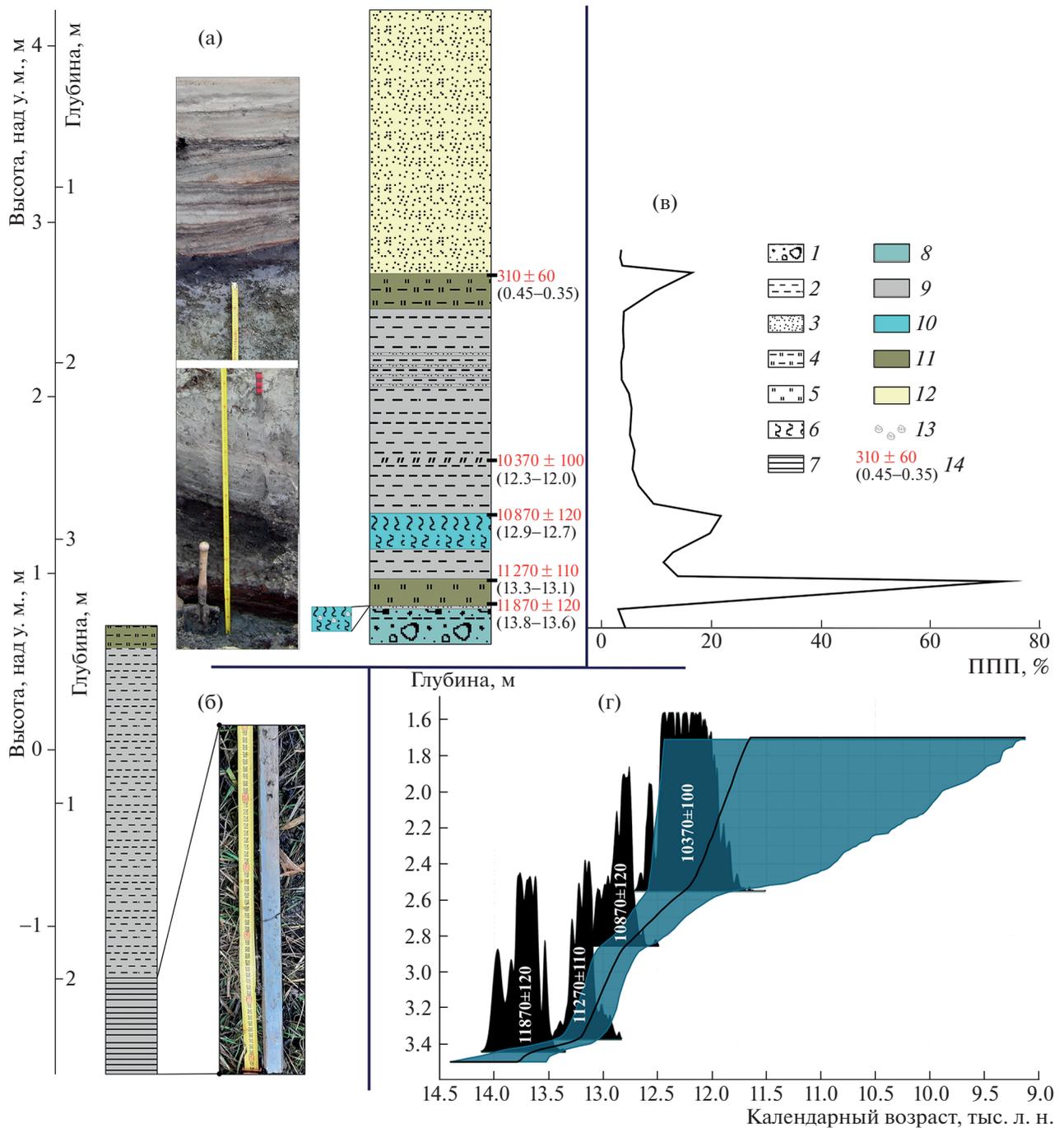


Рис. 2. Результаты исследований разреза и скважины Алейка. (а) – разрез Алейка (строение разреза с радиоуглеродными и калиброванными датами и фотография); (б) – скважина Алейка (строение разреза и фотография); (в) – график потерь при прокаливании (ППП); (г) – модель роста озерных отложений в разрезе Алейка. *Литология:* 1 – валунный суглинок, 2 – суглинок, 3 – песок, 4 – оторфованный суглинок, 5 – торф, 6 – сапропель, 7 – глина; *генезис:* 8 – ледниковый, 9 – озерно-ледниковый, 10 – озерный, 11 – болотный, 12 – эоловый; 13 – раковины; 14 – радиоуглеродная дата (калиброванный возраст).

Fig. 2. Results of the study of Aleika section log and borehole. (a) – Aleika section log (section structure with radiocarbon and calibrated dates, and photograph); (б) – Aleika borehole (section structure and photograph); (в) – loss-on-ignition diagram (LOI); (г) – model of lake sediment accumulation in the Aleika section. *Lithology:* 1 – diamicton, 2 – silt, 3 – sand, 4 – peaty silt, 5 – peat, 6 – gyttja, 7 – clay; *origin:* 8 – glacial, 9 – glaciolacustrine, 10 – lacustrine, 11 – palustral, 12 – aeolian; 13 – shells; 14 – radiocarbon date (calibrated age).

Таблица 1. Радиоуглеродные даты, полученные для северного побережья Самбийского п-ова
Table 1. Radiocarbon dates obtained for the section logs at the northern coast of the Sambian Peninsula

№	Лабораторный индекс и номер	Разрез	Контекст (глубина от дневной поверхности, м)	Материал для датирования	¹⁴ C-дата	Калиброванный возраст, л. н. (1σ/2σ)
1	ИГАН-8499	Алейка	Слой 2, подошва (3.5 м)	Торф с древесными остатками	11870 ± 120	13810–13590/ 14030–13570
2	ИГАН-8500	Алейка	Слой 2, кровля (3.38 м)	Торф с древесными остатками	11270 ± 110	13250–13095/ 13360–12920
3	ИГАН-8501	Алейка	Слой 4, кровля (2.86 м)	Сапропель оторфованный	10870 ± 120	12920–12725/ 13080–12690
4	ИГАН-8502	Алейка	Слой 5, 0.3 м вверх от подошвы (2.56 м)	Рассеянная органика	10370 ± 100	12470–12040/ 12500–11870
5	ИГАН-8503	Алейка	Слой 6, кровля (1.5 м)	Водорослевой сапропель	310 ± 60	450–350/ 500–280
6	ИГАН-8611	Нерейский	Слой 2, кровля, 0 м	Торф	9220 ± 100	10440–10255/ 10600–10210

фическое описание и проведены радиоуглеродное датирование и ботанический анализ образца органогенных отложений.

Для разреза Алейка применялся комплекс методов, стандартный для изучения палеоархивов природной среды.

Отбор образцов для радиоуглеродного анализа (6 образцов) проводился из расчищенных разрезов, с площадки размером 0.5 × 0.5 м; таким образом, отбирался слой мощностью не более 1 см, что позволило избежать усреднения возраста для значимых промежутков времени, отобрав достаточное количество образца. Обработка и датирование образцов проводились методом жидкостной сцинтилляции в лаборатории радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии Института географии РАН, по стандартной методике (Зазовская, 2016). Калибровка полученных радиоуглеродных дат проводилась в программе Calib 810 (Reimer et al., 2020). Полученные даты и калиброванный возраст представлены в табл. 1. Модель скорости роста отложений была построена в пакете Bchron (Haslett, Parnell, 2008) в среде R (R Core Team, 2021).

Ботанический и комплексный биологический анализы проводились по образцам, отобранным параллельно с образцами на радиоуглеродное датирование; таким образом, было проанализировано 6 образцов. Для определения состава высших растений усредненная проба в количестве 20–30 г промывалась на сите с диаметром ячеек 0.25 мм под струей воды. Надситовый остаток помещался в стеклянную тару и заливался 2–5% щелочью на несколько часов. Затем проба снова промывалась на сите с диаметром ячеек 0.25 мм с одновременным отмучиванием органической составляющей пробы. Освобожденный от гумусо-

вых и минеральных компонентов растительный материал просматривался под микроскопом при увеличении в 56–80 раз. Процентные соотношения между видами растений устанавливались глазомерно в зависимости от площади, занимаемой остатками вегетативных частей данного вида в поле зрения микроскопа.

Методика комплексного группового количественного биоанализа заключается в разведении 0.5–1.0 см³ пробы отложений водоемов водой в соотношении 1–50 и просмотре капель взвеси под микроскопом при увеличении в 280–400 раз. Подсчитывалось не менее 500 остатков всех отделов водорослей (диатомовые, сине-зеленые, золотистые, эвгленовые, желто-зеленые, пирофитовые, харовые, хлорококковые, десмидиевые, зеленые нитчатые, вольвоксовые), животных (ветвистоусые рачки (дафнии), ракушковые рачки, простейшие, насекомые), вегетативных частей высших растений, пыльцы и спор высших растений. Затем рассчитывались процентные соотношения между группами организмов. Результаты анализов представлены в табл. 2.

Пробоподготовка для диатомового анализа (28 образцов) выполнена по стандартной методике с использованием 30% H₂O₂ для удаления органического вещества и тяжелой жидкости (Cd₂J+KJ) для выделения створок диатомей (Давыдова, 1985). Пробы, содержащие карбонаты, были предварительно обработаны 10%-й HCl. Удаление глинистой фракции осуществлялось методом повторной декантации. Другие кремнистые микрофосилии – цисты золотистых водорослей (хризифитов), спикулы (скелетные элементы) губок и фитолиты (кремнистые образования, формирующиеся в тканях растений), – подсчитывались параллельно со створками диа-

Таблица 2. Результаты ботанического и комплексного биологического анализа отложений разрезов Алейка и Нерейский в процентах от суммы всех остатков размерностью более 250 мк (в материале, промытом на сите с диаметром ячеек 0.25 мм)

Table 2. Results of the plant macrofossil and biological analysis of the sediments from the Aleika and Nereisky sections expressed as a percentage of the sum of all biological remains greater than 250 µm in size (in material washed on a 0.25 mm sieve)

Экология	Таксон	Разрез Алейка (глубина от дневной поверхности, м)					Разрез Нерейский, слой 2 (1.45 м)	
		слой 2, подошва (3.5 м)	слой 2, кровля (3.38 м)	слой 4, кровля (2.86 м)	слой 5 (2.56 м)	слой 6, кровля (1.5 м)		
Деревья, кустарники	<i>Betula sp.</i>	20	ед.*	—	ед.	—	55	
	<i>Salix sp.</i>	—	10	—	ед.	—	—	
Водно-болотные и болотные растения	<i>Pinus sp.</i>	—	—	—	—	—	20	
	<i>Drepanocladus sp.</i>	—	30	ед.	50	—	—	
	<i>Calliergon sp.</i>	50	—	—	—	—	—	
	<i>Aulacomnium sp.</i>	—	—	—	15	—	—	
	<i>Camptothecium nitens Schimp.</i>	—	—	—	10	—	—	
	<i>Scorpidium sp.</i>	—	—	—	5	—	—	
	<i>Butomus umbellatus L.</i>	—	—	25	ед.	—	—	
	<i>Scirpus sp.</i>	—	—	5	—	—	—	
	<i>Carex inflata Huds.</i>	5	—	—	—	—	—	
	<i>Carex sp.sp.</i>	25	40	—	20	—	—	
	<i>Equisetum sp.</i>	—	—	—	ед.	—	5	
	<i>Sphagnum</i>	—	—	ед.	ед.	—	—	
	Остатки тканей вегетативных частей водно-болотных и болотных растений	—	—	—	—	100	—	
	Водные растения и животные	<i>Ceratophyllum demersum L.</i>	—	—	10	—	—	—
		<i>Potamogeton sp.</i>	—	—	35	—	—	—
<i>Chara sp.</i>		—	—	ед.	—	—	—	
<i>Gloeotrichia J. Agardh</i>		—	—	ед.	—	—	—	
<i>Cladocera</i>		—	—	15	—	—	—	
<i>Chironomidae</i>		—	—	10	—	—	—	
<i>Spongia</i>		—	—	ед.	—	—	—	
Суходольные растения	Остатки тканей вегетативных частей травянистых высших растений	—	20	—	—	—	20	

Примечание. *ед. — единичные.

томей. Был выполнен расчет концентраций каждой из групп кремнистых микрофоссилий в 1 г сухого осадка (Давыдова, 1985).

Раковины моллюсков были получены из одного образца сапропеля, который был промыт с использованием ручного сита с размером ячеек 0.5 мм, после чего осадок был высушен, разделен на

фракции размером 0.5–0.7; 0.7–1; 1–2; 2–3; >3 мм. Из каждой фракции вручную были выбраны фаунистические остатки, мелкие фракции разбирались под биноклем. После систематического определения материал был сфотографирован: крупные раковины при помощи цифровой камеры к тринокулярному микроскопу Saike Digital,

а мелкие при помощи сканирующего электронного микроскопа Tescan Vega 3 (Палеонтологический институт РАН). Коллекция моллюсков хранится в Геологическом институте РАН, Москва, коллекция ГИН 1185.

Образцы, анализируемые на ППП, прокаливались при температуре 550°C в течение 6 ч. Всего проанализировано 28 образцов, отобранных дискретно.

Скорости отступления берега на участке разреза Алейка высчитаны на основе анализа топографических карт и аэрофотосъемки с беспилотного летательного аппарата (БПЛА). За период с 1920 по 2020 г. (год работы на разрезе) бровка уступа отступила на 70 м, а за период 2020–2022 гг. еще на 10 м (Луговой, 2022). В результате размыва берега за последние 2 года изученный участок уступа значительно изменился, а наиболее высокие его части с более полной летописью – уничтожены.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Уступ, в котором вскрыт разрез Алейка (рис. 1, (б), 2, (а)) показывает строение террасовидной поверхности с высотами 2–4 м над у. м. В приборочной части на террасе сформирован песчаный дюнный пояс, в значительной степени техногенно переработанный и в конце XX в. засаженный сосновой лесопосадкой, сохранившейся шириной около 50 м.

Ровная плоская террасовидная поверхность имеет слабый уклон от берега моря к долине р. Алейки. В приустьевой части днища долины была пробурена скважина (рис. 2, (б)). Днище долины – плоское, заболоченное, и на приустьевом участке имеет вид сердцевидной в плане котловины шириной более 0.5 км с высотами менее 1 м над у. м. Берег моря сечет долину под углом 45°, левый борт относительно крутой, имеет высоту около 3 м с выраженным тыловым швом, правый борт пологий без четких границ. Днище долины нарушено сетью мелиоративных каналов, на левом борту расположены нефтепровод и площадка нефтепромысла.

В подошве разреза (рис. 2, (а)) залегает сизо-темно-серый, практически неопесчаненный суглинок с редкими включениями окатанных обломков пород (слой 1, глубины 3.38–3.5 м). По кровле слоя (0.8 м над у. м.) наблюдается примесь тонкозернистого песка. На нем с резким контактом залегает коричневый торф с древесными остатками и более суглинистыми серыми прослоями (слой 2, 3.38–3.23 м). Из подошвы и кровли этого слоя были отобраны образцы на радиоуглеродное датирование, по которым получены даты 11870 ± 120 (ИГАН-8499) и 11270 ± 110 (ИГАН-8500) соответственно (табл. 1). Ботанический состав торфа указывает на существование древесно-мо-

хового фитоценоза – заболоченного березового леса с зеленым мхом и осокой в нижнем ярусе, который затем трансформировался в осоково-гипновое болото с небольшим количеством ивы (табл. 2). Также в образце обнаружено большое количество кристалликов гипса.

Комплекс диатомей в двух нижних слоях образует диатомовую зону (ДЗ) 1 (рис. 3), которая характеризуется крайне низким содержанием кремнистых микрофоссилий. Отмечены единичные створки и фрагменты створок пресноводных планктонных диатомей *Aulacoseira granulata*, *A. islandica*, редкие фрагменты створок *Stephanodiscus* sp., а также неопределимые фрагменты преимущественно бентосных диатомей. Содержание створок диатомей не превышает 2.9 тыс. створок в 1 г сухого осадка. Концентрации цист хризифитов и спикул губок составляют не более 13.3 тыс. и 3.7 тыс. соответственно. Содержание фитолитов в среднем не превышает 1 тыс. в 1 г сухого осадка.

Значения показателей потерь при прокаливании (ППП) в слое 1–3–4% (рис. 2, (в)). Нельзя исключать, что содержание органического вещества (ОВ) несколько завышено из-за последующего развития на данном субстрате низинного болота, которое могло служить дополнительным источником поступления ОВ в данный горизонт. Значения ППП в слое 2 достигают максимальных для всего разреза значений в 73%.

В результате низового размыва берега из-за строительства берегозащитного сооружения в 250 м к западу от разреза с 2020 по 2023 г. произошло отступление клифа на 25 м. Вследствие этого в разрезе под слоем торфа был вскрыт прослой сапропеля с обильной малакофауной (слой 1а), в котором были обнаружены пресноводные брюхоногие и двустворчатые моллюски (рис. 3). Малакокомплекс представлен следующими видами гастропод: *Cin-cinna piscinalis* (Müller, 1774), *Acroloxus lacustris* (Linnaeus, 1758), *Stagnicola* sp., *Anisus vortex* (Linnaeus, 1758), *Bathiomphalus contortus* (Linnaeus, 1758), *Gyraulus acroicus* (Ferussac, 1807), *Armiger crista* (Linnaeus, 1758), *Armiger bielzi* (Kimakowicz, 1884), *Hippeutis complanatus* (Linnaeus, 1758) и двустворчатых моллюсков: *Sphaerium corneum* (Linnaeus, 1758), *Euglesa (Cyclocalyx) obtusale* (Lamarck, 1818), *Euglesa* cf. (*Euglesa*) *casertana* (Poli, 1791), *Euglesa* cf. (*Pseudeupera*) *subtruncata* (Malm, 1855), *Euglesa (Tetragonocyclus) milium* (Held, 1836) и *Euglesa* sp. Кроме того, были найдены плечевая кость бесхвостой амфибии (рис. 3, фиг. 1–2) и рыбий позвонок (рис. 3, фиг. 3–4).

На торфе с резким контактом лежит зеленовато-серый легкий суглинок с большим количеством рассеянной органики (слой 3, 3.23–3.06 м), выше переходящий в темно-бурый неслоистый оторфованный сапропель (слой 4, 2.86–3.06 м). По кровле сапропеля получена радиоуглеродная

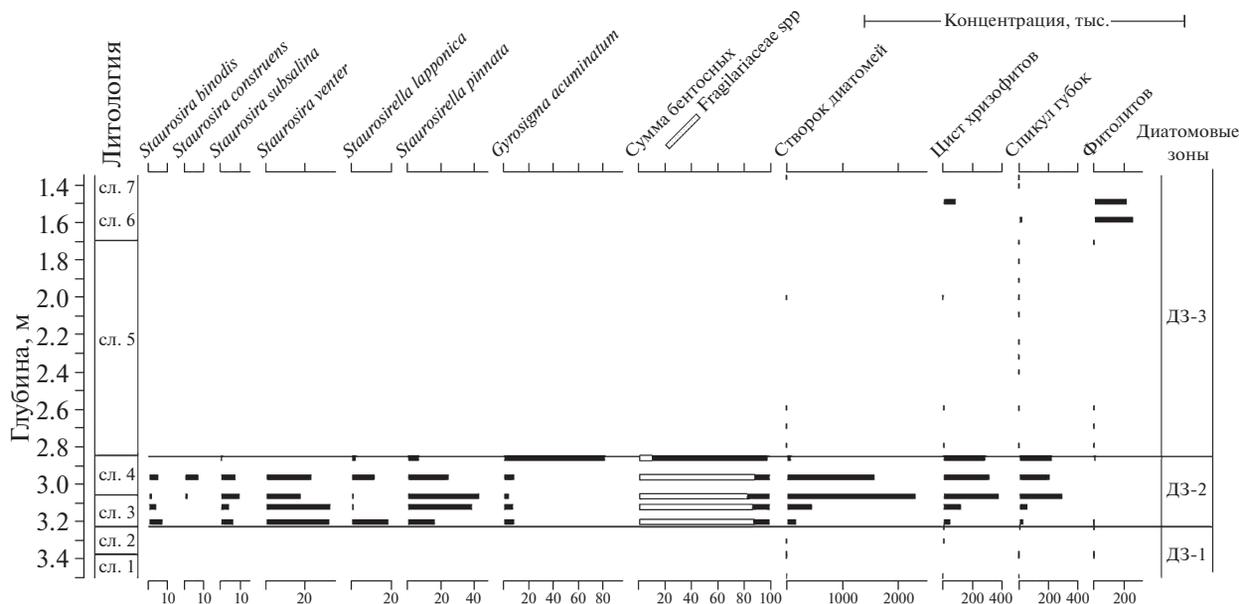


Рис. 4. Диатомовая диаграмма разреза Алейка: основные виды диатомей (%), концентрации кремнистых микрофоссилий (тыс. в 1 г сухого осадка).

Fig. 4. Diatom diagram for Aleika section: main diatom species (%) and siliceous microfossils concentrations (thousands per 1 g of dry sediment).

дата 10870 ± 120 (ИГАН-8501) (табл. 1). Ботанический анализ показал преобладание водных растений – рдеста, сусака и роголистника, большое количество водорослей, а также отчетливое присутствие дафний (*Cladocera*) и хирономид (табл. 2). Также в пробе были обнаружены большое количество сульфидных форм железа и кристаллы гипса.

Комплекс диатомей этих слоев образует диатомовую зону (ДЗ) 2 (рис. 4), где наблюдается резкое увеличение концентраций всех групп кремнистых микрофоссилий. Наиболее высокое содержание створок диатомей (1.5–2.3 млн в 1 г сухого осадка) отмечено в интервале 3.19–2.95 м, тогда как у верхней границы ДЗ-2 оно резко сокращается (до 89 тыс.). В составе диатомовых комплексов присутствуют исключительно диатомей бентоса. Наиболее многочисленными представители перифитонных Fragilariaceae, такие как *Staurosira binodis*, *S. construens*, *S. subsalina*, *S. venter*, *Staurosirella lapponica* и *S. pinnata* – на их долю приходится 83–89% от общего числа створок. Все эти виды предпочитают слабощелочные условия

среды. Они наиболее характерны для мезо-эвтрофных водоемов, за исключением *S. pinnata*, массово развивающейся в широком диапазоне трофических условий. Большинство отмечаемых представителей Fragilariaceae – пресноводные виды, индифферентные по отношению к солоности, тогда как *S. subsalina* является галофилом, т.е. способна переносить незначительное повышение минерализации. В ДЗ-2 отмечается также высокое содержание донной диатомеи *Gyrosigma acuminatum*, крупные створки которой, однако, имеют плохую сохранность. В целом ее доля не превышает 10%, однако у верхней границы ДЗ-2 (на глубине ~2.87–2.86 м) она возрастает до 83%, тогда как суммарное содержание представителей Fragilariaceae снижается до 12%.

Наибольшие значения концентраций цист хризодитов и спикул губок приходятся на интервал 3.1–2.85 м, и достигают 296–387 тыс. и 216–301 тыс. соответственно. Значительную часть цист хризодитов составляют экземпляры с толстостенными орнаментированными оболочками. Спиккулы губок представлены преимущественно

8 – side view; Fig. 9. *Stagnicola* sp. (juvenile); Fig. 10 a–c. *Anisus vortex* (Linnaeus, 1758); Fig. 11 a–c. *Bathymphalus contortus* (Linnaeus, 1758); Fig. 12 a–c. *Gyraulus acroicus* (Ferussac, 1807); Fig. 13 a–c. *Armiger crista* (Linnaeus, 1758); Fig. 14 a–c. *Armiger bielzi* (Kimakowicz, 1884); Fig. 15 a–c. *Hippeutis complanatus* (Linnaeus, 1758); Fig. 16 a–d. *Sphaerium corneum* (Linnaeus, 1758); Fig. 17 c–d. *Euglesa (Cycloca) obtusale* (Lamarck, 1818); Fig. 18 a–d. *Euglesa* cf. (*Euglesa*) *casertana* (Poli, 1791); Fig. 19 a–d. *Euglesa* cf. (*Pseudeupera*) *subtruncata* (Malm, 1855); Fig. 20 a–d. *Euglesa (Tetragonocyclas) milium* (Held, 1836); Fig. 10–15: a – front view, b – view from above, c – bottom view; Fig. 16–20: a – right valve outside, b – right valve inside, c – left valve inside, d – left valve outside.

мегасклерами и имеют хорошую сохранность. Концентрации фитолитов изменяются в пределах от 0 до 13.7 тыс. у верхней границы ДЗ-2.

Значения ППП растут от 11–14% (слой 3) до 20–22% (слой 4). Подобные значения ППП характерны как для озерных отложений, так и для отложений прибрежных частей крупных бассейнов.

Выше по разрезу залегает серая очень пластичная алевролитистая глина (слой 5, 2.86–1.7 м) с остатками корневищ тростника и мелкими обломками древесины в нижней части слоя. На высоте 0.8 м от подошвы слоя появляется тонкая слоистость – переслаивание глины с тонкозернистым песком. Из нижней части этого слоя по образцу рассеянной органики была получена радиоуглеродная дата 10370 ± 100 (ИГАН – 8502) (табл. 1). Выше по разрезу глина становится более массивной. Ботанический состав образца, по которому была получена дата, отражает гипновый фитоценоз, с преобладанием *Drepanocladus* (табл. 2).

Комплекс диатомей этих слоев образует диатомовую зону (ДЗ) 3 (рис. 4), в которой содержание всех кремнистых микрофоссилий резко снижается, вплоть до их полного отсутствия в отдельных пробах. Створки диатомей или их фрагменты практически не отмечаются в отложениях рассматриваемой зоны. Концентрации цист хризифитов, спикул губок и фитолитов в нижней части ДЗ-3 (2.85–2.45 м, нижняя часть слоя 5) не превышают 15, 4.5 и 1.5 тыс. соответственно. Спикулы представлены исключительно фрагментами. Вверх по разрезу цисты и фитолиты в основном отсутствуют. Фрагменты спикул отмечены лишь единично, их содержание сокращается до 0–1.5 тыс. в 1 г сухого осадка.

Значения ППП лежат в диапазоне 4–9%, при тренде к снижению снизу вверх.

Глина с резким контактом перекрыта бурым суглинком с рассеянной органикой (слой 6, 1.7–1.5 м), по которой получена дата 310 ± 60 (ИГАН–8503) (табл. 1). В слое прослеживаются линзы среднезернистого песка, который лежит в кровле разреза, с резким контактом перекрывая органогенный слой. Комплексный биологический анализ выявил преобладание синезеленых водорослей (табл. 2) и остатки тканей вегетативных частей водно-болотных растений. Также в оторфованном суглинке отмечается резкое увеличение концентрации всех групп кремнистых микрофоссилий, кроме створок диатомей: содержание цист увеличивается до 91 тыс. (глубины ~1.5–1.48 м), фитолитов – 220–268 тыс., спикул до 29 тыс. (глубины ~1.6–1.58 м). Диатомовые водоросли представлены различными неопределимыми фрагментами бентосных видов, особенно многочисленными на глубине ~1.5–1.48 см. Диапазон значений ППП – 10–16%. В кровле разреза с резким контактом ле-

жит светло-желтый среднезернистый горизонтально слоистый песок (слой 7, 1.5–0 м).

В скважине в устье р. Алейка в подошве на глубине 2.3 м вскрывается очень плотная сизая глина, выше переходящая в тяжелый сизо-серый и далее буроватый суглинок, с поверхности перекрытый 10-сантиметровым слоем торфа (рис. 2, (б)).

Разрез Нерейский, расположенный в прикорме части Куршской косы, вскрывает строение небольшого холма-останца, высотой до 7 м, длиной около 1 км, шириной до 300 м. Останец окружен заболоченной низиной с высотами менее 1 м над у. м., оконтуривающей Куршский залив. Максимальные высоты на этом участке приурочены к береговому дюнному валу, вытянутому вдоль морского пляжа косы. Средняя скорость отступления берега за последние 100 лет здесь такая же, как и на участке Алейка – 0.7 м/год (Луговой, 2022).

В подошве разреза (слой 1, 0–1 м) вскрывается суглинок буро-серый, сильно опесчаненный, с многочисленными обломками пород размерностью до мелких валунов (до 15 см) с песчаными прослоями в кровле. На нем залегает сизо-серый суглинок с единичными растительными остатками (слой 2, 1–1.2 м); в юго-западном направлении наблюдается падение слоев, и верхняя часть слоя 2 замещается оторфованным суглинком и далее торфом, по которому была получена радиоуглеродная дата 9220 ± 100 (ИГАН–8611) (табл. 1). Ботанический анализ торфа выявил, в основном, остатки коры и древесины березы (55%) и сосны (20%), с небольшим присутствием хвоща и неопределимых травянистых растений (табл. 2). Его с резким контактом перекрывает бежевый разнозернистый, местами слоистый песок (слой 3, 1.2–2.6 м), по-видимому, эолового происхождения; поверхность неровная – чередование дюн и междюнных котловин.

ДИСКУССИЯ

Интерпретация седиментационных обстановок в разрезе Алейка. В основании разреза лежат ледниковые отложения, сформировавшиеся или во время максимума последнего оледенения, или во время его отступления (слой 1). Повышенная концентрация окатанного валунного материала и песка в кровле слоя говорит о том, что материал подвергался эрозионной переработке.

По данным диатомового анализа установлено, что на наиболее раннем этапе осадконакопления (ДЗ-1, слой 1 (>13800 кал. л. н.) и 2 (13800–13100 кал. л. н.)) существовали условия, неблагоприятные для развития водной биоты. Единичные находки створок и фрагментов створок пресноводных диатомовых водорослей указывают на перемык кровли ледниковых отложений (слой 1)

водами крупного пресноводного бассейна, в котором развитие водной биоты, очевидно, лимитировалось низким содержанием биогенных элементов. После начала регрессии бассейна здесь, по-видимому, был небольшой залив; комплекс малакофауны показывает мелководные условия обитания со слабой гидродинамикой среды, хорошим развитием водной растительности и, вероятно, некую заболоченность территории. В частности, *Acroloxus lacustris* обитает в слабопроточных и стоячих водоемах, на камнях и среди растительности. *Anisus vortex* характерен для постоянных водоемов или временных, имеющих связь с постоянными, в том числе могут обитать в небольших болотах. Представители рода *Armiger* предпочитают селиться среди водной растительности в постоянных стоячих и слабопроточных водоемах. В сходных условиях обитают и другие найденные представители семейства Planorbidae. Для *Sphaerium corneum* типичными местообитаниями являются медленно текущие реки и пойменные водоемы. Представители подрода *Cyclocalyx* характерны для заболоченных водоемов, но нередки и для крупных озер, где приурочены к зарастающим и заболачивающимся берегам. *Euglesa (Tetragonocyclus) milium* также является индикатором заболоченности, может населять настоящие болота и отмечена в сплавинах. *Euglesa (Pseudeupera) subtruncata* характерна для слабопроточных водоемов и озер, может выдерживать заиление водоема. *Euglesa (Euglesa) casertana* предпочитает небольшие слабопроточные и даже временные водоемы (Welter-Schultes, 2012; Хохуткин, Винарский, 2013; Определитель..., 2016).

В дальнейшем, в результате заболачивания, развитие диатомовых водорослей ограничивалось дефицитом увлажненности в связи с установлением субаэральных обстановок (слой 2). По-видимому, в тот период здесь существовало понижение в рельефе, характеризовавшееся условиями застойного увлажнения. Данные ботанического анализа говорят в пользу развития сначала древесно-мохового фитоценоза, а затем осоково-гипнового низинного болота на моренном субстрате. Это подтверждается и высокими значениями ППП, которые характерны для торфянистых отложений.

На следующем этапе (ДЗ-2, слои 3 и 4, ~13 100–12800 кал. л. н.) устанавливаются мелководные условия пресноводного водоема со слабощелочной реакцией среды и ослабленной гидродинамикой. На это указывает доминирование мелко-клеточных обрастателей семейства Fragilariaceae, типичных для водоемов с $pH \geq 7$. Эти диатомеи, образующие лентовидные колонии на субстрате, относятся к экологической гильдии “высокорослых” диатомей, слабоустойчивых к волновому воздействию. Таким образом, их высокое содержание также указывает на спокойные гидродинамиче-

ские условия. Кроме того, указанные представители семейства Fragilariaceae обладают способностью быстро адаптироваться к меняющимся условиям среды, и потому зачастую являются пионерными видами, массово развивающимися во вновь образовавшихся озерах. Высокое содержание створок диатомей, цист хризофитов и спикул губок в отложениях, слагающих слой 3, говорит о благоприятных условиях как для развития этих групп организмов, так и для аккумуляции микрофоссилий в донных осадках (ослабленная гидродинамика, низкое терригенное разбавление). Хорошая сохранность спикул губок предполагает, что эта группа кремнистых микрофоссилий имеет преимущественно автохтонное происхождение. Их высокое содержание в донных отложениях указывает на благоприятные условия для развития этой группы водных беспозвоночных, в частности, хорошую обеспеченность водной толщи кислородом, благоприятный световой режим, а также наличие взвешенного органического вещества в концентрациях, необходимых для питания губок.

Формирование вышележащего оторфованного сапропеля (слой 4), очевидно, связано с последующим обмелением и зарастанием водоема, о чем свидетельствует также рост значений ППП. Данные комплексного биологического анализа реконструируют условия седиментогенеза на заросшей водными растениями литорали, характеризующиеся слабой проточностью, восстановительными условиями у дна и большим количеством разлагающейся органики. Установление доминирования в составе диатомовых комплексов донной диатомеи *Gyrosigma acuminatum* и резкое снижение концентрации створок диатомей в верхней части отложений, слагающих слой 4, подтверждают уменьшение глубины водоема. Возможно, в изменившихся условиях золотистые водоросли и губки получили конкурентное преимущество в ассимиляции растворенного кремнезема, поскольку концентрации цист и спикул в осадках остались неизменными.

Значения ППП для отложений данного этапа характерны как для озерных отложений, так и для отложений прибрежных частей крупных бассейнов. Динамика содержания органического вещества свидетельствует о том, что слой 3 сформировался в условиях изолированного водоема, возникшего на месте заболоченной низины. Дальнейший рост накопления органогенного материала, выраженный через увеличение значений ППП (слой 4), указывает на уменьшение глубины и зарастание водоема.

Данный этап, по-видимому, завершился переходом к обстановкам низинного болота или заболоченной прибрежной части водоема (нижняя часть слоя 5). В этих условиях формировался зеленомошный фитоценоз с преобладанием мхов

рода *Drepanocladus*, предпочитающих переувлажненные местообитания, в том числе, берега стоячих водоемов (Игнатова и др., 2011).

Следующий этап (ДЗ-3, слои 5 (~12 800–11 660 кал. л. н.) был неблагоприятным как для развития микроводорослей и водных беспозвоночных (губок), так и для накопления всех групп кремнистых микрофоссилий в осадках. Как правило, такие обстановки характерны для приледниковых бассейнов (Давыдова, 1985). В них развитие водной биоты лимитируется недостатком биогенных элементов и низкой температурой водной массы. Кроме того, низкая прозрачность водной толщи, содержащей большое количество взвешенных минеральных частиц, поступающих с тальми ледниковыми водами, ограничивает глубину зоны фотосинтеза до нескольких сантиметров у поверхности воды. Поступление больших объемов аллохтонного минерального материала, в свою очередь, приводит к терригенному разбавлению концентраций кремнистых микрофоссилий в осадках.

Однако значения ППП в отложениях слоя 5 сравнительно высоки для приледникового водоема. Это может объясняться образованием здесь залива крупного трансгрессирующего бассейна, где в условиях ограниченного водообмена с основной акваторией формировались осадки с повышенным содержанием органического вещества.

Резкое возрастание концентраций цист, спикул и фитолитов, отмечаемое в верхней части слоя 6, говорит о существенном изменении обстановок осадконакопления. Об этом свидетельствует также повышение содержания органического вещества, на которое могло повлиять развитие наземной растительности после установления здесь субаэральных условий. Полученная дата — около 400 кал. л. н. — говорит о большом перерыве в осадконакоплении, а ботанический состав — о формировании небольшого водоема. Это подтверждает высокое содержание цист золотистых водорослей, которое указывает на формирование отложений в водной среде. Отсутствие в отложениях целых створок диатомовых водорослей и присутствие большого количества их фрагментов позволяют сделать вывод об избирательной сохранности кремнистых микрофоссилий. Так, цисты хризифитов, как правило, оказываются более устойчивыми к механическому разрушению. Доминирование фрагментов бентосных диатомей указывает на мелководные обстановки. Кроме того, отмечаемое здесь высокое содержание фитолитов травянистых растений указывает на формирование торфянистых отложений верхней части слоя 6 в условиях активно зарастающей прибрежной зоны небольшого водоема. Данные ботанического анализа отложений слоя 6 указывают на обстановки небольшого, мелководного водоема с застойным режимом.

Практически полное отсутствие кремнистых микрофоссилий в вышележащих песчаных отложениях слоя 7 указывает на неблагоприятные условия для их аккумуляции. Вероятно, это связано с наличием хорошего промывного режима при накоплении песчаных отложений и их последующим преобразованием эоловыми процессами.

Реконструкция палеогеографических обстановок на северном побережье Самбийского п-ова в позднеледниковье. После дегляциации на территории побережья преобладали обстановки размыва. Об этом говорит повышенная концентрация окатанного обломочного материала в верхней части морены, слагающей основание разреза Алейка, и прослой песка в кровле. Данные диатомового анализа свидетельствуют о неблагоприятной обстановке для развития водной биоты. Таким образом, можно предположить, что размыв кровли морены происходил в береговой зоне приледникового бассейна, формировавшегося “по пятам” отступающего ледника, что подтверждается данными государственной геологической съемки (Геологическая карта..., 1969). Однако было ли это БЛО во время первой фазы образования ~14 тыс. л. н., или другой, локальный, приледниковый водоем, сказать пока сложно. Данные радиоуглеродного датирования и малакофаунистического анализа, а также глины, лежащие в подошве скважины в устье р. Алейка, не противоречат первому предположению.

На имеющихся картах четвертичных отложений и литологии морского дна (ГГК 1-го и 3-го поколений; Атлас ..., 2010) показано, что современное дно Балтийского моря на участке Куликовской бухты (рис. 1, (а)), где расположен изучаемый район, покрыто валунно-глыбовой отмосткой, свидетельствующей о размыве ранее залежавших здесь ледниковых и водно-ледниковых отложений (Жиндарев, Луговой, 2016).

В интервале 14–13 тыс. л. н. территория развивалась в субаэральной обстановке. Сначала на перемытом моренном субстрате развивался заболоченный березовый лес, который впоследствии заместился низинным осоково-гипновым болотом. Возможно, формирование древесно-мохового фитоценоза соответствует улучшению природно-климатических обстановок в эпоху аллерёдского межстадиала. Присутствие обогащенных суглинистым материалом прослоев в торфе свидетельствует, скорее всего, о периодическом затоплении территории водами р. Алейка, например, во время весеннего снеготаяния.

В дальнейшем на данной территории вновь установились субаквальные условия. На начальной стадии это был мелководный водоем, возможно, занимавший нижнюю часть бассейна р. Алейки, что подтверждается характером отложений в нижней части скважины в устье реки. Водоем мог образо-

ваться в результате увеличения увлажненности климата, оттаивания мерзлоты или увеличения обводненности территории. Можно также предположить, что здесь находился мелководный изолированный залив обширного водоема. По-видимому, в пользу небольшого водоема, богатого органикой, говорит доминирование диатомей, характерных для спокойных гидродинамических условий, высокое содержание органического вещества (выраженное через ППП) и данные комплексного биологического анализа. По-видимому, этот водоем существовал уже на завершающей стадии потепления бёллинг-аллерёд, что подтверждается и данными радиоуглеродного датирования. В ходе дальнейшего развития водоем перешел в стадию зарастания и заторфовывания.

Похожие осадки были изучены на мысу Вентес-Рагас (около 70 км к северо-востоку от разреза Алейка): здесь на морене залегают сапропель с раковинами пресноводных моллюсков (озерные отложения), сменяющийся выше по разрезу плотным торфом (болото), возраст которых определен в диапазоне 13700–12600 кал. л. н.; эти осадки интерпретируются как отложения мелководного водоема, ассоциированного с БЛО, возможно, его залива сложной конфигурации (Vitinas, 2007).

Следующая фаза развития территории – затопление водами обширного пресноводного ультраолиготрофного водоема с высоким содержанием взвешенных тонких минеральных частиц. Согласно результатам радиоуглеродного датирования, это произошло ~12 тыс. л. н., т.е. – во время осцилляции позднего дриаса. Не исключено, что здесь возник мелководный залив БЛО, с несколько повышенным содержанием органического вещества в осадках, как за счет мелководности, так и за счет привноса рекой. Присутствие “парных” слоев – тонкое переслаивание глины и алевролита/тонкозернистого песка, может свидетельствовать о сезонной стратификации. По-видимому, эти же отложения вскрываются и в скважине, пробуренной в приустьевой части р. Алейки.

Подъем уровня воды БЛО здесь не превышал первых метров. Береговая линия была сложной конфигурации, риасового типа, как это показано на реконструкции на рис. 5, (а). Похожая ситуация отмечается в работе (Gelumbauskaite, 2009) для литовского побережья; максимальный уровень БЛО для траверса Клайпеды реконструируется на высоте 6 м над у. м., а в дельте Немана – на уровне 3 м ниже у. м. Согласно этой тенденции, максимальный уровень БЛО на северном побережье Самбийского п-ова должен был бы находиться на том же уровне, что в дельте Немана, но в последнем случае его осадки могут быть “опущены” за счет последующего уплотнения рыхлых отложений в течение голоцена.

В береговых уступах и на пляжах Куликовской бухты хорошо видны выходы морены, которые соответствуют холмисто-грядовым формам рельефа берега. Анализируя сохранившиеся формы рельефа и конфигурацию площадей валунно-глыбовых отмоствок на дне, можно предположить существование в прошлом относительно крупной моренной гряды, протягивавшейся севернее современного берега, субпараллельно ему. Несмотря на продолжающуюся дискуссию о ходе колебаний уровня Балтийского моря в голоцене, большинство авторов сходится на оценке времени установления уровня на отметках, близких к современному, в районе 4 тыс. лет назад (Бадюкова и др. 2007; Сергеев, 2015). Исходя из этого, интерполируя в прошлое современные скорости отступления берега, можно установить, что за 4000 лет берег на участке у р. Алейки мог отступить на 2.5–3 км. Таким образом, мы предполагаем, что до 4000 лет назад нижняя часть бассейна р. Алейки представляла собой полуизолированную котловину, отделенную от моря моренной грядой с высотой не менее 4–5 м. Сток из этой котловины осуществлялся по ложбине, сейчас являющейся частью долины р. Тростянки, в акваторию, соответствующую нынешнему Куршскому заливу.

После быстрого падения уровня БЛО и осушения северного побережья Самбийского п-ова район исследования находился в зоне нулевой седиментации, или чередования аккумуляции и эрозии вплоть до позднего голоцена. Об этом, в частности, говорят изученные нами в разрезе Нерейском в районе прикорневой части Куршской косы отложения, представленные суглинком, перекрытым торфом. Калиброванный возраст торфа лежит в интервале 10450–10250 кал. л. н. (табл. 1); по-видимому, здесь вскрыты озерно-болотные отложения, синхронные стадии Анцилового озера, возраст которого оценивается в 10.7–9.8 кал. л. н. (Rosentau et al., 2017); впоследствии дно озера обсохло и заросло лесом, о чем свидетельствует ботанический состав торфа. Дата по торфу в разрезе Нерейский хорошо совпадает с датировкой торфа у пос. Лесное (Бадюкова и др., 2010).

На основании глубинно-возрастной модели (рис. 2, (г)) можно сделать вывод, что озеро в бассейне р. Алейки существовало около 1300 лет, но как видно на рис. 5, (б) – разрез Алейка расположен в периферической части котловины и может отражать не полную его историю. Отложения, вскрытые в разрезе Нерейский, а также данные М.В. Кабайлене (1967) подтверждают существование остаточных водоемов в районе корневой части Куршской косы после резкого падения уровня воды на границе позднего дриаса и голоцена. Кроме того, по данным Т.В. Напреенко-Дороховой и соавт. (2020), в расположенном в 1.5–2 км к юго-западу от разреза Нерейский понижении существовало мелководное пресное озеро, а

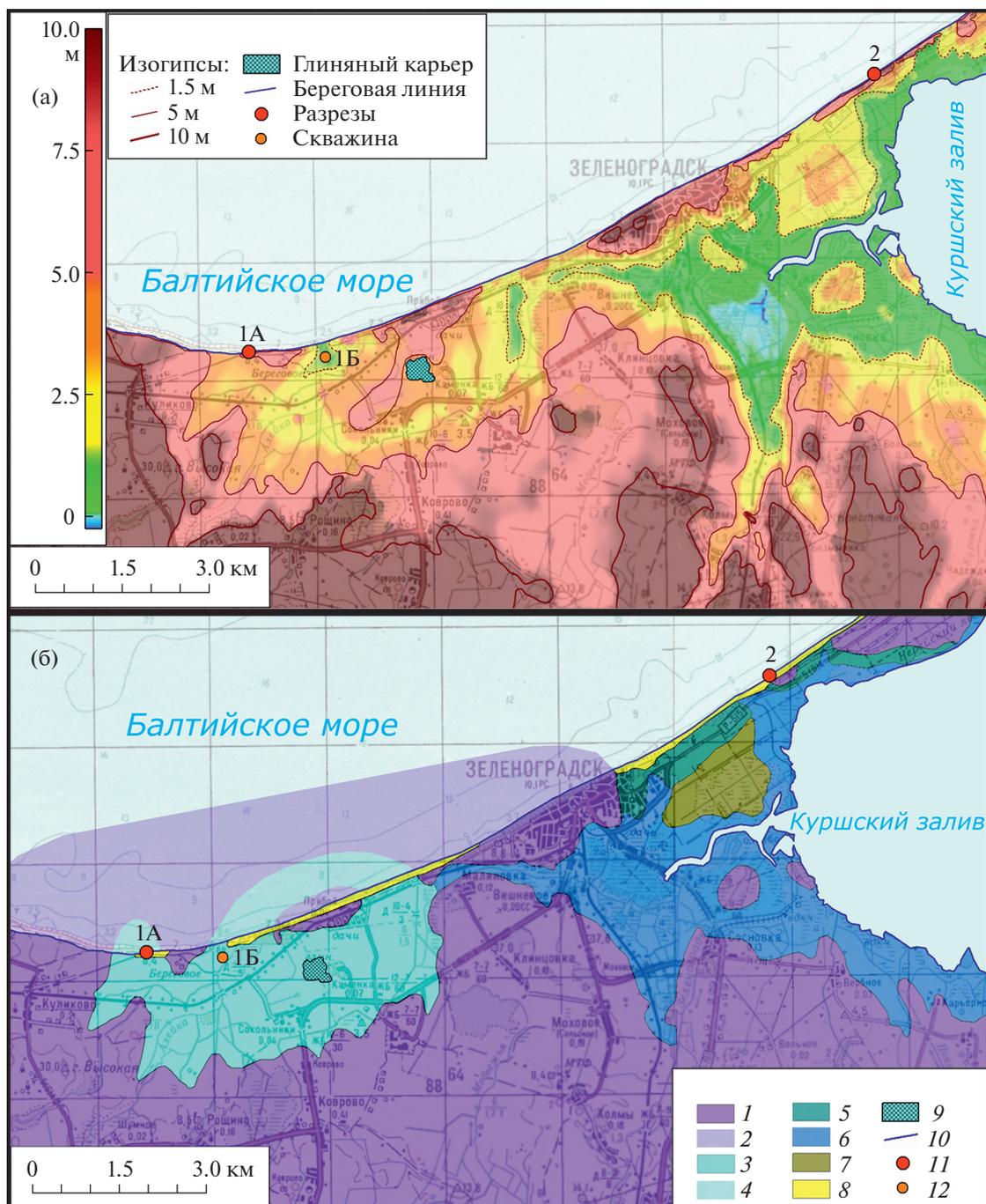


Рис. 5. (а) – Гипсометрическая карта района исследований по ЦМР FABDEM (версия 2023 г.), скорректированная по данным полевых геодезических измерений, подложка – топографическая карта 1:100 000 (1982 г.); 1А – разрез Алеика, 1Б – скважина Алеика, 2 – разрез Нерейский. (б) – Палеогеоморфологическая карта района исследований. 1 – формы ледникового и водноледникового генезиса, 2 – то же, подвергшиеся волновому размыву (показано условно); 3 – позднеледниковая озерная котловина при уровне воды 4–5 м над современным уровнем моря, 4 – то же, подвергшееся волновому размыву (показано условно); 5 – поверхность доголоценовой и раннеголоценовой озерной аккумуляции на уровне 1.5–2 м над современным уровнем моря; 6 – болотистые низины, подверженные современному периодическим затоплениям, в том числе польдеры, на высотах от –0.5 м до 1 м над у. м.; 7 – голоценовое верховое болото; 8 – современные эоловые формы; 9 – выработанный карьер кирпичных глин, занятый озером; 10 – современная береговая линия; 11 – положение разрезов; 12 – положение скважины.

Fig. 5. (a) – Hypsometric map of the study area by FABDEM DEM (version 2023), corrected from field geodetic measurements, underlain by the 1:100,000 topographic map (1982); 1A – Aleika section log, 1B – Aleika borehole, 2 – Nereisky section log. (b) – Paleogeomorphological map of the study area. 1 – glacial and glaciofluvial landforms, 2 – the same, subjected to wave erosion (shown conventionally); 3 – Late Glacial lake basin at water level 4–5 m above present sea level, 4 – the same, subjected to wave erosion (shown conventionally); 5 – surface of pre-Holocene and early Holocene lake accumulation at 1.5–2 m above present sea level; 6 – marshy depressions presently subjected to periodic floods, including polders, at –0.5 m to 1 m above the sea level; 7 – Holocene peat bog; 8 – present aeolian forms; 9 – brick clay quarry now occupied by the lake; 10 – present coastline; 11 – location of the section logs; 12 – location of the borehole.

около 9900 кал. л. н. на его месте сформировались болотные фитоценозы, представленные влажными черноольшаниками с густым травяным ярусом из тростника. В настоящий момент в этом месте расположено верховое болото Свиное с высотами центральной части до 3.5 м над у. м., а мощность торфа в нем достигает 8.5 м (Напреенко и др., 2019).

Имеющиеся сведения об уровнях БЛО в юго-восточной части побережья Балтийского моря достаточно противоречивы. Так, для западного побережья Литвы указывались две береговые линии БЛО максимальной высотой 12–15 м (Гуделис, 1961). Ко времени максимальной стадии БЛО отнесено формирование берегового вала на отметках до 16 м над у. м. в районе пос. Швянтойи (западное побережье Литвы) (Gelumauskaite, 2009). Южнее, в районе г. Паланга, терраса БЛО наблюдается на отметках 9–10 м над у. м. Максимальный уровень БЛО для траверза Клайпеды реконструируется на высоте 6 м над у. м., а в дельте Немана – на уровне 3 м ниже у. м.

По данным Лукошявичуса и Гуделиса (1974), севернее г. Клайпеда (северная оконечность Куршского залива) на побережье отмечаются образования БЛО, Анцилового озера и Литоринового моря, тогда как южнее эти образования на суше не обнаружены. Фрагменты древнебереговых образований БЛО указывались в пределах прибрежной подводной равнины Самбийского п-ова на глубинах 30–25 и 20–18 м (2 стадии), 18–14 м – на подводном береговом склоне Куршской косы, и 2–0 м у г. Клайпеда (Лукошявичус, Гуделис 1974). Блажчишин (1998) также указывал на то, что южнее Клайпеды береговые образования БЛО уходят под современный уровень моря. Существование к юго-западу от Самбийского п-ова только подводных форм, соответствующих стадии БЛО, подтверждалось и данными последующих работ, согласно которым все позднеплейстоценовые береговые линии расположены здесь ниже современного уровня моря (Ryabchuk et al. 2016). К северу от мыса Таран (северо-западная оконечность Самбийского п-ова) береговая линия БЛО была реконструирована на глубинах 38–26 м (Dorokhov et al., 2022). J. Mojski (2000) обозначает береговую линию максимальной стадии БЛО, находящуюся ниже современного уровня моря и оконтуривающую западное и северо-западное побережье Самбийского п-ова. К северо-востоку от Самбийского п-ова глинистые отложения БЛО распространены в понижениях моренного рельефа на подводном склоне Куршской косы на глубинах более –25 м ниже у. м., и на глубинах 12–15 м ниже у. м. южной части Куршского залива (Ryabchuk et al. 2016).

Похожая ситуация отмечается в работе (Gelumauskaite, 2009) для литовского побережья;

однако, в ходе геологического картирования побережья отложения БЛО, представленные супесями, глинами и песками, были также зафиксированы в северной части Самбийского п-ова (Геологическая карта..., 1969). По другим данным, озерно-ледниковые отложения распространены лишь в северо-западной и юго-западной частях Самбийского п-ова, тогда как в районе исследования распространены морские голоценовые осадки (Атлас..., 2010).

ВЫВОДЫ

На основе комплексных палеогеографических и геоморфологических исследований северного побережья Самбийского (Калининградского) п-ова и его естественных палеоархивов были получены новые данные о палеогеографических обстановках позднеледниковья в этом регионе и стадиях развития приледникового водоема – Балтийского ледникового озера. После ухода последнего ледника и до 14 тыс. л. н. в береговой зоне приледникового бассейна, формировавшегося вслед за отступающим ледником, происходил размыв кровли морены. В интервале 14–13 тыс. л. н., во время аллерёдского потепления, на территории произрастал заболоченный березовый лес, который впоследствии заместился низинным осоково-гипновым болотом. На завершающей стадии потепления здесь располагался мелководный изолированный залив обширного водоема или самостоятельный небольшой бассейн, который затем обмелел. 12000 лет назад, во время осцилляции позднего дриаса, территория была затоплена водами обширного пресноводного ультраолиготрофного водоема с высоким содержанием взвешенных тонких минеральных частиц. По-видимому, здесь возник мелководный залив БЛО, отделенный от основной акватории моренной грядой высотой не менее 4–5 м. Спуск озера произошел около 11660 л. н., после чего исследованная территория пребывала в условиях нулевого седиментогенеза или чередования аккумуляции и размыва до позднего голоцена. В позднем голоцене и до настоящего времени на северном побережье Самбийского п-ова активны эоловые процессы и отступление берега со скоростью ~0.7 м/год.

Полученные результаты позволяют говорить о двух этапах затопления северного побережья Самбийского п-ова в позднеледниковое время (до 14000 л. н. и в интервале 12000–11660 л. н.), возможно, обусловленных трансгрессиями БЛО. Нахождение отложений БЛО в северной части побережья Самбийского п-ова на положительных абсолютных отметках существенно корректирует сложившиеся представления о конфигурации его береговой линии в данном регионе и позволяет предположить, что уровень позднелед-

никового бассейна в районе исследования мог превышать современный уровень моря.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны Б.Ф. Хасанову, с.н.с. ИПЭЭ РАН, за содействие в построение модели роста отложений, Р.А. Ракизову, с.н.с. ПИН РАН, за помощь при работе на сканирующем электронном микроскопе, Е.В. Сыромятниковой, с.н.с. ПИН РАН, за консультацию и определение плечевой кости бесхвостой амфибии и Д.М. Палатову, с.н.с. ИПЭЭ РАН, за консультацию по двусторчатым моллюскам. Полевые исследования проводились в рамках НСО кафедры геоморфологии и палеогеографии Географического факультета МГУ зимой 2020 г., при финансовой поддержке гранта РФФИ “Опасные явления” № 18-05-80087 (руководитель – Д.А. Субетто).

Исследования проводились в рамках выполнения ГЗ ИГ РАН FMWS-2019-0008, ГЗ ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН № FMNG-2019-0001 и ГЗ Министерства просвещения РФ для РГПУ им. А.И. Герцена № VRFY-2023-0010, а также ГЗ кафедры геоморфологии и палеогеографии Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова № 121040100323-5 и ГЗ ГИН РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атлас геологических и эколого-геологических карт Российского сектора Балтийского моря. (2010) / Под ред. О.В. Петрова, М.А. Спиридонова. СПб.: ФГУП ВСЕГЕИ. 19 л.
- Бадюкова Е.Н., Жиндарев Л.А., Лукьянова С.А. и др. (2007). Анализ геологического строения Куршской косы (Балтийское море) в целях уточнения истории ее развития // *Океанология*. Т. 47. № 4. С. 594–604.
- Бадюкова Е.Н., Жиндарев Л.А., Лукьянова С.А. и др. (2010). Строение корневой части Куршской косы // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География*. № 5. С. 53–59.
- Блажчишин А.И. (1998). Палеогеография и эволюция позднечетвертичного осадконакопления в Балтийском море. Калининград: Янтарный сказ. 160 с.
- Блажчишин А.И., Литвин В.М., Лукошявичюс Л. и др. (1970). Новые данные по рельефу дна и строению осадочной толщи центральной части Балтийского моря // *Балтика*. Т. 4. С. 145–168.
- Борисова О.К. (2021). Ландшафтно-климатические условия в центральной части Восточно-Европейской равнины в последние 22 тысячи лет (реконструкция по палеоботаническим данным) // *Водные ресурсы*. Т. 48. № 6. С. 664–675. <https://doi.org/10.31857/s0321059621060031>
- Геологическая карта СССР (карта четвертичных отложений), масштаб 1:200 000, серия Прибалтийская, N-34-VIII, IX. (1969) / Под ред. Э.П. Макаровой, Ю.В. Казанова. Л.: Аэрогеология.
- Гуделис В.К. (1961). Общие черты развития морских берегов восточной Прибалтики в поздне- и послеледниковое время // *Труды ИГ АН ЭССР*. Вып. VIII. С. 89–95.
- Давыдова Н.Н. (1985). Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л.: Наука. 244 с.
- Жиндарев Л.А., Луговой Н.Н. (2016). Прогнозная оценка эволюции песчаных побережий внутренних морей в условиях повышения их уровня // *Геоморфология*. № 4. С. 27–34. <https://doi.org/10.15356/0435-4281-2016-4-27-34>
- Зазовская Э.П. (2016). Радиоуглеродное датирование – современное состояние, проблемы, перспективы развития и использования в археологии // *Вестн. археологии, антропологии и этнографии*. № 1. С. 151–164. <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2016-32-1-151-164>
- Игнатова Е.А., Игнатов М.С., Федосов В.Э. и др. (2011). Краткий определитель мохообразных Подмосквы. М.: Товарищество научных изданий КМК. 320 с.
- Кабайлене М.В. (1967). Развитие косы Куршю-Марес, дельты Немана и прибрежных болот // *Труды ИГ АН ЭССР*. Вып. 5. С. 181–207.
- Квасов Д.Д., Баканова И.П., Давыдова Н.Н. (1970). Основные вопросы позднеледниковой истории восточной Балтики // *BALTICA*. Т. 4. С. 65–92.
- Луговой Н.Н. (2022). Активизация размыва берегов Калининградского п-ова в XXI веке: проявления, причины, прогноз // *Россия в Десятилетия ООН наук об океане / Тез. докл. на Первой Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием “Россия в Десятилетия ООН наук об океане”*. М.: МИРЭА–Российский технологический университет. С. 117–119.
- Лукошявичюс Л.С., Гуделис В.К. (1974). Субаквальные поздне- и послеледниковые древнебереговые образования юго-восточного сектора Балтийского моря (зоны палеоголоценовых образований) // *Балтика*. Т. 5. С. 113–118.
- Напреенко М.Г., Напреенко-Дорохова Т.В., Субетто Д.А. и др. (2019). Первичное болотообразование как особый путь развития прибрежных болот в регионе Юго-Восточной Балтики в связи с колебаниями уровня Литоринового моря // *Мат-лы конф. “Х Галкинские чтения”*. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ “ЛЭТИ”. С. 136–138.
- Напреенко-Дорохова Т.В., Напреенко М.Г., Соснина И.А. и др. (2020). Исследование донных отложений водно-болотных экосистем Куршской косы // *Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка “Куршская коса”*. Сб. науч. статей. Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта. С. 150–160.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 2. Зообентос (2016) / Под ред. В.Р. Алексеева и С.Я. Цалолихина. М.–СПБ.: Товарищество научных изданий КМК. 457 с.
- Сергеев А.Ю. (2015). История геологического развития Куршской косы в голоцене и современные литодинамические процессы в береговой зоне. Авто-

- реф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. СПб.: ФГУП ВСЕГЕИ. 23 с.
- Хохуткин И.М., Винарский М.В. (2013). Моллюски Урала и прилегающих территорий. Семейства Ascologidae, Physidae, Planorbidae (Gastropoda, Pulmonata, Lymnaeiformes). Ч. 2. Екатеринбург: Голицинский. 184 с.
- Andrén T., Björck S., Andrén E. et al. (2011). The development of the Baltic Sea basin during the last 130 ka / J. Harff (Ed.) // *The Baltic Sea Basin*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. P. 75–97.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-17220-5_4
- Bitinas A. (2007). The Quaternary of Western Lithuania: from the Pleistocene Glaciations to the evolution of Baltic Sea // *The INQUA Peribaltic Field Symposium Guidebook*. Vilnius. 110 p.
- Björck S. (2008). The late Quaternary development of the Baltic Sea basin // *Assessment of climate change for the Baltic Sea Basin*. The BACC Author Team (Eds.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. P. 398–407.
- Dorokhov D.V., Lugovoy N.N., Dorokhova E.V. et al. (2022). Morphology and origin of the palaeo cliff area in the Sambia Peninsula nearshore (SE Baltic Sea) // *Quat. Int.* Vol. 630. P. 17–33.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.03.025>
- Gelumbaускаite L.Z. (2009). Character of sea level changes in the subsiding south–eastern Baltic Sea during Late Quaternary // *BALTICA*. Vol. 22. Iss. 1. P. 23–36.
- Haslett J., Parnell A.C. (2008). A simple monotone process with application to radiocarbon-dated depth chronologies // *J. of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*. Vol. 57. Iss. 4. P. 399–418.
- Jakobsson M., Björck S., Alm G. et al. (2007). Reconstructing the Younger Dryas ice dammed lake in the Baltic Basin: Bathymetry, area and volume // *Global and Planetary Change*. Vol. 57. P. 355–370.
<https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2007.01.006>
- Mojski J. (2000). The evolution of the southern Baltic coastal zone // *Oceanologia*. Vol. 42. Iss. 3. P. 285–303.
- R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
<https://www.R-project.org/>
- Reimer P., Austin W.E.N., Bard E. et al. (2020). The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP) // *Radiocarbon*. No. 62.
<https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>
- Rosentau A., Bennike O., Uscinowicz S. et al. (2017). The Baltic Sea Basin // *Submerged Landscapes of the European Continental Shelf: Quaternary Paleoenvironments*, First Edition. John Wiley & Sons Ltd. P. 103–133.
- Ryabchuk D.V., Sergeev A., Sivkov V. et al. (2016). Main trends of the Sambian coastal system (south-eastern Baltic) development: Holocene lithodynamics and recent coastal processes // *Managing risks to coastal regions and communities in a changing world*.
https://doi.org/10.31519/conferencearticle_5b1b937c2e1840.32322222
- Uscinowicz S. (2003). Relative sea level changes, glacio-isostatic rebound and shoreline displacement in the southern Baltic // *Polish Geological Institute Special Papers*. Vol. 10. P. 1–79.
- Vassiljev Yu., Saarse L. (2013). Timing of the Baltic Ice Lake in the eastern Baltic // *Bull. Geol. Soc. Finl.* Vol. 85. P. 9–18.
- Welter-Schultes F.W. (2012). *European non-marine molluscs, a guide for species identification*. Planet Poster Editions, Göttingen. 679 p.

LATE GLACIAL PALAEOENVIRONMENT AND DEVELOPMENT OF PROGLACIAL LAKES ON THE NORTHERN COAST OF THE SAMBIAN (KALININGRAD) PENINSULA¹

N. E. Zaretskaya^{a,b,#}, A. V. Ludikova^{c,d}, D. D. Kuznetsov^{c,d}, N. N. Lugovoy^{e,f},
O. N. Uspenskaya^g, and P. D. Frolov^b

^a*Institute of Geography RAS, Moscow, Russia*

^b*Geological Institute RAS, Moscow, Russia*

^c*Institute of Limnology RAS, SPC RAS, St. Petersburg, Russia*

^d*Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia*

^e*Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia*

^f*Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia*

^g*Institute of Forest Science RAS, Moscow Region, Russia*

[#]*E-mail: n_zaretskaya@inbox.ru*

Comprehensive investigations of the northern coast of the Sambian (Kaliningrad) Peninsula, that included geomorphological survey, lithostratigraphic description of the section logs, diatom, botanical and LOI analyses, radiocarbon dating, and GNSS survey relating lithological boundaries and sampling levels to the sea level and determining terrace elevations, were performed. New data on the regional palaeogeographic settings of

¹ For citation: Zaretskaya N.E., Ludikova A.V., Kuznetsov D.D. et al. (2023). Late glacial palaeoenvironment and development of proglacial lakes on the northern coast of the Sambian (Kaliningrad) Peninsula. *Geomorfologiya i Paleogeografiya*. Vol. 54. No. 4. P. 7–25. (in Russ.). <https://doi.org/10.31857/S2949178923040163>; <https://elibrary.ru/YCFCMW>

the Late Glacial period and the stages of development of the large proglacial basin, the Baltic Ice Lake (BIL) were obtained. It has been established that after the degradation of the last glaciation, erosional (subaquatic) processes prevailed in the coastal area, while in the interval of 14–13 cal kyr BP subaerial conditions established at the study site, and tree-moss phytocenoses formed during the Allerød warming. At the end of the warming period there was a shallow, isolated lake, with decreasing depth. During the Younger Dryas oscillation, ca. 12000 cal kyr BP, the area was flooded by waters of a vast freshwater, ultra-oligotrophic basin with high content of suspended fine mineral particles. The conditions of a shallow bay of the BIL sheltered from the main basin by a moraine ridge at least 4–5 m high, are suggested for this period. The lake drainage took place around 11660 cal kyr BP. Since then, no accumulation or alternating accumulation and erosion conditions prevailed in the study site until the late Holocene. The obtained results allow us to speak about two stages of flooding of the northern coast of the Sambia Peninsula during the Late Glacial, possibly caused by the BIL transgressions. The occurrence of BIL deposits in the northern part of the Sambia Peninsula above sea level suggests that the Late Glacial basin level in the study area may have exceeded the present sea level.

Keywords: South-eastern Baltic, Aleika, Late Pleistocene - Holocene transition, Baltic Ice Lake, palaeogeographical studies, sedimentary palaeoarchives, reconstructions

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to B.F. Khasanov, senior researcher of IEE RAS, for his assistance in constructing the sediment growth model, R.A. Rakitov, senior researcher of PIN RAS, for help with the scanning electron microscope, and E.V. Syromyatnikova, senior researcher of PIN RAS, for consultation and identification of the humerus of a tailless amphibian, and D.M. Palatov, senior researcher of IEE RAS, for consultation on bivalves. The field research was conducted within the framework of the Student Scientific Society of the Department of Geomorphology and Paleogeography, Faculty of Geography, Moscow State University, in winter 2020, with the financial support of RFBR grant No. 18-05-80087 “Hazardous Events” (supervisor – D.A. Subetto).

The research was carried out within the framework of the Institute of Geography State Task FMWS-2019-0008, State Research Program of the Institute of Limnology, SPC RAS No. FMNG-2019-0001, Ministry of Education State Task for Herzen State Pedagogical University No. VRFY-2023-0010 and Faculty of Geomorphology and Paleogeography, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University No. 121040100323-5.

REFERENCES

- Alekseev V.R., Tsalolikhin S.Ya. (2016). (Eds.) *Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeiskoi Rossii. T. 2. Zoobentos (Guide for zooplankton and zoobenthos of fresh water of European Russia. Part. 2. Zoobenthos)*. M.–SPb.: Tovarihshestvo nauchnykh izdaniy KMK (Publ.). 457 p. (in Russ.)
- Andrén T., Björck S., Andrén E. et al. (2011). The development of the Baltic Sea basin during the last 130 ka. *The Baltic Sea Basin. Springer-Verlag Berlin Heidelberg*. J. Harff (Ed.). P. 75–97. https://doi.org/10.1007/978-3-642-17220-5_4
- Badiukova E.N., Zhindarev L.A., Lukyanova S.A. et al. (2007). Analysis of the geological structure of the Curonian Spit (Baltic Sea) in order to clarify its development history. *Okeanologiya*. Iss. 47. No. 4. C. 594–604. (in Russ.)
- Badiukova E.N., Zhindarev L.A., Lukyanova S.A. et al. (2010). Structure of the root part of the Curonian Spit. *Vestn. Mosk. Un-ta. Ser. 5. Geografiya*. No. 5. P. 53–59. (in Russ.)
- Bitinas A. (2007). The Quaternary of Western Lithuania: from the Pleistocene Glaciations to the evolution of Baltic Sea. *The INQUA Peribaltic Field Symposium Guidebook*. Vilnius. 110 p.
- Björck S. (2008). The late Quaternary development of the Baltic Sea basin. In: *Assessment of climate change for the Baltic Sea Basin. The BACC Author Team (Eds.)*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. P. 398–407.
- Blazhchishin A.I. (1998). *Paleogeografiya i evolyutsiya pozdnechetvertichnogo osadkonakopleniya v Baltiiskom morye (Paleogeography and the evolution of late fame sedimentation in the Baltic Sea)*. Kaliningrad: Jantarnyj skaz (Publ.). 160 p. (in Russ.)
- Blazhchishin A.I., Litvin V.M., Lukoshevichyus L. et al. (1970). New data on the topography of the bottom and the structure of the sedimentary thickness of the central part of the Baltic Sea. *Baltika*. Iss. 4. P. 145–168. (in Russ.)
- Borisova O.K. (2021). Landscape and climatic conditions in the central East European Plain in the last 22 thousand years: Reconstruction based on paleobotanical data. *Water Resources*. Vol. 48. Iss. 4. P. 886–96. <https://doi.org/10.1134/s0097807821060038>
- Davydova N.N. (1985). *Diatomovye vodorosli – indikatory prirodnykh uslovii vodoemov v golotsene (Diatomous algae – indicators of the natural conditions of reservoirs in the Holocene)*. Leningrad: Nauka (Publ.). 244 p. (in Russ.)
- Dorokhov D.V., Lugovoy N.N., Dorokhova E.V. et al. (2022). Morphology and origin of the palaeo cliff area in the Sambia Peninsula nearshore (SE Baltic Sea). *Quat. Int.* Vol. 630. P. 17–33. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.03.025>
- Gelumbauskaite L.Z. (2009). Character of sea level changes in the subsiding south-eastern Baltic Sea during Late Quaternary. *BALTICA*. Vol. 22. Iss. 1. P. 23–36.
- Gudelis V.K. (1961). General features of the development of the sea coast of the Eastern Baltic States in the late and post-ethnic time. *Trudy IG AN ESSR*. Vol. VIII. P. 89–95. (in Russ.)

- Haslett J., Parnell A.C. (2008). A simple monotone process with application to radiocarbon-dated depth chronologies. *J. of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*. Vol. 57. Iss. 4. P. 399–418.
- Ignatova E.A., Ignatov M.S., Fedosov V.E. et al. (2011). *Kratkii opredelitel' mokhoobraznykh Podmoskov'ya* (A brief determinant of the mosses of the Moscow Region). Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK (Publ.). 320 p. (in Russ.)
- Jakobsson M., Björck S., Alm G. et al. (2007). Reconstructing the Younger Dryas ice dammed lake in the Baltic Basin: Bathymetry, area and volume. *Global and Planetary Change*. Vol. 57. P. 355–370. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2007.01.006>
- Kabailienė M.V. (1967). Development of the Kuršu Mares Spit, the Neman delta and coastal marshes. *Trudy IG AN ESSR*. Vol. 5. P. 181–207. (in Russ.)
- Khokhutkin I.M., Vinarski M.V. (2013). Molluski Urala i priligaushikh territorii. Semeistva Acroloxidae, Physidae, Planorbidae (Gastropoda, Pulmonata, Lymnaeiformes). Chast' 2 (Molluscs of the Urals and adjacent territories. Families Acroloxidae, Physidae, Planorbidae (Gastropoda, Pulmonata, Lymnaeiformes). Part 2. Ekaterinburg: Goschitskiy. 184 p. (in Russ.)
- Kvasov D.D., Bakanova I.P., Davydova N.N. (1970). The main issues of the Lateland History of the Eastern Baltic. *BALTICA*. Iss. 4. P. 65–92. (in Russ.)
- Lugovoi N.N. (2022). Activation of Coastal erosion of Kaliningrad Peninsula in XXI century: manifestations, causes, forecast. *Rossiya v Desyatiletii OON nauk ob okeane (Tezisy dokladov na Pervoi Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uch. "Rossiya v Desyatiletii OON nauk ob okeane")*. Moscow: MIREA–Rossiyskii tekhnologicheskii universitet (Publ.). P. 117–119.
- Lukoshevichyus L.S., Gidelis V.K. (1974). Subaquatic late and post-glacial ancient shorelines of the Southeast Sectors of the Baltic Sea (Paleoholocene formations zones). *Baltika*. Iss. 5. P. 113–118. (in Russ.)
- Makarova Je.P., Kazanov Ju.V. (Eds.). (1969). *Geologicheskaya karta SSSR (karta chetvertichnykh otlozhenii), masshtab 1:200 000, seriya Pribaltiiskaya, N-34-VIII, IX* (Geological map of the USSR (quarterly deposits map), scale 1:200 000, Baltic series, N-34-VIII, IX). Leningrad: Aerogeologiya (Publ.). (in Russ.)
- Mojski J. (2000). The evolution of the southern Baltic coastal zone. *Oceanologia*. Vol. 42. Iss. 3. P. 285–303.
- Napreenko M.G., Napreenko-Dorokhova T.V., Subetto D.A. et al. (2019). Primary marsh formation as a special way of coastal marsh development in the South-Eastern Baltic region in connection with fluctuations of the Littorine Sea level. *Mat-ly konf. "X Galkinskii Chteniya" (Mat-ly konf. "X Galkin Readings")*. Sankt-Petersburg: SPbGETU LETI (Publ.). P. 136–138. (in Russ.)
- Napreenko-Dorokhova T.V., Napreenko M.G., Sosnina I.A. et al. (2020). Study of bottom sediments of wetland ecosystems of the Curonian Spit. *Problemy izucheniya i okhrany prirodnogo i kul'turnogo naslediya natsional'no-go parka "Kurshskaya kosa"*. *Sb. Nauch. Statei*. Kaliningrad: BFU im. I. Kanta (Publ.). P. 150–160.
- Petrov O.V., Spiridonov M.A. (Eds.). (2010). *Atlas geologicheskikh i ekologo-geologicheskikh kart Rossiiskogo sektora Baltiiskogo morya* (Atlas of geological and environmental-geological maps of the Russian sector of the Baltic Sea). St. Petersburg: FGUP VSEGEI (Publ.). 19 p. (in Russ.)
- R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria*. <https://www.R-project.org/>
- Reimer P., Austin W.E.N., Bard E. et al. (2020). The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*. No. 62. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>
- Rosentau A., Bennike O., U'scinowicz S. et al. (2017). The Baltic Sea Basin. *Submerged Landscapes of the European Continental Shelf: Quaternary Paleoenvironments, First Edition*. John Wiley & Sons Ltd. P. 103–133.
- Ryabchuk D.V., Sergeev A., Sivkov V. et al. (2016). Main trends of the Sambian coastal system (south-eastern Baltic) development: Holocene lithodynamics and recent coastal processes. *Managing risks to coastal regions and communities in a changing world*. https://doi.org/10.31519/conferencearticle_5b1b937c2e1840.32322222
- Sergeev A.Y. (2015). *Istoriya geologicheskogo razvitiya Kurshskoi kosi v golotsene i sovremennye litodinamicheskie protsessy v beregovoii zone* (History of geological development of the Curonian Spit in Holocene and modern lithodynamic processes in the coastal zone). PhD thesis. Saint-Petersburg: FGUP VSEGEI (Publ.). 23 c.
- Uscinowicz S. (2003). Relative sea level changes, glacioisostatic rebound and shoreline displacement in the southern Baltic. *Polish Geological Institute Special Papers*. Vol. 10. P. 1–79.
- Vassiljev Yu., Saarse L. (2013). Timing of the Baltic Ice Lake in the eastern Baltic. *Bull. Geol. Soc. Finl*. Vol. 85. P. 9–18.
- Welter-Schultes F.W. (2012). *European non-marine mollusks, a guide for species identification*. Planet Poster Editions, Göttingen. 679 p.
- Zazovskaya E.P. (2016). Radiocarbon dating – current state, problems, development prospects in archeology. *Vestn. arkheologii, antropologii i etnografii*. No. 1. P. 151–164. (in Russ.) <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2016-32-1-151-164>
- Zhindarev L.A., Lugovoi N.N. (2016). Prognostic assessment of evolution of sandy shores of inland seas under conditions of their level increase. *Geomorfologiya*. No. 4. P. 27–34. (in Russ.). <https://doi.org/10.15356/0435-4281-2016-4-27-34>