

УДК 551.89+551.93

## ПЕРЕКРЕСТНОЕ ОСЛ- И <sup>14</sup>С-ДАТИРОВАНИЕ МОЛОДЫХ СУБАЭРАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ САМБИЙСКОГО (КАЛИНИНГРАДСКОГО) ПОЛУОСТРОВА

© 2021 г. С. В. Шварев<sup>1,2,\*</sup>, Н. Е. Зарецкая<sup>1,3</sup>, М. В. Ручкин<sup>4,5</sup>,  
Н. Н. Луговой<sup>1,6</sup>, Э. П. Зазовская<sup>1</sup>, Д. А. Субетто<sup>7,8</sup>

Представлено академиком РАН М.А. Федонкиным 03.05.2021 г.

Поступило 03.05.2021 г.

После доработки 04.05.2021 г.

Принято к публикации 05.05.2021 г.

В результате перекрестного инструментального датирования четвертичных отложений Самбийского (Калининградского) полуострова получен временной ряд, свидетельствующий о формировании толщи, перекрывающей отложения последнего оледенения в позднем голоцене в субаэральные условия при активной эоловой аккумуляции начиная с 450–400 л.н. Установленный ранее водно-ледниковый генезис и позднеледниковый возраст поверхностных отложений нуждаются в пересмотре. Активизация эоловой деятельности предположительно связана с климатическими изменениями в малый ледниковый период. ОСЛ-датирование очень молодых (позднеголоценовых) субаэральные отложений демонстрирует надежные результаты, подтверждаемые сходимостью с результатами радиоуглеродного анализа и стратиграфической позицией датированных толщ.

*Ключевые слова:* ОСЛ-датирование, радиоуглеродный анализ, голоцен, эоловые отложения, малый ледниковый период

DOI: 10.31857/S2686739721080156

### ВВЕДЕНИЕ

Территория Самбийского (Калининградского) полуострова, расположенная в юго-восточной части побережья Балтийского моря, согласно данным геологической съемки [1, 2, 4, 5] обладает полным разрезом плейстоценовых отложений,

перекрывающих дочетвертичный субстрат. На этой территории обнажены отложения не древнее последнего оледенения – осташковские ледниковые и водно-ледниковые фации, частично перекрываемые голоценовыми морскими, озерными и аллювиальными осадками. В береговых уступах высотой до 50 м вскрываются и более древние четвертичные и дочетвертичные осадки, включая неогеновые и палеогеновые рыхлые и слабоконсолидированные толщи. Мощность четвертичной толщи варьирует от 4–5 м до 150–160 м [2], сокращаясь над выступами коренных пород, кровля которых местами приподнята до 30–40 м (максимально 49 м) н.у.м., возрастающая в переуглубленных ложбинах, днища которых опускаются ниже 100 м (максимально –142 м) [6]. Неравномерность мощностей плейстоценовой толщи сопровождается невыдержанностью основных горизонтов, как в площадном развитии, так и по глубине. Это приводит к неоднозначности интерпретации возраста и генезиса отложений: количество самостоятельных ледниковых горизонтов и сопряженных с ними водно-ледниковых и межледниковых толщ варьирует от 4 [1, 2] до 8 [4, 5].

Столь же неоднозначна и интерпретация поверхностных отложений: к примеру, для одного и того же участка западного побережья полуострова

<sup>1</sup> Институт географии Российской академии наук, Москва, Россия

<sup>2</sup> Институт физики Земли Российской академии наук, Москва, Россия

<sup>3</sup> Геологический институт Российской академии наук, Москва, Россия

<sup>4</sup> Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

<sup>5</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

<sup>6</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

<sup>7</sup> Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

<sup>8</sup> Балтийский федеральный университет им. И. Канна, Калининград, Россия

\*E-mail: shvarev@ifz.ru

**Таблица 1.** Результаты ОСЛ-датирования зерен кварца<sup>1</sup>

№	№ лаб.	n <sup>2</sup>	w <sup>3</sup> , %	Удельные активности, Бк/кг			Мощность дозы, мГр/год	Эквивалентная доза, мГр		ОСЛ-возраст <sup>6</sup> , лет	
				<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K		СА <sup>4</sup>	ММД <sup>5</sup>	СА	ММД
1	RGI-440	11	23	19.9 ± 0.5	10.0 ± 0.3	533 ± 25	1.90 ± 0.09	311 ± 23	308 ± 28	164 ± 14	163 ± 17
2	RGI-434	14	13	17.5 ± 0.4	9.2 ± 0.3	517 ± 24	1.95 ± 0.10	1330 ± 170	720 ± 130	680 ± 90	370 ± 70
3	RGI-438	9	10	17.1 ± 0.4	9.4 ± 0.3	214 ± 11	1.11 ± 0.05	376 ± 15	370 ± 30	340 ± 20	340 ± 30

Примечание. <sup>1</sup> Погрешности измеренных величин соответствуют доверительному интервалу 1σ.

<sup>2</sup> n – количество навесок, использованных для расчета эквивалентной дозы.

<sup>3</sup> w – средняя влажность отложений за время захоронения.

<sup>4</sup> СА – среднее арифметическое.

<sup>5</sup> ММД – модель минимальной дозы [9].

над осташковской мореной, являющейся устойчивым стратиграфическим маркером, лежат преимущественно песчаные осадки, однозначно всеми исследователями интерпретируемые как водно-ледниковые, но различаемые по возрасту и палеогеографическому контексту. Они относятся либо к позднеледниковым бассейнам неопределенного возраста [2, 4], либо к среднеледниковой стадии деградации последнего ледника [3], время которой можно определить в интервале 16.7–15 т.л.н. [14], либо к бассейну Балтийского ледникового озера (БЛО) [1, 5], имеющего временные рамки – 13.9–11.6 т.л.н. [7, 10, 13] и достаточно четко определенный уровень на всех стадиях развития. Согласно расчетам (Vassiljev, Saarse, 2013) для района Самбийского полуострова, уровень БЛО в течение всего времени существования озера находился в пределах –40–0 м, что вносит дополнительную стратиграфическую неопределенность, поскольку входит в противоречие с идентификацией осадков БЛО на гораздо более высоких отметках (выше 30 м н.у.м.) [1, 5].

Данные противоречия и неоднозначность интерпретации во многом связаны с отсутствием инструментальных данных о возрасте плейстоценовых и голоценовых отложений. Восполнение этого пробела – актуальная задача, первым этапом выполнения которой является перекрестное (с использованием радиоуглеродного и оптиколюминесцентного методов) датирование молодых отложений, представленное в данном сообщении.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования была выбрана верхняя часть разреза в береговом абразионном уступе на западном побережье Самбийского полуострова в районе пос. Донское (рис. 1). Здесь над горизонтом осташковской морены (супесчано-суглинистый диамиктон) с выдержанной мощностью (2.5–3 м) и высотным положением кровли (~30–35 м н.у.м.) залегает преимуще-

ственно песчаная толща, в разрезе которой вскрывается (сверху вниз) (рис. 1):

(1) 0.0–0.2 м – мелко-тонкозернистый неслоистый песок с корнями растений и растительным детритом (почвенно-растительный слой);

(2) 0.2–5.15 м – горизонтально параллельно-слоистый мелко-тонкозернистый песок серо-палевого цвета, в интервалах 1.6–1.7 м и 3.0–3.1 м гумусированный, с остатками растительности;

(3) 5.15–5.3 м – суглинок бурый неслоистый, однородный, кровля неровная (2–3 см);

(4) 5.35–5.5 м – суглинок темно-бурый неслоистый, с существенной органической составляющей с включениями слабо окатанной гальки и гравия, кровля и подошва неровные, со смещением поверхностей, разорванных единичным сбросом амплитудой до 3 см;

(5) 5.5–8.45 м – светло-коричневый (местами до красно-бурого и желто-оранжевого) легкий сильно опесчаненный суглинок, неслоистый, с включением дресвы и единичной мелкой гальки разного петрографического состава, к низу количество обломочного материала увеличивается (осташковская морена).

В слое 2 на глубине от поверхности 3.3 м и 5.0 м отобраны пробы песка для ОСЛ-датирования (№1 и 2) (табл. 1), а из кровли слоя 4 – суглинка, насыщенного органическим веществом – для радиоуглеродного анализа (табл. 2). Радиоуглеродное датирование выполнялось в лаборатории радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии Института географии РАН с применением жидко-сцинтилляционного метода.

Калибровка радиоуглеродных дат выполнена в программе Calib 8.20, калибровочная кривая Int-Cal20 [12].

ОСЛ-датирование трех образцов (табл. 1) выполнено в лаборатории ОСЛ ФГБУ “ВСЕГЕИ” (Санкт-Петербург). Активности радионуклидов определялись на сверхнизкофономом гамма-спектрометре с детектором на основе особо чистого германия Canberra VE3825 после герметиза-

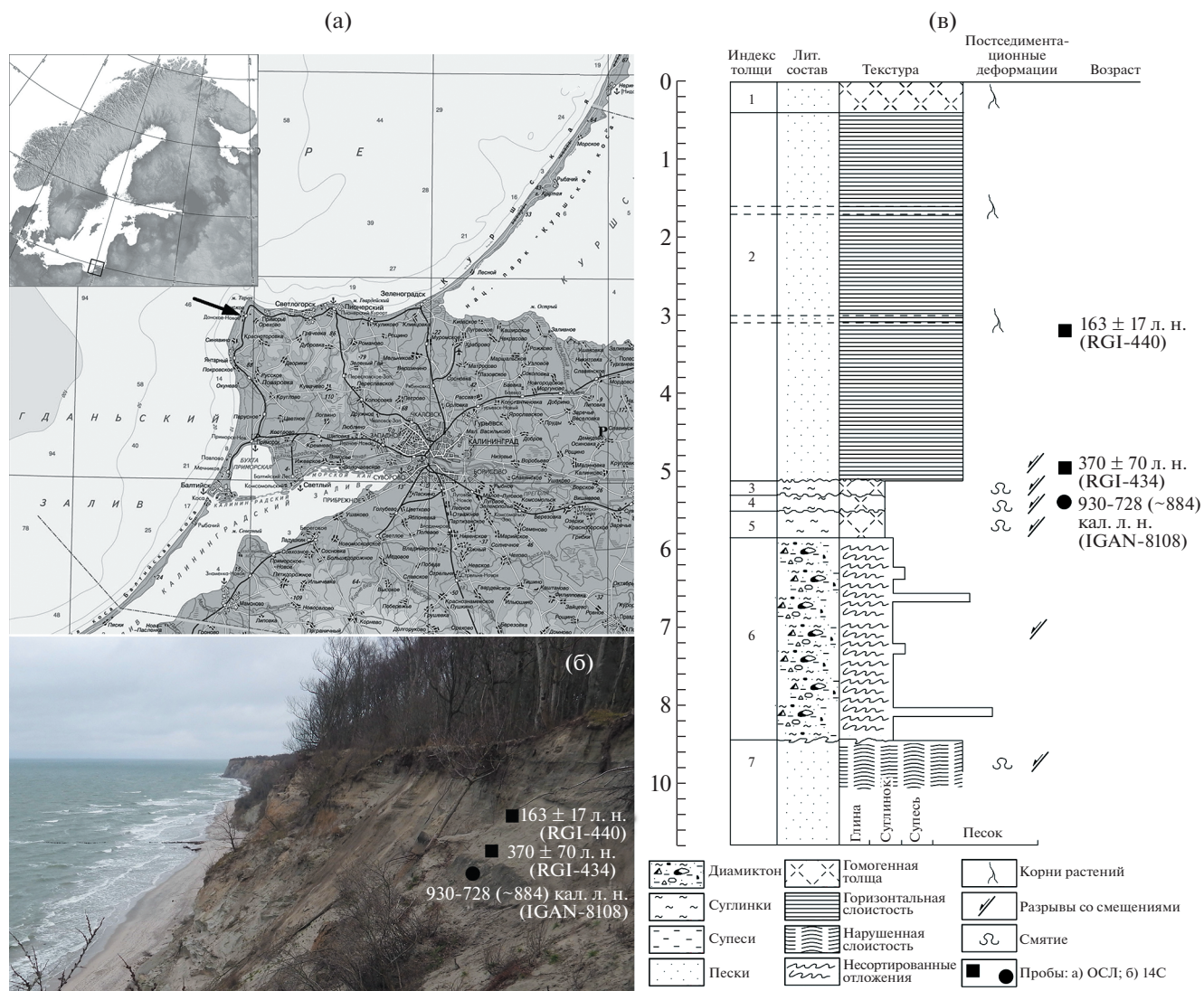


Рис. 1. а – местоположение разреза; б – общий вид абразионного уступа с местами отбора проб; в – разрез верхней части абразионного уступа.

ции образцов воском и выдержки в течение 20 дней. Мощности дозы рассчитаны по стандартной методике [8]. Предполагалось, что средняя влажность за период захоронения составляла 75% от величины водонасыщения. Для выделения зерен кварца фракции 180–250 мкм применялась стандартная пробоподготовка [15]. Эквивалентные дозы в пробах измерены на анализаторе люминесценции Risø TL/OSL Reader DA-20 C/D

с применением SAR-протокола [11]. Преобладание в люминесцентном сигнале быстрой компоненты, термальная стабильность ОСЛ-сигнала при температурах предварительного нагрева в диапазоне 160–240°C и возможность успешной регенерации заданной дозы после обнуления свидетельствуют о пригодности кварца для ОСЛ-датирования. Итоговые эквивалентные дозы рассчитаны двумя способами: с использованием

Таблица 2. Результаты радиоуглеродного датирования

№	№ Лаб.	Материал для датирования	Радиоуглеродный возраст, лет назад (BP)	Калиброванный возраст (л.н.), 1 σ
1	IGAN-8108	Суглинок с органикой	930 ± 120	930–728 (медиана 844 л.н.)
2	IGAN-8503	Торф с песком	310 ± 60	452–350 (медиана 410 л.н.)

среднего арифметического и модели минимальной дозы [9], которая часто используется для датирования молодых образцов с целью избежать удреждения возраста в условиях неполной засветки части зерен перед захоронением. Для образцов RGI-438 и RGI-440 даты, рассчитанные разными методами, хорошо согласуются между собой, в то время как для образца RGI-434 получены сильно отличающиеся друг от друга значения ОСЛ-возраста. Вероятно, дата  $680 \pm 90$  лет удреждена из-за неполной засветки зерен кварца перед захоронением.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ растительных остатков в образцах, отобранных для радиоуглеродного датирования, показал наличие корней березы (50%) и травянистой растительности (50%), что говорит о субаэральном происхождении органического вещества. Согласно полученным данным, вся толща, перекрывающая ошашковскую морену, сформирована в позднем голоцене в течение последних 1000 лет и представляет собой субаэральные отложения. Наличие на поверхности дюнного рельефа и ранее не вызывало сомнений в активной эоловой переработке поверхности. Однако полученные данные показали отсутствие собственно водно-ледниковых отложений (БЛО или более ранних) на поверхности морены последнего оледенения. Очевидно, что песчаная толща мощностью около 5 м сформирована исключительно за счет эолового переноса. Источником эоловых накоплений (судя по их составу) может быть подморенная толща, вскрытая абразией на береговом уступе и примыкающими к нему глубокими эрозионными врезами вблизи изученного разреза. С не меньшей вероятностью материнской породой могут быть ошашковские водно-ледниковые пески, несмотря на отсутствие их в данной точке, все же развитые на дневной поверхности вблизи разреза согласно геологическим данным. На днищах некоторых подрезанных активным размывом берега отмерших эрозионных врез на высоте нескольких метров н.у.м. наблюдается интенсивная дюнная аккумуляция, а песчаные толщи, вскрывающиеся на бортах брошенных долин частично (в верхних частях разрезов), оказываются продуктами эоловой переработки со слоистыми накоплениями мощностью 3–5 м, основание которых показывает возраст около 300 лет (табл. 1, № 3). Также эоловые пески позднеголоценового возраста покрывают приморские субгоризонтальные террасовидные поверхности; например, по торфу, подстилающему эоловый песок в кровле разреза приморской террасы вблизи устья р. Алейка, была получена дата 410 кал.л.н. (табл. 2, № 2).

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы: а) сделанная ранее оценка водно-ледникового генезиса и позднеледникового возраста поверхностных отложений является не вполне обоснованной, по крайней мере, для изученной части территории; б) палеогеографические модели, основанные на этом предположении, требуют уточнения; в) активизация эоловой деятельности с накоплением песчаных толщ мощностью 3–5 м, наблюдаемых на вершинных поверхностях Самбийского полуострова, в долинах и на морских террасах, произошла за последние 450–400 лет; г) ОСЛ-датирование очень молодых (позднеголоценовых) субаэральные отложений демонстрирует надежные результаты, достоверность которых подтверждается как хорошей сходимостью с результатами радиоуглеродного анализа, так и стратиграфической позицией датированных толщ; д) совокупность полученных геохронометрических данных позволяет предположить, что активизация эоловых процессов на Самбийском полуострове обусловлена климатическими изменениями в малый ледниковый период.

## ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено в рамках госзадания ИГ РАН при поддержке гранта РФФИ “Опасные явления” № 18-05-80087.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Загородных В.А., Довбня А.В., Жамойда В.А.* Информационный отчет о результатах работ по объекту “производство геологического, гидрогеологического доизучения, геолого-экологических исследований и картографирования территории Калининградской области масштаб 1 : 200000, картографических работ масштаб 1 : 200000 на акватории южной Балтики (в пределах экономической зоны России, прилегающей к Калининградской области) и подготовка к изданию комплектов госгеолкарты-200 (новая серия) листов N-34-II, -III, -VIII, -IX, -X, -XI, -XIV, -XV, -XVI, -XVII (все частично)” за 1993–2002 гг. (в 8-ми книгах). ВСЕГЕИ: Гусев – Санкт-Петербург, 2002.
2. *Казанов Ю.В., Макарова Э.П., Иванова З.К.* Государственная геологическая карта СССР масштаб 1:200000. Серия Прибалтийская. Лист N-34-VIII, IX. Объяснительная записка. М., 1983. 59 с.
3. *Квасов Д.Д.* Позднечетвертичная история крупных озер и внутренних морей Восточной Европы. Изд-во Наука, Л., 1974. 278 с.
4. Государственная геологическая карта СССР (новая серия). Масштаб 1 : 1000000. Карта четвертичных отложений. Лист N-(34)-(35), Вильнюс. / Кириков В.П. (гл. ред.), ВСЕГЕИ, 1986.
5. *Лукьянова Н.В., Богданов Ю.Б., Васильева О.В., Варгин Г.П., Вербицкий В.Р., Горбачевич Н.Р., Жамойда В.А., Зытнер Ю.И., Кириков В.П., Максимов А.В.,*

- Никитина Н.Г., Семенова Л.П., Сивков В.В., Фенин Г.И.* Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1000000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Лист N-(34) – Калининград. Объяснительная записка. – СПб.: Картофабрика ВСЕГЕИ, 2011. 226 с.
6. *Михневич Г.С.* Особенности строения поверхности дочетвертичных отложений на территории Калининградской области // Вестник СПбГУ. Сер. 7. 2015. Вып. 3. С. 21–35.
  7. *Björk S.* A Review of the History of the Baltic Sea, 13,0–8,0 ka BP // Quaternary International. 1995. V. 27. P. 19–40.
  8. *Durcan J.A., King G.E., Duller G.A. T.* DRAC: Dose Rate and Age Calculator for Trapped Charge Dating // Quaternary Geochronology. 2015. V. 28. P. 54–61.
  9. *Galbraith R.F., Roberts R.G., Laslett G.M., Yoshida H., Olley J.M.* Optical Dating of Single and Multiple Grains of Quartz from Jinmium Rock Shelter, Northern Australia: Part I, Experimental Design and Statistical Models // Archaeometry. 1999. V. 41. № 2. P. 339–364.
  10. *Gromig R., Wagner B., Wennrich V., Fedorov G., Savelliva L., Lebas E., Krastel S., Brill D., Andreev A.A., Subetto D., Melles M.* Deglaciation History of Lake Ladoga (Northwestern Russia) Based on Varved Sediments // Boreas. 2019. V. 48. P. 330–348.
  11. *Murray A.S., Wintle A.G.* The Single Aliquot Regenerative Dose Protocol: Potential for Improvements in Reliability // Radiation Measurements. 2003. V. 37. № 4–5. P. 377–381.
  12. *Reimer P., Austin W.E.N., Bard E., Bayliss A., Blackwell P.G., et al.* The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kB Radiocarbon 62. 2020. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>
  13. *Stroeven A.P., Heyman J., Fabel D., Björck S., Caffee M.W., Fredin O., Harbor J.M.* A New Scandinavian Reference <sup>10</sup>Be Production Rate // Quaternary Geochronology. 2015. V. 29. P. 104–115.
  14. *Stroeven A.P., Hättestrand C., Kleman J., Heyman J., Fabel D., Fredin O., Goodfellow B.W., Harbor J.M., Jansen J.D., Olsen L., Caffee M.W., Fink D., Lundqvist J., Rosqvist G.C., Strömberg B., Jansson K.N.* Deglaciation of Fennoscandia // Quaternary Science Reviews. 2016. V. 147. P. 91–121.
  15. *Wintle A.G.* Luminescence Dating: Laboratory Procedures and Protocols // Radiation Measurements. 1997. V. 27. № 5/6. P. 769–817.

## CROSS-OSL AND <sup>14</sup>C-DATING OF YOUNG SUBAERIAL DEPOSITS OF THE SAMBIA (KALININGRAD) PENINSULA

S. V. Shvarev<sup>a, b, #</sup>, N. E. Zaretskaya<sup>a, c</sup>, M. V. Ruchkin<sup>d, e</sup>, N. N. Lugovoy<sup>a, f</sup>,  
E. P. Zazovskaya<sup>a</sup>, and D. A. Subetto<sup>d, h</sup>

<sup>a</sup> Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

<sup>b</sup> Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

<sup>c</sup> Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

<sup>d</sup> Karpinsky Russian Geological Research Institute, Saint Petersburg, Russian Federation

<sup>e</sup> Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russian Federation

<sup>f</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

<sup>g</sup> Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russian Federation

<sup>h</sup> Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russian Federation

<sup>#</sup> E-mail: shvarev@ifz.ru

Presented by Academician of the RAS M.A. Fedonkin May 3, 2021

As a result of cross-instrumental dating of the quaternary sediments of the Sambia (Kaliningrad) peninsula, a time series was obtained that indicates the formation of a sequence that overlaps the sediments of the Last Glaciation in the Late Holocene under subaerial conditions with active Aeolian accumulation starting from 450–400 BP. The previously established glaciolacustrine genesis and Late Glacial age of the surface sediments need to be revised. An increase in Aeolian activity presumably associated with climate changes during the Little Ice Age. OSL-dating of very young (Late Holocene) subaerial sediments demonstrates reliable results, supported by convergence with the results of radiocarbon analysis and the stratigraphic position of the dated strata.

**Keywords:** OSL-dating, radiocarbon analysis, Holocene, Aeolian deposits, Little Ice Age