



РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А.И. ГЕРЦЕНА  
ФАКУЛЬТЕТ ГЕОГРАФИИ  
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ РАН  
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ И ЭВОЛЮЦИИ ИМ. А.Н. СЕВЕРЦОВА РАН  
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ УРАЛЬСКОГО  
ОТДЕЛЕНИЯ РАН

## **Динамика экосистем в голоцене**

Сборник статей VI всероссийской научной конференции  
(с международным участием)  
17-21 октября 2022 года

Санкт-Петербург  
2022

УДК 911.5  
ББК 20/26/28/63.4

Ответственные редакторы:  
*Д.А. Субетто*

Редакционная коллегия:  
*А.Б. Савинецкий, Е.Ю. Новенко, Н.Е. Зарецкая, Н.В. Соколова, В.В. Брылкин, И.М. Греков,  
Л.С. Сырых, Ю.А. Кублицкий, П.А. Леонтьев*

Техническое редактирование:  
*Н.В. Соколова, В.В. Брылкин, А.В. Пронина, А.А. Тюрина*

**Динамика экосистем в голоцене.** Сборник статей по материалам всероссийской научной конференции, Санкт-Петербург, 17-21 октября 2022 года / Отв. ред. Д.А. Субетто, – СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2022. – 516 с.

**Dynamics of ecosystems in the Holocene.** Proceedings of the All-Russian Scientific Conference, St. Petersburg, October 17-21, 2022/ by ed. D.A. Subetto, – St. Petersburg: Publ. house of Herzen State Pedagogical University of Russia, 2022. – 516 p.

В настоящем сборнике представлены материалы «VI всероссийской научной конференции (с международным участием) «**Динамика экосистем в голоцене**», которая состоялась 17-21 октября 2022 года в РГПУ им. А. И. Герцена, г. Санкт-Петербург. Тематика работ охватывает широкий круг вопросов, связанных с палеогеографией голоцена. Представленные доклады разделены на 4 основных направления: динамика морских, пресноводных и наземных экосистем, ландшафтно-климатические изменения, природные катастрофы в голоцене, человек и динамика экосистем.

Сборник адресован широкому кругу специалистов в области палеогеографии, четвертичной геологии, микропалеонтологии, палеоэкологии, а также студентам и аспирантам вузов соответствующих специальностей.

*Материалы публикуются в авторской редакции*

Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена

© Издательство РГПУ им. А. И. Герцена, 2022

© Авторы статей, 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

### ДИНАМИКА МОРСКИХ, ПРЕСНОВОДНЫХ И НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ГОЛОЦЕНЕ

А.Р. Агатова, Р.К. Непоп, В.С. Мыглан, А.В. Тайник, М.О. Филатова, В.В. Баринов РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОБОПОДГОТОВКИ ДРЕВЕСНЫХ УГЛЕЙ ДЛЯ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ПРИМЕРЕ УГЛЕЙ ИЗ ЖЕЛЕЗОПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ АЛТАЯ.....	12
А.Р. Агатова, Р.К. Непоп, П. Моска, О.Н. Успенская МАКСИМАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ ОЗЕРА УРЭГ-НУР (СЗ МОНГОЛИЯ) В ГОЛОЦЕНЕ: СЛЕДСТВИЕ ДЕГРАДАЦИИ ПОСЛЕДНЕГО ОЛЕДЕНЕНИЯ ИЛИ УВЕЛИЧЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ?.....	17
С.В. Александров ДИНАМИКА БИОПРОДУКТИВНОСТИ ЭКОСИСТЕМ ЛАГУН БАЛТИЙСКОГО МОРЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА, ЭВТРОФИКАЦИИ И «ЦВЕТЕНИЙ» ЦИАНОБАКТЕРИЙ.....	20
О.П. Бачура, Т.В. Лобанова РАСПРОСТРАНЕНИЕ РЕЧНОГО БОБРА (CASTOR FIBER L., 1758) НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ.....	25
В.В. Гасилин, М.М. Девяшин, Н.А. Пластеева СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ ОПЫТНЫХ ВЕРХНЕГО ПРИОБЬЯ В ГОЛОЦЕНЕ.....	30
Е.А. Голикова, И.Б. Вольтский, М.А. Варфоломеева, С.А. Корсун ФАУНА ВЫСОКОШИРОТНЫХ ФОРАМИНИФЕР НА ЛИТОРАЛИ ШПИЦБЕРГЕНА.....	35
Ю.А. Горбунова, С.В. Александров СОДЕРЖАНИЕ АЗОТА И ФОСФОРА В ВЫБРОСАХ МАКРОФИТОБЕНТОСА НА РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ ЮГО- ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ.....	39
А.А. Гурина, Р.Ю. Дудко, А.А. Легалов ДИНАМИКА ЭНТОМОКОМПЛЕКСОВ ОТ МИС-2 К СОВРЕМЕННОСТИ НА СЕВЕРЕ КУЗНЕЦКОЙ КОТЛОВИНЫ.....	43
Е.С. Деркач МЕТОДЫ РЕКОНСТРУКЦИИ НИВАЛЬНО-ГЛЯЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ МАЛОГО ЛЕДНИКОВОГО ПЕРИОДА АРИДНОГО АЛТАЯ.....	47
В.А. Дикарёв ИСТОРИЯ ЧОКРАКСКОГО ОЗЕРА – НОВЫЕ ДАННЫЕ.....	52
О.Г. Занина, Д.А. Лопатина ОСОБЕННОСТИ ТАФОНОМИИ БИОМОРФ В ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ В КРИОЛИТОЗОНЕ.....	57
Н.Е. Зарецкая, В.М. Хайтов ГОЛОЦЕНОВЫЕ ТАФОЦЕНОЗЫ МАЛАКОФАУНЫ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ: НОВЫЕ ДАННЫЕ.....	61
И.А. Идрисов ГОЛОЦЕНОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ТЕРСКО-СУЛАКСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ.....	66
Л.И. Инишева, Е.В. Порохина ДИНАМИКА БОЛОТНЫХ СИСТЕМ НА ЗАПАДНО- СИБИРСКОЙ РАВНИНЕ В ПРОШЛОМ И НАСТОЯЩЕМ.....	70

## ФАУНА ВЫСОКОШИРОТНЫХ ФОРАМИНИФЕР НА ЛИТОРАЛИ ШПИЦБЕРГЕНА

<sup>1</sup>Е.А. Голикова, И.Б. Вольтский, <sup>1</sup>М.А. Варфоломеева, <sup>1,2</sup>С.А. Корсун

<sup>1</sup>СПбГУ, г. Санкт-Петербург, e.golikowa@spbu.ru

<sup>2</sup>ИО РАН им. П.П. Ширшова, г. Москва, s\_korsun@ocean.ru

## FAUNA OF HIGH-LATITUDE FORAMINIFERA OF THE SPITSBERGEN INTERTIDAL

<sup>1</sup>E.A. Golikova, I.B. Voltski, <sup>1</sup>M.A. Varfolomeeva, <sup>1,2</sup>S.A. Korsun

<sup>1</sup>St. Petersburg State University, St. Petersburg

<sup>2</sup>Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow

### Аннотация.

Илисто-песчаная литораль в высоких широтах встречается редко. В умеренных и субарктических широтах такой тип берега населен мейобентосными протистами фораминиферами. Их захороненные скелеты несут информацию об изменении уровня моря в голоценовое время. До сих пор нет данных о существовании литоральных фораминифер в высокой Арктике. Мы провели пилотное исследование в заиленной кутовой части Диксонфьорда (Шпицберген, 78°с.ш.), где на разрезе из семи станций обнаружили сообщество живых известковых фораминифер *Elphidium albumbilicatum*, *Elphidium clavatum* и *Elphidium williamsoni*. Это сообщество отличается от сообщества фораминифер бассейна того же фьорда, а по видовому составу является подмножеством фораминифер отряда Rotaliida литоральной фауны северной Фенноскандии (60-70°с.ш.). В качестве возможного вектора расселения фораминифер могут выступать перелетные птицы.

*Ключевые слова:* приливо-отливные отмели, илистая литораль, живые фораминиферы, Диксонфьорд, Шпицберген

Илисто-песчаная литораль - редкое и относительно молодое геологическое образование на побережьях высокой Арктики. Во время максимума последнего оледенения 26-19 тыс. лет назад [1] весь Шпицберген и прилегающий шельф были покрыты ледниковым щитом [2]. Выводные ледники выпахивали мягкие отложения [2, 3]. Примерно 13–11 тысяч лет назад выводные ледники отступили к вершинам фьордов и на сушу [3, 4], сделав возможным формирование заиленных приливо-отливных отмелей в куту фьордов. В субарктических и умеренных широтах илисто-песчаная литораль населена мейобентосными одноклеточными организмами, обладающими раковинкой - фораминиферами. Сообщества ископаемых литоральных фораминифер являются удобным инструментом для реконструкции уровня моря в голоцене [5]. Вопрос о существовании сообществ фораминифер на побережья высокой Арктике оставался открытым отчасти из-за труднодоступности этих побережий, отчасти – из-за отсутствия приливо-отливных отмелей с мягким грунтом. Из-за ледового выпахивания литораль высокой Арктики почти лишена заиленных участков [6]. Таковые формируются редко - как правило, в

защищенном от прибоя куту залива, где впадает река [7]. Обширная илистая литоральная отмель существует в куту Диксонфьорда. Это отрог Исфьорда (Западный Шпицберген). Во фьорде нет ледника, но в кут впадает река с ледниковым питанием. Мы предприняли попытку выяснить способны ли фораминиферы населять литораль высоких широт, и, если да, охарактеризовать видовой состав сообщества и предложить пути заселения этого биотопа фораминиферами. Материалом послужили пробы литорального грунта из Диксонфьорда. Пробы объемом 20 см<sup>3</sup> (верхний 1 см грунта с площади 20 см<sup>2</sup>) были собраны по трансекте из 7 станций в трех повторностях с шагом в 250 м от уреза воды во время отлива до верхней границы прилива в июле 2016 года. Грунт фиксирован в 70%-этаноле с красителем Бенгальским розовым (2 г/л) для разделения живых и мертвых фораминифер. Численность фораминифер размером 0.125-0.5 мм пересчитывали на 10 см<sup>3</sup>. Литоральную фауну мы сравнили с фауной из бассейна того же фьорда. Для сравнения использовали пробы, собранные при помощи бокс-корера 50x50 см в 2005 года на трех станциях в ковше Диксонфьорда.

На побережье Диксонфьорда мы обнаружили 5 видов фораминифер с известковой стенкой раковины: *Elphidium albiumbilicatum*, *Elphidium williamsoni*, *Elphidium clavatum*, *Elphidium incertum* и *Buccella frigida*, из них два последних вида были представлены только пустыми раковинами. Форм с агглютинированной или органической раковинной встречено не было. Численность фораминифер на литорали была крайне низкой (0-12 экз./10см<sup>3</sup> для живых (окрашенных) фораминифер и 0-17 экз./10см<sup>3</sup> – для мертвых (неокрашенных) раковин). В бассейне фьорда было обнаружено 42 вида живых (окрашенных) фораминифер, включая формы с известковой, агглютинированной и органической раковинной. Общим видом для литорали и бассейна Диксонфьорда был *E. clavatum*, численность которого в бассейне фьорда составила 17-51 экз./10см<sup>3</sup>. Вероятно, популяция этого вида является смешанной, а литоральное сообщество может пополняться особями *E. clavatum* из более глубоких районов фьорда. Аналогичная картина была показана ранее для литорального макро- и мейобентоса Шпицбергена, сообщества которого оказались фьорд-специфичными, пополнение сообществ на побережье осуществляется за счет пула видов в прилегающей акватории фьорда, а само сообщество является эфемерным и сезонным [8]. Два других литоральных вида

фораминифер, *E. albiumbilicatum* и *E. williamsoni*, отсутствуют в бассейне Диксонфьорда, а также крайне редки или отсутствуют в других фьордах Шпицбергена [9]. Присутствие двух последних видов делает сообщество илистой литорали Диксонфьорда непохожим на другие. Таким образом, мы можем говорить о независимом сообществе на побережье, не являющимся обедненной версией фауны фьорда.

Приливно-отливная отмель – это динамичная среда обитания. Агглютинированные виды не способны к активному перемещению в толще грунта [10]. Сообщество илистой литорали представлено известковыми видами с вторичными устьями и/или большими межкамерными пространствами, где залегает большой объем цитоплазмы, что позволяет им быстро задействовать псевдоподии [11]. В умеренных широтах это виды родов *Ammonia*, *Haynesina* и *Elphidium* [12], способные к активному перемещению в грунте [10]. При продвижении на север, в Скандинавии, представители рода *Elphidium* остаются единственными, способными существовать в приливно-отливной среде обитания [12]. В северной Скандинавии и к востоку от нее, в Белом море (60–70°с.ш.), в литоральной фауне роталиид остаются только *E. williamsoni*, *E. albiumbilicatum* и *E. clavatum* [13, 14]. Именно такой комплекс видов мы нашли на побережье Диксонфьорда (78°с.ш.). Таким образом, таксономически фораминиферы илистой отмели в Диксонфьорде представляют собой роталидное подмножество литоральной фауны фораминифер северной Фенноскандии.

Сходство фаун, а также время формирования самих отмелей свидетельствует в пользу того, что фораминиферы прибыли из северной Европы и заселяли побережье Шпицбергена в течение голоцена. Принципиально, расселение фораминифер возможно тремя путями. Первый способ – расселение посредством водной среды на большие расстояния и освоение удаленных местообитаний при помощи пропагул, ранних стадий развития фораминифер [15]. Второй путь расселения – на лапах перелетных птиц. Считается, что взрослые фораминиферы или молодые особи переносятся в прилипающих к лапам птиц скоплениям литорального грунта [16]. Именно так, вероятнее всего, живые фораминиферы попадают в удаленные от моря соленые озера в глубине материков [16]. В сезон размножения на Шпицберген стекаются огромные популяции птиц, при этом основной путь миграции

проходит вдоль побережья Норвегии, а затем через о. Медвежий. Так, красноногий гусь зимует вокруг Северного моря, а летом размножается в Диксонфьорде [17]. Таким образом, птицы могут заносить литоральных фораминифер из Северной Европы. Распространение послеледниковой литоральной фауны фораминифер возможно и при помощи судов – как через балластные воды современных судов [18], так и в щелях корпусов деревянных судов охотников с побережья северной Европы и Белого моря, посещавших Шпицберген с XII-XVII веков [19]. Фораминиферовый анализ выполнен при поддержке гранта РФФ 21-17-00235.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Clark P.U., Dyke A.S., Shakun J.D., Carlson A.E., Clark J., Wohlfarth B., Mitrovica J.X., Hostetler S.W., McCabe A.M. The last glacial maximum // *Science*. 2009. V. 325. P. 710–714.
2. Landvik J.Y., Bondevik S., Elverhøi A., Fjeldskaar W., Mangerud J., Siegert M.J., Salvigsen O., Svendsen J.-I., Vorren T.O. The last glacial maximum of Svalbard and the Barents Sea area: ice sheet extent and configuration // *Quaternary Science Review*. 1998. V. 17. P. 43–75.
3. Mangerud J., Bolstad M., Elgersma A., Helliksen D., Landvik J.Y., Lønne I., Lycke A.K., Salvigsen O., Sandahl T., Svendsen J.I. The last glacial maximum on Spitsbergen, Svalbard // *Quaternary Research*. 1992. V. 38. P.1–31.
4. Forman S.L. Post-glacial relative sea-level history of northwestern Spitsbergen, Svalbard // *Geological Society of America Bulletin*. 1990. V. 102. P.1580–1590.
5. Scott D.B., Medioli F.S. Quantitative studies of marsh foraminiferal distributions in Nova Scotia: Implications for sea-level studies // *Cushman Foundation for Foraminiferal Research. Special Publication*. 1980. V. 17. P. 1–57.
6. Dionne J.D. Characteristic features of modern tidal flats in cold regions // *Tide-influenced environments and facies*. Reidel Publishing Company, Dordrecht. 1988. P. 301–332.
7. Zajączkowski M., Włodarska-Kowalczyk M. Dynamic sedimentary environments of an Arctic glacier-fed river estuary (Adventfjorden, Svalbard). I. Flux, deposition, and sediment dynamics // *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2007. V. 74. No 1-2. P. 285-296.
8. Węśławskii J.M., Szymelfenig M. Community composition of tidal flats on Spitsbergen: consequence of disturbance? // *Biogeochemical cycling and sediment ecology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 1999. P. 185–193.
9. Hald M., Korsun S. Distribution of modern benthic foraminifera from fjords of Svalbard, European Arctic // *Journal of Foraminiferal Research*. 1997. V. 27. P. 101–122.
10. Deldicq N., Seuront L., Langlet D., Bouchet V. Assessing behavioural traits of benthic foraminifera: implications for sediment mixing // *Marine Ecology Progress Series*. 2020. V. 643. P. 21–31.
11. Kitazato H. Locomotion of some benthic foraminifera in and on sediments // *Journal of Foraminiferal Research*. 1988. V. 18. P. 344–349.
12. Murray J.W. Ecology and applications of benthic foraminifera. Cambridge University Press, 2006. 440 p.
13. Corner G.D., Steinsund P.I., Aspeli R. Distribution of recent benthic foraminifera in a subarctic fjord-delta: Tana, Norway // *Marine Geology*. 1996. V. 134. P.113–125.
14. Korsun S., Hald M., Golikova E., Yudina A., Kuznetsov I., Mikhailov D., Knyazeva O. Intertidal foraminiferal fauna and the distribution of Elphidiidae at Chupa Inlet, western White Sea // *Marine Biology Research*. 2014. V. 10. P.153–166.

15. Alve E., Goldstein S. T. Propagule transport as a key method of dispersal in benthic foraminifera (Protista) // *Limnology and Oceanography*. 2003. V. 48. No 6. P. 2163-2170.
16. Holzmann M., Pawlowski J. A note on the phylogenetic position of *Entzia macrescens* (Brady) // *Proceedings of the Ninth International Workshop on Agglutinated Foraminifera*. Grzybowski Foundation Special Publication. 2017. V. 22. P. 75–79.
17. Glahder C.M., Fox A.D., Hübner C.E., Madsen J., Tombre I.M. Prenesting site use of satellite transmitter tagged Svalbard Pink-footed geese *Anser brachyrhynchus* // *Ardea*. 2006. V. 94. P. 679–690.
18. Pawlowski J., Holzmann M. Diversity and geographic distribution of benthic foraminifera: a molecular perspective // *Biodiversity and Conservation*. 2008. V. 17. P. 317–328.
19. Chochorowski J. Archeology in the investigation of the history of human activity in the region of Spitsbergen // *Polish Polar Research*. 1991. V. 12. P. 391–406.

#### S u m m a r y.

This is the first account of intertidal foraminifera of Spitsbergen. The tidal mudflat was inhabited by a distinct assemblage of three rotallids species (*Elphidium albiumbilicatum*, *E. williamsoni*, and *E. clavatum*). The Dicksonfjord mudflat fauna is the rotaliid subset of the fauna of the northern Fennoscandia tidal flats.

## СОДЕРЖАНИЕ АЗОТА И ФОСФОРА В ВЫБРОСАХ МАКРОФИТОБЕНТОСА НА РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ ЮГО- ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Ю.А. Горбунова, С.В. Александров

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, julia\_gorbunova@mail.ru*

## NITROGEN AND PHOSPHORUS CONTENT IN THE CAST OF MACROPHYTOBENTHOS ON THE RUSSIAN PART OF THE SOUTH- EASTERN COAST OF THE BALTIC SEA

J.A. Gorbunova, S.V. Aleksandrov

*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow*

#### Аннотация.

Перенос биогенных веществ (азота и фосфора) в прибрежной экосистеме Балтийского моря с выбросами макрофитобентоса особенно актуален в условиях эвтрофикации морских вод под действием природных и антропогенных фактором. В результате натурных наблюдений и лабораторного анализа проб выбросов макрофитобентоса выявлены особенности его распределения и содержания биогенных веществ (азота и фосфора) на побережье Балтийского моря в пределах Калининградской области. Основные объемы выбросов через 1-22 дня смывалась обратно в море, тем самым усиливая эвтрофикацию локальных участков прибрежных вод, а небольшая часть материала под воздействием ветроволновых факторов могла перемещаться вглубь побережья в зону растительности пляжа и дюн.

*Ключевые слова: выбросы макрофитобентоса, биогенные вещества, прибрежная зона, Балтийское море.*

Выброс на побережье макрофитобентоса является естественным природным процессом, присущим калининградскому побережью Балтийского моря. Его