

ISSN 2410-8677

ФГБУ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК "КУРШСКАЯ КОСА"»

ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ И ОХРАНЫ
ПРИРОДНОГО И КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА
«КУРШСКАЯ КОСА»

Сборник научных статей

Выпуск 18

Полиграфический центр
Балтийского федерального университета им. Иммануила Канта
2023

УДК 502.4(407.26)
ББК 28.088л64(2Рос-4К2г)
П78

Редколлегия

А. А. Калина, директор

Ю. А. Майорова, заместитель директора по научной деятельности
И. П. Жуковская, старший научный сотрудник

П78 Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса» : сборник научных статей. Вып. 18 / сост. И. П. Жуковская. — Калининград : Полиграфический центр БФУ им. И. Канта, 2023. — 250 с.

В сборнике представлены статьи по итогам исследований, проведенных на территории национального парка «Куршская коса» и прилегающих акваториях Балтийского моря и Куршского залива в период с 2020 по 2023 г., включая статьи, подготовленные по итогам научной конференции «Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия ООПТ Калининградской области», проведенной национальным парком «Куршская коса» совместно с Балтийским федеральным университетом им. И. Канта.

Адресован специалистам в области изучения природного и культурного наследия ООПТ.

УДК 502.4(407.26)
ББК 28.088л64(2Рос-4К2г)

© ФГБУ «Национальный парк
"Куршская коса"», 2023

ISSN 2410-8677

PROCEEDINGS OF THE NATIONAL PARK «KURSHSKAYA KOSA»

PROBLEMS OF EXPLORE AND CONSERVATION
NATURAL AND CULTURAL HERITAGE
OF THE NATIONAL PARK «KURSHSKAYA KOSA»

Collection of scientific articles

Issue 18

Printing Centre
of the Immanuel Kant Baltic Federal University
2023

UDK 502.4(407.26)
BBK 28.088л64(2Рoc-4К2г)

Editorial board

A. Kalina, Director
Ju. Maiorova, Deputy Director for Science
I. Zhukovskaya, Senior research officer

Problems of explore and conservation natural and cultural heritage of the National park «Kurshskaya kosa» : Collection of scientific articles. Iss. 18 / Compiler I. Zhukovskaya. IK BFU Printing Centre, Kaliningrad, RF, 2023. 250 p.

The book is a collection of articles based on the results of research carried out in the National Park «Kurshskaya kosa» (Curonian Spit), Russia, and in adjacent waters of the Baltic Sea and Curonian Lagoon over the period 2020—2023, including reports presented at the scientific conference “Problems of studying and protecting the natural and cultural heritage of protected areas of the Kaliningrad region”, held by the National Park «Kurshskaya kosa» together with the Immanuel Kant Baltic Federal University.

It is addressed to specialists in the field of research of natural and cultural heritage of the protected areas.

UDK 502.4(407.26)
BBK 28.088л64(2Рoc-4К2г)

© FSBI «National Park
"Kurshskaya kosa"», 2023

Национальный парк «Куршская коса» — это особо охраняемая природная территория федерального значения. Ведение научно-исследовательской деятельности и осуществление государственного экологического мониторинга на особо охраняемой природной территории и ее охранных зонах — одна из важнейших задач.

Научно-исследовательская деятельность в национальном парке Куршская коса направлена на изучение естественного хода процессов и явлений, многолетней динамики экосистем национального парка «Куршская коса» и сопредельных территорий под воздействием природных и антропогенных факторов с целью оценки, прогноза, разработки научных основ охраны природы, сохранения биологического разнообразия, природных и историко-культурных комплексов и объектов в условиях рекреационного использования.

В сборнике представлены результаты научных исследований, проведенных на территории национального парка «Куршская коса» и сопредельных территориях в период 2020—2023 гг. как сотрудниками научного отдела национального парка «Куршская коса», так и сторонними специалистами, включая сотрудников АО ИО РАН, Атлант НИРО, БФУ им. И. Канта и КГТУ.

*Научный отдел
национального парка «Куршская коса»*

Раздел 1

ИССЛЕДОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ КУРШСКОЙ КОСЫ

УДК 582.688.3(470.26)

И. Ю. Губарева

Национальный парк «Куршская коса»
Балтийский федеральный университет им. И. Канта

Видовое разнообразие порядка *Ericales* – Верескоцветные национального парка «Куршская коса»

Для российской части Куршской косы (Калининградская область) впервые составлен конспект порядка *Ericales*. Порядок представлен 5 семействами, 14 родами и 23 видами. Из них в культуре встречаются только семь видов. Данные о встречаемости двух дикорастущих видов (*Erica tetralix* L. и *Pyrola media* Sw.) на косе требуют дополнительного подтверждения. Из выявленных растений один вид (*Chimaphila umbellata* (L.) W. Barton) занесен в Красную книгу Калининградской области со статусом «находящийся в области под угрозой исчезновения», а четыре включены в Списки видов, нуждающихся в особом внимании и контроле.

For the Russian part of the Curonian Spit (Kaliningrad region), for the first time, an outline of the *Ericales* order was compiled. The order is represented by 5 families, 14 genera and 23 species. Of these, only seven species are found in cultivation. Data on the occurrence of two wild species (*Erica tetralix* L. and *Pyrola media* Sw.) on the spit require additional confirmation. Of the identified plants, one species (*Chimaphila umbellata* (L.)

W. Barton) is listed in the Red Data Book of the Kaliningrad region with the status of "endangered", and four are included in the Lists of species in need of special attention and control.

Ключевые слова: *Ericales*, Куршская коса, национальный парк, конспект, *Actinidiaceae* Hutch., *Empetraceae* S.F. Gray, *Ericaceae* Juss., *Monotropaceae* Nutt., *Pyrolaceae* Dumort., жизненная форма, встречаемость, места обитания, редкие виды.

Key words: *Ericales*, Curonian Spit, national park, synopsis, *Actinidiaceae* Hutch., *Empetraceae* S.F. Gray, *Ericaceae* Juss., *Monotropaceae* Nutt., *Pyrolaceae* Dumort., habitats of species, occurrence; habitats, rare species.

По итогам флористических исследований последних лет национального парка «Куршская коса» (НП КК) составлен конспект порядка *Ericales*. Структура конспекта повторяет аналогичную, представленную во многих предыдущих статьях ежегодного научного издания серии «Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса», в которых характеризуется видовое разнообразие отдельных таксономических групп (порядков, семейств, родов) флоры ООПТ. При составлении конспекта учитывались многолетние (1995—2022) наблюдения автора, устные сообщения других исследователей и обзор литературных источников (1903—2021) [1—3; 7; 8; 11—12; 14—16].

Латинские названия видов даны с учетом таксономической обработки, представленной во «Флоре Европейской части СССР» [10], «Конспекте флоры Восточной Европы» [9] и «Определителе сосудистых растений Северо-Западной России» [13]. Для некоторых видов в скобках указываются наиболее распространенные синонимы. Роды и виды в семействах расположены в алфавитном порядке, нумерация приведена только для дикорастущих растений.

Иллюстрации выполнены автором (не отмечено в описании), а также Г. Ю. Конечной и А. П. Ковальчуком. За помощь в иллюстрировании конспекта выражаем им искреннюю благодарность.

Сокращения и обозначения, в том числе также для статьи на с. 22—32:

аз. — азиатский	пищ. — пищевой
ам. — американский	пос. — поселок
аркт. — арктический	псам. — псаммофит
афр. — африканский	прибр. — прибрежный
бол. — болотный	с. — северный
бор. — бореальный	сиб. — сибирский
в. — восток, восточный	ср. — средний, среднее
ДВ — дальневосточный	умер. — умеренный
декор. — декоративный	ц. — центральный
евр. — европейский	циркумбор. — циркумбореальный
евраз. — евроазиатский	субциркумбор. — субциркумбореальный
з. — запад, западный	ю. — юг, южный
ЗЛН — участковое лесничество «Зеленоградское»	яп. — японский
ЗД — участковое лесничество «Золотые дюны»	▼ — интродуценты
интр. — интродуцент	► — заносные или натурализовавшиеся из культуры
кавк. — кавказский	
кв. — квартал	
кит. — китайский	* — редко встречающийся (в том числе охраняемый) или новый для территории вид
культ. — культивируемый, в культуре	
лек. — лекарственный	! — виды, требующие внимания из списка Красной книги Калининградской области (2010)
лесн. — лесной	? — данные о встречаемости вида требуют дополнительных подтверждений
луг. — луговой	
малоаз. — малоазиатский	
медон. — медоносный	
оз. — озеро	
опуш. — опушенный	

**Конспект семейств порядка Верескоцветные (*Ericales*)
национального парка «Куршская коса»**

Семейство *Actinidiaceae* Hutch. — Актинидиевые

▼ *Actinidia arguta* (Sieb. et Zucc.) Miq. — **Актинидия острая**
Хамефит (древесная лиана). V—VI. Отмечалась дважды на территории поселков Лесной и Морское как пищевая и декоративная культура. — Интр., ДВ., с.-в. Корея, Яп.-Кит; умер. — Декор., пищ.

Семейство *Empetraceae* S. F. Gray — Водяниковые (Шикшевые)

1. *Empetrum nigrum* L. — Водяника черная (рис. 1)*.

Хамефит (зимне-зеленый кустарничек). IV—V. Часто. Встречается на верховом болоте Свиное в корневой части косы. Небольшие куртины отмечаются в старовозрастных сосняках-луговиковых и зеленомошных. В том числе две наиболее крупные ценопопуляции установлены: в 75 кв. ЗД и на границе квартальной просеки 52/55 кв. ЗД (в сосняке-зеленомошнике западнее оз. Чайка). — Бол. —лесн.; евр.-з.аз., умер. — Декор.

Семейство *Ericaceae* Juss. — Эриковые (Вересковые)

1. *Andromeda polifolia* L. — Подбел многолистный (рис. 2)

Хамефит, вечнозеленый кустарничек. V—VI. Редко. Обитает только в корневой части косы на болоте Свиное. — Бол.; циркумбор., аркт.-умер. — Лек., декор.

2. *Calluna vulgaris* (L.) Hull. — Вереск обыкновенный (рис. 3)

Хамефит, вечнозеленый кустарничек. VII—VIII. Рассеянно. Более крупные ценопопуляции располагаются в корневой части косы, в том числе в старовозрастных сосняках и на верховом болоте. Другие, небольшие ценопопуляции, найдены на

* Здесь и далее иллюстрации см. на с. 15—20.

северной окраине российской части Куршской косы по опушкам сосняков. — Опуш.-бор.; с.в.ам.-евр.-з.аз., аркт.-умер. — Лек., медон., декор.

▼ *Erica carnea* L. — **Эрика румяная** (рис. 4)

Хамефит. V—VI. Сорта вида изредка встречаются на территории поселков в озеленении как декоративная культура. — Интр., ц. и ю.-евр., ю.умер. — Декор.

? * *E. tetralix* L. — **Эрика крестolistная** (рис. 5)

Хамефит, вечнозеленый кустарничек. VI—VIII. Указывался на косе в 1943 году [11; 14], а последние находки известны из устных сообщений Г.Г. Кученовой (1983). Позднее вид обнаружен не был, поэтому в Красной книге Калининградской области обозначен как «утраченный для территории НП». Хотя ценопопуляция считается исчезнувшей [4; 7; 11], условия для ее существования на косе имеются.

Вид внесен в «Красную книгу Калининградской области» с категорией «1» (вид, находящийся в области под угрозой исчезновения) [7].

3. *Ledum palustre* L. — **Багульник болотный** (рис. 6)

Хамефит, вечнозеленый кустарник. V—VI. Часто. Самые большие по площади ценопопуляции наблюдаются в корневой части косы на верховом болоте и по его окраине, также по торфяникам на опушках сосняков. Еще одно небольшое место обитания отмечено севернее пос. Рыбачий в 37 кв. ЗД (участок заболоченного ольхового и березового леса в междюнном понижении). — Бол.-лес.; евраз., умер. — Лек., декор., медон.

! 4. *Oxycoccus microcarpus* Turch. ex Rupr. — **Клюква мелкоплодная**

Хамефит (вечнозеленый стелющийся полукустарничек). V—VI. Очень редко. Первые упоминания о распространении вида на косе относятся к 1894 г. [11; 14; 16], где он встречался на верховом болоте в корневой части косы. Единичные находки в том же месте, известные из устных сообщений, относятся к концу XX века. — Бол.; с. и в. евр.-аз., аркт.-умер. — Пищ., лек.

Вид внесен в «Список видов, не включенных в Красную книгу Калининградской области, но нуждающихся в особом внимании и контроле» [8].

5. *O. palustris* Pers. — К. болотная (рис. 7)

Хамефит (вечнозеленый стелющийся полукустарничек). V—VI. Редко. Обитает только на верховом болоте в корневой части косы. Численность вида сокращается из-за изменения гидрологического режима и зарастания болота вереском и багульником. — Бол.; циркумбор., аркт.-умер. — Пищ., лек.

▼ ***Rhododendron catawbiense* Michx. — Рододендрон кэтевбинский**

Хамефит. V—VI. Сорта вида изредка встречаются на территории поселков в озеленении как декоративная культура. — Интр., с.ам.; умер. — Декор., медон.

▼ ***R. x hybridum* — Р. гибридный (рис. 8)**

Хамефит. V—VI. Сорта вида отмечаются на территории поселков в озеленении как декоративная культура. — Интр., возник в культуре. — Декор., медон.

▼ ***R. luteum* Sweet. — Р. желтый**

Хамефит. V—VI. Сорта вида изредка встречаются на территории поселков в озеленении как декоративная культура. — Интр., ю. евр.; умер. — Декор., медон.

▼ ***R. japonicum* (A. Gray) Suringar — Р. японский (рис. 9)**

Хамефит. V—VI. Сорта вида встречаются на территории поселков в озеленении как декоративная культура. — Интр., ю.-в.аз.; умер. — Декор., медон.

▼ ***Vaccinium corymbosum* L. — Голубика высокая**

Хамефит. V—VI. Редко. Сорта вида выращивают на территории поселков как пищевую культуру. Первые достоверные сведения о культуре в пос. Рыбачий известны с начала XXI века. — Интр. с.ам.; умер. — Пищ.

6. *V. myrtillus* L. — Черника обыкновенная (рис. 10)

Хамефит (кустарничек с зимне-зелеными побегами). (IV) V—VI. Обычно. Обитает в хвойных лесах и по окраине болот. Вид наиболее распространен в корневой части косы на торфя-

нистых почвах и в старовозрастных лесах. В данных сообществах может быть определен как аспектирующий вид. — Бол.-лес.; с.ам.-евр.-сиб., аркт.-умер. — Пищ., лек., декор.

7. *V. uliginosum* L. — Ч. болотная, голубика (рис. 11)

Хамефит (кустарник до 1,2 м высотой). V—VI. Часто. В болотистых лесах корневой части косы, в том числе на болоте Свиное. — Бол. — С. лесн.; субциркумбор., аркт.-умер. — Пищ., лек.

8. *V. vitis-idaea* L. [*Rhodococcum vitis-idaea* (L.) Avroг.] — Брусника (рис. 12)

Хамефит (вечнозеленый кустарничек). V—VI. Часто. Прорастает в хвойных и смешанных лесах с примесью березы, на верховом болоте в корневой части косы. — Опуш.-с.лесн.; циркумбор., аркт.-умер. — Пищ., лек.

Семейство *Monotropaceae* Nutt. — Верляницевые

1. *Hypopitys monotropa* Crantz. [*Monotropa hypopitys* L.] — Подельник обыкновенный (рис. 13)

Гемикриптофит (сапротрофный микотрофный многолетник, лишенный хлорофилла). VII—VIII. Рассеянно. Обитает в сосняках луговиковых и зеленомошных, реже — в сосново-еловых лесах корневой части косы. Встречается небольшими группами (3—5 растений) или единично. — Лесн.; циркумбор., умер.

Семейство *Pyrolaceae* Dumort. — Грушанковые

*** 1. *Chimaphila umbellata* (L.) W. Barton — Зимюлька зонтичная** (рис. 14)

Хамефит (невысокий зимне-зеленый полукустарничек). VI—VIII. Редко. Распространен в старовозрастных сосняках-зеленомошниках. Образует клоны за счет разрастающихся в лесной подстилке вегетативных побегов. Наиболее крупные ценопопуляции выявлены в 75 кв. ЗД. Они могут составлять от 3 до 10 м². — С. лесн; субциркумбор.; умер. — Лек., декор.

Вид внесен в Красную книгу Калининградской области с категорией «1» — «находящийся в области под угрозой исчезновения» [2].

! 2. *Moneses uniflora* (L.) A.Gray — Одноцветка крупноцветковая (рис. 15)

Гемикриптофит. V—VI. Рассеянно. Встречается в мелко-травных мшистых сосняках и сосняках мертвопокровных по всей территории косы. Ценопопуляции представлены численностью 1—5 экземпляров. — С. лесн.; циркумбор., аркт.-умер. — Декор.

Внесена в «Список видов, не включенных в Красную книгу Калининградской области, но нуждающихся в особом внимании и контроле» [8].

3. *Orthilia secunda* (L.) House [*Ramischia secunda* (L.) Garcke] — **Ортилия однобокая** (рис. 16)

Гемикриптофит. VI—VII. Рассеянно. Обитает в сосняках-зеленомошниках, по опушкам, реже — в сосняках с примесью березы (в том числе в пониженных частях рельефа). — С. лесн.; циркумбор., аркт.-умер. — Декор.

! 4. *Pyrola chlorantha* Sw. [*P. virescens* auct.] — Грушанка зеленоватая (Г. зеленоцветковая) (рис. 17)

Гемикриптофит. VI—VII. Редко. Произрастает в старовозрастных сосняках-зеленомошниках или сосняках-луговиковых, реже — в смешанных лесах и по опушкам. — С. лесн.; циркумбор., умер.

Внесена в «Список видов, не включенных в Красную книгу Калининградской области, но нуждающихся в особом внимании и контроле» [8].

? *P. media* Sw. — Г. средняя (рис. 18)

Гемикриптофит. VI—VII. На косе известна только по литературным данным. Указывалась в конспекте флоры 1903 года в сосняке у пос. Рыбачий (Rossitten) [14].

5. *P. minor* L. — Г. малая (рис. 19)

Гемикриптофит. (V) VI—VII. Рассеянно. Встречается в сосняках-зеленомошниках, но также предпочитает небольшие затененные междюнные понижения с сосной и ивой, прикры-

тые склонами северо-западной экспозиции, и хорошо увлажненные сосновые леса с примесью березы. — Опуш. — С. лесн.; циркумбор., аркт.-умер. — Декор.

! 6. *P. rotundifolia* L. — Г. круглолистная (рис. 20)

Гемикриптофит. VI—VII. Очень редко. Известен один гербарный образец без указания коллектора (KLGU). Сборы выполнены в сосняке-зеленомошнике 83 кв. ЗД, 1983 г. — С. лесн.; евр.-з.аз., умер. — Декор.

Внесена в «Список видов, не включенных в Красную книгу Калининградской области, но нуждающихся в особом внимании и контроле» [8].

Заключение

Порядок *Ericales* в НП «Куршская коса» представлен пятью семействами, из которых одно состоит исключительно из культивируемого растения актинидии острой. Всего отмечено 25 дикорастущих видов, включая два, встречаемость которых в последнее время требует уточнений, так как их последние находки отмечались более сорока лет назад. Семейства включают 15 родов, из которых 3 встречаются только в культуре (*Actinidia*, *Erica* и *Rhododendron*).

Среди 23 дикорастущих видов обнаружены редкие, занесенные в Красную книгу Калининградской области [2; 3; 4—7], в том числе: *Ch. umbellata* (1-я категория редкости) и четыре растения — из «Списка видов, нуждающихся в особом внимании и контроле» [8] (*Ox. microcarpus*; *M. uniflora*; *Pyrola chlorantha*; *P. rotundifolia*).

На момент подведения окончательных итогов исследований в 2022 г. два вида обнаружены не были. Из них: *E. tetralix* L. (последние находки относятся к 1943г.) и *P. media* (известна только по гербарию KLGU в 1983 г.).

Среди установленных видов преобладают вечнозеленые кустарники, кустарнички и гемикриптофиты. Кроме того, выявлен сапротрофный, лишенный хлорофилла многолетник *Hypopitys monotropha*.

Самыми обычными видами, которые в отдельных случаях можно считать аспектирующими, являются: черника, брусника, голубика, вереск и багульник.

По зональной приуроченности в рассмотренных семействах преобладают представители болотно-лесной и опушечно-лесной группы с широким ареалом, в том числе субциркумбореальными и циркумбореальными.

Культивируемые на косе интродуценты из данного порядка являются видами, не в полной мере адаптировавшимися к условиям произрастания. Самостоятельного семенного или вегетативного размножения у них не отмечено и угрозу инвазии они не представляют.

В статье представлены результаты НИР, выполненной в рамках Государственного задания национального парка «Курильская коса».



Рис. 1. *Empetrum nigrum* L. —
Водяника черная



Рис. 2. *Andromeda polifolia* L. —
Подбел многолистный
(фото Г. Ю. Конечной)



Рис. 3. *Calluna vulgaris* (L.)
Hull. — Вереск обыкновенный



Рис. 4. *Erica carnea* L. —
Эрика румяная



Рис. 5. *E. tetralix* L. —
Эрика крестовидная
(фото А. П. Ковальчука)



Рис. 6. *Ledum palustre* L. —
Багульник болотный



Рис. 7. *Oxycoccus palustris* Pers. —
Клюква болотная



Рис. 8. *Rhododendron* x
hybridum — Рододендрон
гибридный



Рис. 9. *Rh. japonicum* (A. Gray)
Suringar — Р. японский



Рис. 10. *Vaccinium*
myrtillus L. — Черника
обыкновенная



Рис. 11. *Vaccinium uliginosum* L. —
Черника болотная, голубика



Рис. 12. *V. vitis-idaea* L. —
Брусника



Рис. 13. *Hymenophyllum monstrosa*
Crantz. — Поддельник
обыкновенный



Рис. 14. *Chimaphila umbellata* (L.) W. Barton —
Зимолюбка зонтичная



Рис. 15. *Moneses uniflora* (L.)
A. Gray — Одноцветка
крупноцветковая



Рис. 16. *Orthilia secunda* (L.)
House — Ортилия однобокая



Рис. 17. *Pyrola chlorantha* Sw. —
Грушанка зеленоватая
(фото Г. Ю. Конечной)



Рис. 18. *P. media* Sw. —
Г. средняя
(фото Г. Ю. Конечной)



Рис. 19. *Pyrola minor* L. —
Грушанка малая
(фото Г. Ю. Конечной)



Рис. 20. *P. rotundifolia* L. —
Г. круглолистная
(фото Г. Ю. Конечной)

Список литературы

1. Губарева И. Ю. Ботанические объекты // Особо ценные природные и культурные объекты национального парка «Куршская коса»: сб. науч. ст. / сост. О. В. Рыльков, И. П. Жуковская. Калининград : Изд-во РГУ им. И. Канта, 2009. С. 9—36.

2. Губарева И. Ю. Зимолубка зонтичная — *Chimaphila umbellata* (L.) W. Barton // Красная книга Калининградской области / под ред. В. П. Дедкова, Г. В. Гришанова. Калининград : Изд-во РГУ им. И. Канта, 2010. С. 190.

3. Губарева И. Ю. Грушанка средняя — *Pyrola media* Sw. // Там же. С. 191.

4. Губарева И. Ю. Редкие и охраняемые растения национального парка «Куршская коса» // Труды XIII съезда Русского ботанического общества. Тольятти : Кассандра, 2013. Т. 3. С. 14—15. URL: <http://www.tgl.ru/news/item/1071-v-tolyatti-nachal-rabotu-xiii-sezd-russkogo-botanicheskogo-obschestva/>

5. Губарева И. Ю. Редкие виды растений Красной книги России в естественных фитоценозах НП «Куршская коса» // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса» : сб. науч. ст. Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2016. Вып. 12. С. 14—34.

6. Губарева И. Ю. Редкие и охраняемые виды растений в лесных фитоценозах НП «Куршская коса» // Сб. ст. всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием «Научные исследования в заповедниках и национальных парках России», посвященной 25-летию юбилею НП «Водлозерский». Петрозаводск, 29 августа — 4 сентября 2016 г. Петрозаводск, 2016. С. 62.

7. Губарева И. Ю. Редкие и охраняемые виды флоры национального парка «Куршская коса». Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2017. URL: <https://elabrary.ru/item.asp?id=28850525>

8. Губарева И. Ю., Соколов А. А. Список таксонов, не включенных в Красную книгу Калининградской области, нуждающихся в особом внимании. Растения // Красная книга Калининградской области / под ред. В. П. Дедкова, Г. В. Гришанова. Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2010. С. 296—299.

9. Крестовская Т. В., Шиванова В. В., Горбунов А. Б., Курлович Т. В., Цвелёв Н. Н. Семейства *Actinidiaceae* Hutch. — *Empetraceae* Juss. // Конспект флоры Восточной Европы / под ред. Н. Н. Цвелёва. М. ; СПб. : Товарищество научных изданий КМК, 2015. Т. 1. С. 452—463.

10. Смолянинова Л. А., Виноградова В. М., Скворцов А. К. Порядок *Ericales* — Верескоцветные // Флора Европейской части СССР / под ред. А. А. Федорова. Л. : Наука, 1981. Т. 5. С. 37—58.

11. Соколов А. А. Приложение 2. Конспект редких видов сосудистых растений Калининградской области. Сем. *Ericaceae* Juss. — Вересковые; Сем. *Pyrolaceae* Dumort. — Грушанковые // Редкие сосудистые растения Калининградской области и их охрана : дис. ... канд. биол. наук. Калининград, 2000. С. 182—183, 199—200.

12. Флора и растительность Калининградской области (редкие и исчезающие виды растений) / под ред. Г. Г. Кученовой. Калининград : Изд-во КГУ, 1983.

13. Цвелёв Н. Н. Семейства *Ericaceae* Juss. — *Empetraceae* Juss. // Определитель сосудистых растений Северо-Западной России. СПб. : Изд-во СПХФА, 2000. С. 358—363.

14. *Abromeit J., Jentzsch A., Vogel G.* Fam. *Vcciniacen — Pirola-cen* // Flora von Ost- und Westpreussen. Berlin, 1903. S. 518—539.

15. *Dolnik C.* Ein Beitrag zur Erfassung der botanischen Artenvielfalt unter besonderer Berücksichtigung der Flechten und Moose am Beispiel des Nationalparks Kurische Nehrung (Russland)/Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg (A. G. Floristik ... 1922). Herausgegeben von K. Dierßen. Heft 62. Kiel, 2003. S. 183.

16. *Steffen H.* Flora von Ostpreussen. Grafe und unzer/verlag. Königsberg (PR), 1940. S. 222—223.

УДК 582.711.712 (470.26)

И. Ю. Губарева

Национальный парк «Куршская коса»
Балтийский федеральный университет им. И. Канта

Видовое разнообразие рода *Rosa* L. (Роза, шиповник) национального парка «Куршская коса»

Для российской части Куршской косы (Калининградская область) впервые составлен конспект рода *Rosa* L. Род представлен 13 видами. Из них три вида встречаются исключительно в культуре (*Rosa chinensis* Jacq.; *R. floribunda* Stev. ex Bieb.; *R. virginiana* Herrm.) и представлены различными декоративными сортами. Десять видов роз можно считать одичавшими (ушедшие из культуры), в том числе роза морщинистая является инвазионным видом.

For the Russian part of the Curonian Spit (Kaliningrad region of Russia), a synopsis of the genus *Rosa* L. were compiled for the first time. The genus is represented by 13 species. Of these three species are found exclusively in cultivation (*Rosa chinensis* Jacq.; *R. floribunda* Stev. ex Bieb.; *R. virginiana* Herrm.) and

represented by various of decorative varieties. Ten species of roses can be considered wild (gone from cultivation), including *Rosa rugosa*, is an invasive species.

Ключевые слова: род *Rosa* L., Куршская коса, конспект, места обитания, встречаемость, инвазионные виды.

Key words: genus *Rosa* L., Curonian Spit, synopsis, habitats of species, habitatus, invasive plants.

Многолетние флористические исследования национального парка «Куршская коса» позволили составить конспект рода *Rosa* L. (Роза, шиповник). Его структура соответствует схеме, разработанной и представленной в публикациях предыдущих лет в сборнике научных статей национального парка. Конспект представляет собой аннотированные флористические списки дикорастущих, ушедших из культуры и культивируемых растений российской части Куршской косы. Поэтому структура конспекта и основные литературные источники прежние. Пространственное распространение каждого вида по территории Куршской косы указано по материалам литературного обзора [1; 4—6; 8; 9; 11], многолетним данным собственных наблюдений автора и устным сообщениям других исследователей. Для некоторых единичных находок указывается квартальная привязка согласно существующему делению участковых лесничеств косы.

Сверка латинских названий видов проводилась с учетом таксономической обработки, приведенной у немецких исследователей в довоенный период [8] и изложена в соответствии с принятыми современными взглядами на объем того или иного таксона по «Флоре Восточной Европы» [1] и «Определителю сосудистых растений Северо-Западной России» [7]. Степень инвазивности определялась с учетом многолетних наблюдений на косе, а виды, которые могли бы быть отнесены к таковым, — по соответствующим литературным источникам [2—4; 7; 10].

Виды в конспекте расположены в алфавитном порядке. Нумерация указана для дикорастущих и натурализовавшихся растений (ушедшие из культуры виды составляют большинство). Принятая структура аналогична всем предыдущим конспектам, составленным по итогам исследования флоры Куршской косы. Характер встречаемости видов во флоре косы также дан по шкале, принятой во всех предыдущих Конспектах (см. статью на с. 6—22).

Конспект рода *Rosa* L. — Роза (Шиповник) национального парка «Куршская коса»

► 1. *Rosa afzeliana* Fries — Роза Афцелиуса

Фанерофит. (V) VI—VII. Редко. На полянах, по окраинам поселков, в местах прежнего озеленения. — Опуш.-лесн. (Интр.); евр., умер. — Декор., пищ., лек.

► 2. *R. caesia* Smith. [*R. dumalis* subsp. *corifolia* (Fries) P. Fourn.; incl. *R. subcollina* (Christ.) Dalla Torre et Sarnth] — **Р. сероватая**

Фанерофит. VII—IX. Очень редко. Обнаружена лишь однажды (2007) рядом с автостоянкой у маршрута «Дюна Эфа». — Опуш. (интр.?); евр., умер. — Декор., пищ., лек.

► 3. *R. canina* L. — **Р. собачья** (рис. 1)*.

Фанерофит. V—VI. Часто. Встречается по всей территории косы диффузно как одичавшая, в том числе в местах бывших посадок (у разрушенных зданий, дорожек и площадок, рядом с автостоянками). — Интр.; евр. — с. афр.-ю.з.аз., ю. умер. — Декор.

▼ *R. chinensis* Jacq. — **Р. китайская** (рис. 2)

Фанерофит. VI—VIII. Различные сорта культивируют на территории поселков косы и турбаз в озеленении и для срезки. — Интр.; яп.-кит. — Декор.

* Здесь и далее иллюстрации см. на с. 28—31.

▼ ► 4. *Rosa corymbifera* Borkh. [*R. dumetorum* Thuill.] —
Роза щитконосная

Фанерофит. VI—VII. Редко. Сохраняется в местах бывшей культуры, обычно в посадках живых изгородей. Например, на северной окраине пос. Лесной. Возможно, вид мог использоваться в качестве подвоя. — Интр.; ср. и ю.евр.-с. афр.-ю.з. и ср.аз., ю. умер. — Декор.

▼ ► 5. *R. dumalis* Bechst. — **Р. кустарниковая** (Р. рошевая) (рис. 3)

Фанерофит. VI—VII. Обычно. Обитает на всей территории косы диффузно: на обочине шоссе и вдоль лесных тропинок; на полянах в сосняках; по окраине территорий турбаз и поселков. Один из наиболее часто встречающихся дичающих видов, используемых в качестве подвоя. — Опуш. (интр.?); евр., умер. — Декор., пищ., лек.

▼ *R. floribunda* Stev. Ex Vieb. — **Р. обильноцветущая**

Фанерофит. V—VII. Встречается только в культуре на приусадебных участках в поселках косы и в озеленении территорий турбаз. — Интр.; кавк., малоаз. — Декор.

▼ ► 6. *R. glauca* Rougt. — **Р. сизая** (рис. 4)

Фанерофит. VI—VII. Очень редко. Имеются единичные находки вида у турбазы «Дюны» (25 кв. ЗЛН) (2007) и на окраине автостоянки недалеко от государственной границы (3 кв. ЗД). Обнаруженные ранее экземпляры, скорее всего, могли быть элементами озеленения. Первые находки отмечались в корневой части косы в 1898 г. [8]. — Интр.: з.евр., ю. умер. — Декор.

▼ ► 7. *R. majalis* Herrm. [*R. cinnamomea* auct. non L.] —
Р. майская (рис. 5)

Фанерофит. V—VII. Редко. Вид установлен недалеко от предположительных мест первоначального культивирования: берег оз. Чайка (53/56 кв. ЗД); северная окраина пос. Лесной (35 кв. ЗЛН); турбаза «Дюны» (25 кв. ЗЛН). — Опуш.-лесн.; евр. — сиб., умер.

▼ ► (?) **8. *Rosa x majorugosa*** Palmen et Hämet-Ahti [*R. majalis* Herrm. x *R. rugosa* Thunb.] — **Роза коричноморщинистая**

Фанерофит. VI—VIII. Очень редко. Один экземпляр обнаружен недалеко от мест первоначального культивирования обоих родительских видов: берег оз. Чайка (53/56 кв. ЗД). — Интр.; только в культ., умер. — Декор.

▼ ► **9. *R. multiflora*** Thunb. — **Р. многоцветковая** (рис. 6)

Фанерофит. VI—VII. Очень редко. Два одичавших экземпляра выявлены на месте старого дендрологического питомника южнее пос. Рыбачий (53 кв. ЗД). Также некоторые сорта этого вида в настоящее время используют в вертикальном озеленении поселков. — Интр.: яп., умер. — Декор.

▼ ► **10. *R. pimpinellifolia*** L. [*R. spinosissima* L. nom. ambig.] — **Р. бедренцелистная** (рис. 7)

Фанерофит. V—IV. Очень редко. На косе сохранилась живая изгородь в пос. Морское (довоенные придомовые посадки), а также были обнаружены два экземпляра вида в сосновом лесу в окрестности этого поселка (12 кв. ЗД). Вероятно, они были занесены с семенами на лесную просеку, ведущую от поселка к шоссе. Состояние удовлетворительное. — Интр.: евр.-ю.з. и ср.аз., ю. умер. — Декор.

► **11. *R. rubiginosa*** L. [*R. eglanteria* L., nom. ambig.] — **Р. красно-бурая** (рис. 8)

Фанерофит. VI—VII. Редко. Два экземпляра вида найдены на заросшей площадке автостоянки у государственной границы (3 кв. ЗД); два — в сосновых лесах у пос. Морское (13 кв. ЗД); один — в районе полевого орнитологического стационара (13 кв. ЗЛН) и один — на месте бывшей культуры (севернее пос. Лесной, 35 кв. ЗЛН). По литературным данным, известно о распространении вида в пос. Лесной (Sarkau) и в корневой части косы, северо-восточнее Зеленоградска (Cranz) в конце XIX в. [8]. — Интр.: з. и ю.евр.-ю.з.аз., ю. умер. — Декор.

▼ ► **12. *R. rugosa*** Thunb. — **Р. морщинистая** (рис. 9, а, б)

Фанерофит. V—VII (IX) (и повторное цветение наблюдается в сентябре). Обычно. С начала XX в. растение использовалось в лесных и дюнных посадках для закрепления подвижных песков. В настоящее время одичало и распространяется самостоятельно.

На территории поселков изредка культивируется в качестве пищевого и декоративного (обычно это живые изгороди). Известны две формы, в том числе: f. *alba* — с белыми цветками и f. *plena* — с махровыми розовыми цветками. — Интр. и прибор. псам.: в. аз., умер. — Декор., пищ., лек.

► **13. *Rosa tomentosa* Smith. — Роза войлочная** (рис. 10)

Фанерофит. VI—VII. Очень редко. Обнаружено три экземпляра по краю автостоянки в 3 кв. ЗД. Растения цветут и плодоносят. — Опуш.-лесн. (интр.?); з. и ср.евр., умер. — Декор.

▼ ***R. virginiana* Herzm. — Р. виргинская** (рис. 11)

Фанерофит. VI—VII. Вид известен только в культуре. Один экземпляр выявлен в составе живой изгороди в придомовых посадках пос. Морское. — Интр. С.-Ам.: в. аз., умер. — Декор.

Анализ многолетних исследований рода *Rosa* L. в национальном парке «Куршская коса» показал, что его представители — это в основном когда-либо культивируемые растения. Зачастую это предки тех экземпляров, которые были высажены во время благоустройства придомовых хозяйств, озеленения автостоянок и зон отдыха. Позднее такие растения без должного ухода или в результате особых климатических условий претерпели изменения, утратив декоративный привой, а более стойкий подвой (например, у *R. corymbifera* и *R. dumalis*) благополучно пережил проблемные ситуации и дал новые поколения. Кроме того, в силу своих биологических особенностей (способность к скрещиванию разных видов) стабильных морфологических признаков, по которым можно было бы легко идентифицировать такие растения, крайне мало. Поэтому на территории косы очень часто можно встретить схожие по одним особенностям строения и резко отличающиеся по другим экземпляры, содержащие в себе признаки двух и даже трех типичных видов.

Проанализировав обнаруженных на косе представителей рода, можно отметить, что наиболее часто выявляются всего несколько из них. Так, кроме старых посадок в поселках и на турбазах, наиболее распространенные виды — *R. canina* и

R. dumalis. Их можно встретить на полянах и опушках в сосняках, в том числе по побережью моря. Самый обычный и легко узнаваемый вид для Куршской косы — *R. rugosa*, которая с начала XX в. активно высаживалась для закрепления подвижных песков в разных фитоценозах, в том числе: на авантуне, опушках и полянах. В настоящее время этот вид легко возобновляется вегетативным и семенным способом. В некоторых странах он является инвазионным видом и внесен в списки опасных представителей, отрицательно влияющих на виды местной флоры [2—4; 10]. На территории национального парка в данное время существенного негативного влияния *R. rugosa* не отмечено. Более того, он незаменимый представитель немногих неприхотливых кустарников, выполняющих важную роль в стабилизации песчаных дюн.

В статье представлены результаты НИР, выполненной в рамках Государственного задания национального парка «Куршская коса».



Рис. 1. *Rosa canina* L. —
Роза собачья



Рис. 2. *R. chinensis* Jacq. —
Р. китайская



Рис. 3. *Rosa dumalis* Bechst. —
Роза кустарниковая



Рис. 4. *R. glauca* Pourr. —
Р. сизая



Рис. 5. *R. majalis* Herrm. —
Р. майская



Рис. 6. *R. multiflora* Thunb. —
Р. многоцветковая



Рис. 7. *Rosa pimpinellifolia* L. —
Роза бедренцелистная



Рис. 8. *R. rubiginosa* L. —
Р. красно-бурая



a



б

Рис. 9. *R. rugosa* Thunb. — Р. Морщинистая:
a — типичная форма; *б* — белоцветковая форма



Рис. 10. *Rosa tomentosa* Smith. — Роза войлочная



Рис. 11. *R. virginiana* Herrm. — Р. виргинская

Список литературы

1. Бузунова И. О. Род Шиповник — *Rosa* L. // Флора Восточной Европы / под ред. Н. Н. Цвелёва. М. ; СПб. : Мир и семья, 2001. Т. 10. С. 329—362.
2. Виноградова Ю. К., Куклина А. Г. Семейство *Rosaceae* Juss. — Розоцветные. Роза морщинистая // Ресурсный потенциал инвазивных видов растений. Возможности использования чужеродных видов. М. : ГЕОС, 2012. С. 108—120.
3. Виноградова Ю. К., Майоров С. Р., Хорун Л. В. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М. : ГЕОС, 2010. С. 512.
4. Губарева И. Ю., Белова О. В., Калашикова О. В. Адвентивная флора Куршской косы. Предварительный анализ // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса» : сб. науч. ст. Калининград : Изд-во РГУ им. И. Канта, 2005. Вып. 3. С. 59—63.
5. Конспект дендрофлоры Калининградской области / сост. М. А. Бице, Д. А. Кнапе, Г. Г. Кученева [и др.] / отв. ред. Р. Е. Циновскис. Рига : Зинатне, 1983. С. 107—110.

6. *Победимова Е.Г. Rosa L. // Состав флоры Калининградской области и ее распространение и хозяйственное значение // Тр. Бот. ин-та АН СССР. 1955. Сер. 3, вып. 10. С. 286.*

7. *Цвелёв Н.Н. Род Rosa L. — Шиповник, роза // Определитель сосудистых растений Северо-Западной России. СПб. : Изд-во СПХФА, 2000. С. 429—336.*

8. *Abromeit J., Jentzsch A., Vogel G. Rosa Tourn. Rose // Flora von Ost- und Westpreussen. Berlin, 1898, Bd 1. S. 209—217.*

9. *Dolnik C. Ein Beitrag zur Erfassung der botanischen Artenvielfalt unter besonderer Berücksichtigung der Flechten und Moose am Beispiel des Nationalparks Kurische Nehrung (Russland)/Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg (A.G. Floristik ... 1922). Herausgegeben von K. Dierßen. Heft 62. Kiel, 2003. S. 183.*

10. *Gubareva I.Y. Invasive plant species of the Kaliningrad region (species composition, origin, peculiarities of naturalization) // Invasion of Alien Species in the Holarctic: International Symposium «Borok-V» (25—30 September 2017, Uglich, Yaroslavl Province, Russia). 2017. P. 40.*

Раздел 2

ИССЛЕДОВАНИЯ ЗООЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ КУРШСКОЙ КОСЫ

УДК 502.74 (595.7)

В. И. Алексеев

Калининградский областной музей янтаря
Балтийский федеральный университет им. И. Канта

Охраняемая энтомофауна национального парка «Куршская коса» и ее мониторинг

На территории НП «Куршская коса» отмечено 14 насекомых региональной Красной книги, три вида из которых занесены также и в Красную книгу РФ. Восемь видов из списка признаются приоритетными для мониторинга в НП: метапопуляции таких видов, как *Cicindela maritima*, *Carabus clathratus*, *Buprestis octoguttata*, *Gnorimus variabilis*, *Polyphylla fullo*, *Bembix rostrata* и *Labidura riparia*, населяющие обследованную территорию, признаются значимыми для сохранения видов в Юго-Восточной Прибалтике, а метапопуляция *Tropocopris vernalis* — значимой для сохранения вида на территории РФ. Охраняемые виды насекомых населяют различные биотопы Куршской косы: переувлажненные (ольшаник в ландшафте лагунной пальве: *C. clathratus*, *G. variabilis*) и ксеротермные (белые дюны и песчаные пляжи: *C. maritima*, *B. rostrata*, *L. riparia*; молодые и средневозрастные сосновые насаждения: *B. octoguttata*, *P. fullo*, *T. vernalis*). Приведены методические рекомендации по мониторингу указанных охраняемых видов.

Fourteen species of insects included in the regional Red Book were registered in the national park "Curonian Spit"; three species among these insects are also listed in the Red Book of the Russian Federation. Eight species are recognized as priorities for monitoring: metapopulations of such species as *Cicindela maritima*, *Carabus clathratus*, *Buprestis octoguttata*, *Gnorimus variabilis*, *Polyphylla fullo*, *Bembix rostrata*, and *Labidura riparia* inhabiting the studied area of national park are recognized as significant for the consequent species conservation in the South-Eastern Baltic region, while the metapopulation of *Trypocopriss vernalis* is considered significant for the species conservation in Russia. The studied species of insects inhabit different biotopes of the Curonian Spit: swampy (area of alder forest in palve landscape: *C. clathratus* and *G. variabilis*) as well as xerothermal ones (white dunes and sand beaches: *C. maritima*, *B. rostrata*, and *L. riparia*; young and medium-aged pine stands: *B. octoguttata*, *P. fullo*, and *T. vernalis*). Methodological recommendations for monitoring of the mentioned protected species are given.

Ключевые слова: Калининградская область, Куршская коса, Красная книга, насекомые, местообитания, биология.

Key words: Kaliningrad region, the Curonian Spit, Red Book, insects, habitats, bionomy.

Введение

Инвентаризация подлежащих охране организмов на территории любого ООПТ — одна из первоочередных задач. Осознанная и целенаправленная охрана вида подразумевает знания о его распространении, состоянии популяций и локальных особенностях биологии, что в совокупности может помочь в понимании причин тенденций численности и сделать мероприятия по сохранению вида эффективными.

Территория созданного в 1987 г. национального парка «Куршская коса» (площадь 6 621 га) находится под охраной уже 35 лет. Несмотря на то что этот национальный парк — один из самых маленьких в РФ по площади, изученность фау-

ны наземных беспозвоночных животных этой территории явно неудовлетворительна. В равной степени это относится как к энтомофауне в целом, так и к насекомым, подлежащим охране на уровне вида. В то время как число солидных фаунистических публикации по отдельным группам насекомых Куршской косы постепенно растет [4; 9—16; 19; 21], информация по охраняемым видам насекомых этого единственного в Калининградской области ООПТ федерального уровня малодоступна и разрознена. Первая попытка упорядочивания данных об охраняемых насекомых национального парка указывает с Куршской косы только один вид, в настоящее время включенный в актуальное издание Красной книги РФ [8], а именно *Parnopes grandior* [3]. Два вида из Красной книги РФ [8] упоминаются в [6] как обитающие в НП «Куршская коса»: *Anax imperator* с указанием на материалы из [17; 18] и *Parnopes grandior*.

На территории федеральной ООПТ «Куршская коса» обитают насекомые, внесенные не только в Красную книгу РФ, но также и в Красную книгу субъекта РФ, т.е. Калининградской области [7]. Препятствие сокращению численности и нарушению среды обитания видов, перечисленных в обоих этих документах, — одна из первейших функций НП и ООПТ любого уровня в регионе. С учетом того, что перечень объектов животного мира, включенных во второе издание региональной Красной книги, уже известен и утвержден, изложение актуальных сведений о насекомых, подлежащих охране на территории Калининградской области и известных из НП «Куршская коса», своевременно и полезно для разных аспектов деятельности собственно НП и региональных учреждений, связанных с охраной биоразнообразия. Цель этой работы, кроме обобщения и публикации данных по охраняемым насекомым территории, — проанализировать региональную природоохранную ценность Куршской косы с точки зрения охраны насекомых, а также выявить особо ценные биотопы на территории НП, заселенные охраняемыми видами насекомых.

Материалы и методы

В работе использованы собственные (опубликованные и неопубликованные) данные по обсуждаемым видам насекомых, а также литературные сведения [3; 4; 7]. Оригинальные данные получены в ходе многолетних (ежегодных, но нерегулярных) целенаправленных полевых сборов и наблюдений насекомых на Куршской косе, проводившихся с мая по октябрь начиная с 1998 г. и территориально охватывающих весь полуостров. Экспедиционные работы 2022 г. осуществлялись относительно регулярно (не реже одного выезда в 2 недели) — с апреля по сентябрь. Для активного сбора материала применялся стандартный набор минимального материально-технического оборудования для полевых исследований жесткокрылых. Насекомые учитывались при визуальном осмотре местности, по мере их встречаемости, во время произвольных пеших маршрутных экскурсий протяженностью около 15—20 км. В ходе сбора данных ни одна особь видов насекомых, занесенных в Красные книги, не пострадала.

Анализируемый в работе перечень объектов животного мира, занесенных в Красную книгу Калининградской области (планируемое издание 2023 г.), включает 39 видов 5 отрядов насекомых. Это следующие виды: дозорщик-император (*Anax imperator*), широкий плавунец (*Dytiscus latissimus*), лапландский плавунец (*Dytiscus lapponicus*), приморский скакун (*Cicindela maritima*), жужелица Менетрие (*Carabus menetriesi*), шагреновая жужелица (*Carabus coriaceus*), золотоямчатая жужелица (*Carabus clathratus*), сетчатый красотел (*Calosoma reticulatum*), пахучий красотел (*Calosoma sycophanta*), бронзовый красотел (*Calosoma inquisitor*), норный сфодрус (*Sphodrus leucophthalmus*), желтый плотинник (*Nebria livida*), четырехточечный мертвоед (*Dendroxena quadrimaculata*), мохнатый стафилин (*Emus hirtus*), хвойная дицерка (*Dicerca moesta*), радужная липовая златка (*Lamprodila rutilans*), восьмиточечная златка (*Buprestis octoguttata*), скромный рогачик (*Ceruchus chry-*

somelinus), обыкновенный жук-олень (*Lucanus cervus*), миноватр, или трехрогий навозник (*Typhaeus typhoeus*), весенний навозник (*Trypocopris vernalis*), двупятнистый афодий (*Aphodius bimaculatus*), обыкновенный отшельник (*Osmoderma barnabita*), зеленый гноримус (*Gnorimus nobilis*), изменчивый гноримус (*Gnorimus variabilis*), мраморная бронзовка (*Protaetia marmorata*), лунный копр (*Copris lunaris*), мраморный, или июльский, хрущ (*Polyphylla fullo*), рыженогая меляндрия (*Melandrya barbata*), борос Шнейдера (*Boros schneideri*), дровосек-кожевник (*Prionus coriarius*), пахучий рагий (*Rhagium sycophanta*), гладконосый липарус (*Liparus glabrirostris*), крупный парнопес (*Parnopes grandior*), носатый бембекс (*Bembix rostrata*), обыкновенный аполлон (*Parnassius apollo*), мнемозина, или черный аполлон (*Parnassius mnemosyne*), малый ночной павлиний глаз (*Saturnia pavonia*) и прибрежная уховертка (*Labidura riparia*). Все виды насекомых Красной книги РФ, когда-либо отмеченные на территории соответствующей современной Калининградской области, также включены в этот список, хотя семь из них, по-видимому, в регионе вымер и, соответственно, отнесен к категории 0.

Литературы по теории мониторинга в российских ООПТ крайне мало, терминология из одной из лучших работ в этом направлении [1] была частично использована ниже.

Результаты и обсуждение

1. Список видов насекомых, отмеченных на Куршской косе и занесенных в Красные книги РФ или Калининградской области.

Второе издание Красной книги РФ [8] включает 119 видов насекомых. Из них на территории НП «Куршская коса» отмечено 3 вида: дозорщик-император (статус редкости: восстанавливающийся вид; статус угрозы исчезновения: вызывающий наименьшие опасения), весенний навозник (сокращающийся в численности и/или распространении вид; исчезающий) и крупный парнопес (сокращающийся в численности и/или распространении вид; уязвимый).

Во второе издание Красной книги Калининградской области (2023) запланировано внесение 39 видов насекомых. Из них на территории НП «Куршская коса» отмечены: дозорщик-император, приморский скакун, золотоямчатая жужелица, бронзовый красотел, желтый плотинник, восьмиточечная златка, весенний навозник, изменчивый гноримус, мраморная бронзовка, мраморный, или июльский, хрущ, крупный парнопес, носатый бембекс, малый ночной павлиний глаз и прибрежная уховертка. Таким образом, на Куршской косе обитает 14 видов насекомых, охраняемых законом, что составляет 36% от всей краснокнижной энтомофауны Калининградской области, или 44% энтомофауны, охраняемой в Калининградской области и не отнесенной к категории 0.

Из указанных четырнадцати видов к категории статуса редкости 1 относится два вида (изменчивый гноримус и крупный парнопес), к категории статуса редкости 2 — два вида (приморский скакун, золотоямчатая жужелица), к категории статуса редкости 3 — девять видов (дозорщик-император, бронзовый красотел, желтый плотинник, весенний навозник, мраморная бронзовка, мраморный хрущ, носатый бембекс, малый ночной павлиний глаз и прибрежная уховертка), а к категории статуса редкости 4 — один вид (восьмиточечная златка).

В последнее десятилетие на территории НП «Куршская коса» не наблюдались следующие виды: крупный парнопес, бронзовый красотел и желтый плотинник. Колебания встречаемости этих видов, предположительно, объясняются межгодичными флуктуациями численности. Мраморная бронзовка регистрируется лишь на крайне южной границе НП и известна пока только из окрестностей КПП у Зеленоградска. Мигрирующие особи дозорщика-императора и малого ночного павлиньего глаза выявлены в орнитологических ловушках полевого стационара «Фрингилла» [14; 18]. Места развития личинок этих двух видов на территории НП не указаны и, вероятно, находятся за границами НП (на верховом болоте Свиное). Восьмиточечная златка отмечается нерегулярно на облесен-

ных участках Большой дюнной гряды. Встречаемость остальных видов может быть охарактеризована как относительно регулярная, а местообитания — стабильные.

2. Природоохранная ценность территории Куршской косы с точки зрения охраняемой энтомофауны.

С точки зрения сохранения редкого, спорадично распространенного вида, места обитания, им заселенные, могут различаться по своей значимости. Оптимальные для вида по совокупности экологических факторов локации (т.е. местообитания с устойчивыми и сравнительно благополучными по численности популяциями), очевидно, более важны для сохранения вида, нежели просто «точки нерегулярных сборов». Понимание важности территории для существования вида в перспективе — ключевой фактор, влияющий на оценку местообитания для, например, целесообразности организации ООПТ в данном месте.

Констатация общего количества отмеченных краснокнижных видов для характеристики НП «Куршская коса» как действующего ООПТ — формальность. Значительно больший интерес представляет собой список тех охраняемых видов насекомых, у которых территории НП важны для долговременного сохранения популяций. Таковых для Куршской косы — восемь. Энтомологическая ценность территории НП «Куршская коса» может быть определена как:

— единственное известное на территории Калининградской области стабильное местообитание вида в XXI веке (четыре вида: изменчивый гноримус, приморский скакун, золотоямчатая жужелица, восьмиточечная златка);

— одно из наиболее благоприятных в Калининградской области мест обитания вида с относительно стабильной численностью и регулярной встречаемостью особей (четыре вида: весенний навозник, мраморный хрущ, носатый бембекс, прибрежная уховертка).

Среди восьми видов, чья встречаемость и численность на Куршской косе выше, чем в иных местах Калининградской области (что свидетельствует о важности территории НП в ре-

гиональном масштабе), особняком следует упомянуть навозника весеннего, представленного на Куршской косе крупной жизнеспособной метапопуляцией. Этот вид внесен в Красную книгу РФ, численность и распространение его во многих областях РФ сокращаются (вид внесен в красные книги 11 субъектов РФ). Благополучное состояние вида на Куршской косе в целом (как в российской части, так и в сопредельной части полуострова в НП «Kuršių nerija» Литовской Республики [2]) указывает на федеральную природоохранную значимость территории НП «Куршская коса».

Территория полуострова Куршская коса и населяющая ее биота охраняется в национальных парках двух государств: НП «Куршская коса» (РФ) непосредственно граничит с территорией НП «Kuršių nerija» (Литва). В актуальную Красную книгу Литовской Республики [20] внесено восемь видов насекомых, также охраняемых законом в Калининградской области и выявленных на российской части полуострова: это приморский скакун, бронзовый красотел, изменчивый гноримус, мраморный хрущ, мраморная бронзовка, носатый бембекс, крупный парнопес и прибрежная уховертка. Из этих восьми видов, находки четырех насекомых указаны и для НП «Kuršių nerija» [20]: приморский скакун, бронзовый красотел, мраморный хрущ и прибрежная уховертка. Эти виды насекомых — общие для обоих ООПТ Куршской косы, а проблемы их сохранения на полуострове — возможный предмет будущего международного сотрудничества. И напротив, сохранение локальных метапопуляций изменчивого гноримуса и носатого бембекса, известных только с южной (российской) части полуострова и пока не обнаруженных в ее северной (литовской) части — предмет особой региональной природоохранной ответственности НП «Куршская коса».

3. Биотопы Куршской косы, особо ценные в отношении энтомофауны.

Анализ биотопического распределения подлежащих охране насекомых позволяет выявить наиболее важные и интересные с энтомологической точки зрения экосистемы Куршской косы.

Их знание и учет необходимы не только для мониторинга этих видов, но понимания приоритетов природоохранной и научной миссии национального парка.

Зарегистрированные на Куршской косе охраняемые виды насекомых (14 единиц) можно условно разбить на пять биотопических групп с учетом предпочитаемого растительного сообщества и гидропреферендума. Охраняемые насекомые (жирным шрифтом выделены названия приоритетных видов, метапопуляции которых на Куршской косе регионально значимы) приурочены к следующим биотопам:

1) верховому болоту с плохо развитым древесным ярусом (дозорщик-император, малый ночной павлиний глаз);

2) заболоченному пальве с доминированием черной ольхи в древесном ярусе (**золотоямчатая жужелица, изменчивый гноримус**) (рис. 1)*;

3) увлажненному смешанному лесу с участием широколиственных пород (бронзовый красотел, мраморная бронзовка);

4) сравнительно молодым сосновым лесонасаждениям и опушкам сосняков (**весенний навозник, мраморный хрущ, восьмиточечная златка**) (рис. 2);

5) склонам голых песчаных дюн Большой дюнной гряды, авандюне и частично песчаным пляжам моря и Куршского залива (**носатый бембекс, крупный парнопес, приморский скакун, желтый плотинник, прибрежная уховертка**).

Наиболее ценные для сохранения охраняемой энтомофауны местообитания представляют собой как ксерофитные сообщества на песчаных почвах (сосняки и дюнные комплексы), так и заболоченные биоценозы (верховое и низинное болото) (рис. 1, 2).

Виды насекомых, внесенные в Красные книги, заселяют разные функциональные зоны национального парка, но сосредоточены преимущественно на участках, имеющих статус заповедной и особо охраняемой зон. Сохранение существую-

* Здесь и далее иллюстрации см. на с. 48—50.

щего зонирования (адекватного в отношении охраняемых насекомых) необходимо для дальнейшего благополучия редких насекомых. Включение в состав национального парка «Куршская коса» территории корневого участка с верховым болотом Свиное (как особо охраняемой зоны НП) рекомендовано как дополнительная мера охраны биотопов, населенных золотоямчатой жужелицей, и поддержания стабильности популяций редких видов насекомых, приуроченных к собственно верховому болоту.

4. Методические рекомендации по мониторингу охраняемых видов насекомых в НП «Куршская коса».

При планировании исследований по поиску новых мест обитания и определению численности редких насекомых необходимо учитывать их биотопическую приуроченность, сроки активности искомой стадии жизненного цикла и иные особенности. Для поиска редких видов и успешной «встречаемости с ними» эти факторы особенно значимы: «редкость» обычно сопряжена со скрытым образом жизни, малочисленностью популяции, стенобионтностью, низким миграционным потенциалом и «эфмерностью», т. е. короткими сроками активности имаго и спецификой населяемого биотопа.

При учете и поиске занесенных в Красную книгу видов использование любых методов отлова, ведущих к умерщвлению особей насекомых (например, ловушек с фиксирующими жидкостями, клейкими поверхностями, химическими аттрактантами и др.), или же способов и средств, ведущих к нарушению среды обитания, незаконно и этически неприемлемо. В связи с этим мониторинг, сопряженный с активным отловом особей учетчиком (без изъятия из природы, с незамедлительным последующим выпуском), следует проводить вручную или с применением простейших приспособлений для сбора и лова живых насекомых, а наблюдение в природе приходится осуществлять в ходе пеших маршрутных экспедиций. Данная методика, являясь времязатратной и трудоемкой, наиболее полно соответствует целям сохранения природных сообществ

и биоразнообразия и пригодна для большинства видов. Впрочем, применение некоторых пассивных методов лова насекомых принципиально не исключается. Результативный способ мониторинга мраморного хруща (а также ряда крупных бабочек и стрекоз) в НП «Куршская коса» — сбор мигрирующих имаго из орнитологических ловушек стационара «Фрингилла» или привлечение хрущей на источник света [5; 21 и др]. К сожалению, эта возможность совершенно немобильна и ее использование строго локализовано. Для мониторинга герпетобионтов (весенний навозник, золотоямчатая жужелица) допустимо применение стационарных почвенных ловушек Барбера без фиксирующей жидкости (расположенных группами или в линию) и установленных на временной промежуток не более двух суток. Для весеннего навозника может быть рекомендовано помещение в почвенную ловушку в качестве запаховой приманки экскрементов или мелких мертвых млекопитающих. Такие способы учета могут дать статистическую стандартизацию результатов для указанных двух видов, но не приемлемы для иных насекомых списка.

На территории НП «Куршская коса» отмечено 14 видов краснокнижных насекомых, для 8 из которых (приоритетных видов) территория НП может рассматриваться как ключевая территория, важная для сохранения этих видов в Калининградской области и юго-восточной части Прибалтики. Некоторые видовые особенности, существенные для успешного полевого мониторинга семи приоритетных насекомых, а также информация по ним с Куршской косы за 2022 г. приведены ниже. Златка *Vuprestis octoguttata* в 2022 г. отмечена не была.

Приморский скакун (Cicindela maritima) (рис. 3).

Метод мониторинга. Лов энтомологическим сачком активно взлетающих имаго в жаркую солнечную погоду на маршруте, осмотр временных убежищ имаго в пасмурную погоду. Имаго активны с апреля по август, максимальная встречаемость: конец мая — июнь.

Местообитания. Склоны дюнной гряды вдоль побережья Куршского залива (Латенвальдский и Пиллкоппенский дюнный массивы), а также морское побережье между поселками Морское и Рыбачий. Селится преимущественно на участках, лишенных травянистой растительности: на пляже, во впадинах между дюнами или на пологих дюнных склонах. Не выявлен в биотопах, удаленных от залива или моря более чем на 100—150 метров.

Материалы 2022 года. Максимальные локальные скопления, зарегистрированные на Куршской косе (11.06.2022), составляли 10 особей на 1 га дюн около залива и 5 особей на 1 км маршрута по берегу Балтийского моря. Указание о том, что вид является преобладающим вида рода на Куршской косе [2], ошибочно. Вид заметно уступает как по широте распространения, так и по численности более эвритопному виду *C. hybrida*, который замещает *C. maritima* на зарастающих травянистым покровом дюнах, освещенных лесных дорогах и опушках при удалении от водоемов. Имаго отмечены 05.05.2022, 11.06.2022, 18.06.2022, 04.07.2022.

Золотоямчатая жуужелица (*Carabus clathratus*) (рис. 4).

Метод мониторинга. Поиск имаго в местах зимовки (мох, поваленные стволы), маршрутный учет в пасмурную и дождливую погоду, осмотр мест возможных укрытий. Вне зимовки жуки активны с мая по июль.

Местообитания. Единственная популяция населяет небольшой участок низинной пальве — естественный подтопляемый черноольшаник к северу и западу от болота Свиное.

Материалы 2022 года. Имаго на зимовке отмечено 07.04.2022.

Изменчивый гноримус (*Gnorimus variabilis*) (рис. 1, 5, 6).

Метод мониторинга. Кошение по растительности при прохождении маршрута (случайные единичные находки имаго), осмотр трухлявых пней и дуплистых деревьев черной ольхи (находки имаго и личинки).

Местообитания. Единственная популяция населяет небольшой участок низинной пальве - естественный подтопляе-

мый черноольшаник к северу от болота Свиное. Имаго активны с начала июня до августа. Личинка питается в слегка влажных верхних слоях гниющей светлой древесины и в бурой гнили в дуплах или под отстающей корой стоящих старых живых деревьев и высоких пней черной ольхи, где их плотность может составлять 2—4 особи на 1 л древесины.

Материалы 2022 года. Обнаружено два заселенных разновозрастными личинками пня (07.04.2022, 22.07.2022), фрагменты мертвого имаго.

Мраморный хрущ (*Polyphylla fullo*) (рис. 7, 8).

Метод мониторинга. Осмотр орнитологических ловушек полевого стационара «Фрингилла» и выемка залетевших в темное время суток имаго. Маршрутный учет (случайные единичные находки имаго или их остатков, обычно вдоль берега Куршского залива, реже у моря или даже на территории поселков Лесной и Рыбачий). Осмотр экскрементов лис, охотно поедающих хрущей во время массового лёта. Лёт имаго с середины июня по начало августа, наиболее массовый лёт происходит в последнюю неделю июня — первую половину июля.

Местообитания. Приурочен к биоценозам песчаных дюн на сукцессионной стадии смены травянистой растительности кустарниково-древесной. Населяет экотонную зону песколюбивых кустарниковых ив и молодых сосен на границе песчаных дюн, преимущественно на краю дюнных комплексов на стороне Куршского залива.

Материалы 2022 года. Несколько живых имаго (04.07.2022), фрагменты имаго (04.07.2022, 06.08.2022, 20.08.2022).

Весенний навозник (*Trypocoris vernalis*) (рис. 2, 9).

Метод мониторинга. Маршрутный учет имаго (осмотр почвы и экскрементов млекопитающих).

Местообитания. Сравнительно нередок на Куршской косе, где жуки регулярно встречаются в лесных биотопах Большой дюнной гряды к северу от пос. Лесной (опушечные биотопы сухих сосняков, молодые сосновые посадки, а также на участках дюнных комплексов в зоне ивняков и соснового под-

роста). Плотность имаго достигает 3—4 особей на 1 км маршрутного учета, жуки активны с мая по сентябрь, чаще встречается в июле-августе.

Материалы 2022 года. Несколько живых и мертвых имаго (04.07.2022, 06.08.2022), фрагменты имаго (20.08.2022).

Носатый бембекс (Bembix rostrata) (рис. 10).

Метод мониторинга. Маршрутный учет (осмотр участков голого песка, освещенных солнцем, но относительно защищенных от ветра местах). Имаго активны с июня по конец августа, питаются нектаром цветков различных растений, выкапывают норки в песке. Личинки выкармливаются двукрылыми насекомыми, которых самка порционно приносит в норку.

Местообитания. Приурочен к открытым участкам рыхлых песчаных почв с редкой травянистой растительностью. На Куршской косе встречается на краевых участках Дюнной гряды, стабильно отмечается около полевого стационара «Фрингилла».

Материалы 2022 года. Отмечено 3 гнездовых колонии, количество наблюдавшихся живых имаго суммарно 14 экз. (04.07.2022), максимальная плотность 9 особей на 100 м².

Прибрежная уховертка (Labiidura riparia) (рис. 11, 12).

Метод мониторинга. Маршрутный учет (единичные находки имаго на почве в пасмурную погоду), осмотр мест возможных укрытий на песке и норок.

Местообитания. Обитает на широких, хорошо прогреваемых участках песчаных почв со слабо развитым травянистым покровом. Селится на берегах Балтийского моря (подножье приморской авандюны), у подножья белых дюн вдоль берега Куршского залива и спорадически в понижениях между лишственными растительности дюнами Куршской косы.

Материалы 2022 года. Выявлены: несколько живых взрослых особей (05.05.2022, 11.06.2022), взрослые и ювенильные особи (18.06.2022, 04.07.2022, 06.08.2022), взрослые особи (20.08.2022).

В качестве примечания к методике хотелось бы отметить, что проведение неспециалистами простейших наблюдений и учета даже крупных видов насекомых, занесенных в Красные книги, возможно только при условии предварительного целенаправленного обучения. Результативный поиск того или иного вида в природе зачастую требует прикладных сведений о нюансах поведения и занимаемых эконишах насекомого, понимании времени и места возможного поиска. Идентификация насекомых может осуществляться лишь при наличии специальных знаний по морфологии и систематике группы. В некоторых случаях, подтверждением находки охраняемого вида может быть качественная макрофотография, хотя определение большинства личинок и даже имаго некоторых насекомых по фотографии возможно опять-таки лишь при знании учетчиком необходимых для идентификации вида признаков внешней морфологии насекомого и их последующем целенаправленном отражении на снимке.

В случае указанных видов-приоритетов Куршской косы, полевая идентификация имаго особенно затруднена для *Cicindela maritima* (рис. 3), морфологически близкого к родственному и симпатричному *C. hybrida*, от которого имаго вида из Красной книги внешне отличен: 1) наличием ряда светлых волосков между задними краями глаз, 2) отношением длин задней голени и лапки и 3) формой и изгибом срединной перевязи рисунка надкрылья. В качестве второго примера трудной идентификации можно привести личинок жука *Gnorimus variabilis* (рис. 6), для определения видовой принадлежности которых требуется осмотр дистальных частей конечностей и последнего брюшного вентрита. Лапки личинок гноримуса — с тонкими изогнутыми коготками (что отличает их от личинок родов *Cetonia* и *Protaetia*, обитающих на территории НП), а вентрит с паллидием, т.е. двумя рядами щетинковидных коротких волосков, образующими замкнутый овал (что позволяет отличить личинку *G. variabilis* от личинок родов *Trichius* или *Valgus*, также обитающих на территории НП в трухлявой древесине лиственных деревьев). Имаго *Trypocopsis vernalis* (рис. 9) легко дифференцируется от родственных ви-

дов семейства (на Куршской косе — *Geotrupes stercorarius* и *Anoplotrupes stercorosus*) более выпуклыми элитрами со стертыми бороздами. В непосредственной близости от мест обитания *Carabus clathratus* (рис. 4) отмечены следующие виды рода карабус: *C. arvensis*, *C. convexus*, *C. granulatus* и *C. glabratus*. Все эти жукелицы обладают видоспецифичной скульптурой элитр и при некотором навыке перепутать их невозможно.

Благодарности. Выражаю благодарность руководству национального парка «Куршская коса» и Атлантического отделения ИО РАН за возможность проведения исследований на Куршской косе. Отдельно признателен Анатолию Петровичу Шаповалу за информацию по вопросам энтомофаунистики региона и оказанную в 2022 году неоценимую помощь в общении с сотрудниками государственной инспекции в области охраны окружающей среды.



Рис. 1. Заболоченный ольшаник — биотоп гноримуса изменчивого (край болота Свиное, 22.07.2022)



Рис. 2. Опушка сосновых насаждений на облесенных дюнах — биотоп навозника весеннего (3 км к северу от пос. Рыбачий, 20.08.2022)



Рис. 3. *Cicindela maritima* —
Скакун приморский
(Латенвальдский дюнный массив,
18.06.2022)



Рис. 4. *Carabus clathratus* —
Жужелица золотоямчатая
(северная окраина
болота Свиное, 07.04.2022)



Рис. 5. *Gnorimus variabilis* —
Гноримус изменчивый
(имаго)



Рис. 6. *Gnorimus variabilis* —
Гноримус изменчивый,
личинка (северная окраина
болота Свиное, 07.04.2022)



Рис. 7. *Polyphylla fulvo* —
Хрущ мраморный
(Латенвальдский дюнный массив,
край сосняка, 04.07.2022)



Рис. 8. *Polyphylla fulvo* —
Хрущ мраморный
(личинка)



Рис. 9. *Trypocopris vernalis* —
Навозник весенний
(Латенвальдский дюнный
массив, берег залива, 06.08.2022)

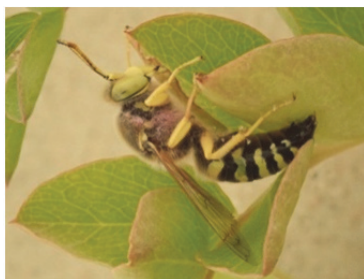


Рис. 10. *Bembix rostrata* —
Бембекс носатый
(Латенвальдский дюнный
массив, 04.07.2022)



Рис. 11. *Labidura riparia* —
Уховертка прибрежная,
взрослая особь
(Пиллкопенский
дюнный массив, 05.05.2022)



Рис. 12. *Labidura riparia* —
Уховертка прибрежная,
ювенильная особь после
первой линьки (Латенвальдский
дюнный массив, 18.06.2022)

Список литературы

1. Алексанов В. В., Алексеев С. К., Новикова О. А. и др. Методы инвентаризации и мониторинга биоразнообразия на особо охраняемых природных территориях регионального значения // Кадастровые и мониторинговые исследования биологического разнообразия в Калужской области. Тамбов : ООО «ТПС», 2021. Вып. 8.

2. *Алексеев В.И.* К фауне жесткокрылых (Coleoptera) Куршской косы // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия : сб. науч. ст. М. : НИИ-Природа, 2003. Вып. 2. С. 13—19.
3. *Алексеев В.И.* Охраняемые насекомые национального парка «Куршская коса» // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса» : сб. науч. ст. Калининград : Изд-во РГУ им. Канта, 2007. Вып. 5. С. 58—68.
4. *Алексеев В.И.* Базовый список видов жуков (Insecta: Coleoptera) Куршской косы // Там же. 2014. Вып. 10. С. 53—78.
5. *Алексеев В.И., Шаповал А.П.* Жесткокрылые (Insecta, Coleoptera), собранные в светоловушку на Куршской косе : материалы шестого сезона // Acta Biologica Sibirica. 2019. Т. 5, № 2. С. 68—82.
6. *Иванюков К.А.* Обновленный список объектов животного мира национального парка «Куршская коса», занесенных в Красную книгу Российской Федерации // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса» : сб. науч. ст. Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2021. Вып. 17. С. 61—73.
7. *Красная книга* Калининградской области / под ред. В.П. Дедкова, Г.В. Гришанова. Калининград : Изд-во РГУ им. И. Канта, 2010.
8. *Красная книга* Российской Федерации. Т.: Животные. 2-е изд. М. : ФГБУ «ВНИИ Экология», 2021.
9. *Мальшиева О.Д., Толстенков О.О.* Пухоеды (Insecta: Phthiraptera) перелетных птиц Куршской косы // Паразитология. 2018. Т. 52, № 2. С. 118—136.
10. *Нарчук Э.П., Матюхин А.В., Шаповал А.П. и др.* Мухи-кровососки (Diptera, Hippoboscidae) Куршской косы (Калининградская область, Россия) // Энтомологическое обозрение. 2020. Т. 99, № 1. С. 127—136.
11. *Синев С.Ю., Шаповал А.П.* К фауне молевидных чешуекрылых (Lepidoptera) национального парка «Куршская коса». I // Там же. 2013. Т. 92, № 4. С. 802—822.
12. *Синев С.Ю., Шаповал А.П.* К фауне молевидных чешуекрылых (Lepidoptera) национального парка «Куршская коса». II // Там же. 2015. Т. 94, № 1. С. 118—137.
13. *Шаповал Н.А., Шаповал А.П.* Пяденицы (Lepidoptera, Geometridae) Куршской косы Балтийского моря // Там же. 2006. Т. 85, № 2. С. 313—327.
14. *Шаповал Н.А., Шаповал А.П.* Ночные чешуекрылые (Lepidoptera, Macroheterocera) Куршской косы Балтийского моря // Там же. 2007. Т. 86, № 3. С. 557—566.

15. Шаповал Н. А., Шаповал А. П. Дневные чешуекрылые (Lepidoptera, Rhopalocera) Куршской косы Балтийского моря // Там же. 2008. Т. 87, № 1. С. 63—69.

16. Шаповал Н. А., Шаповал А. П., Матов А. Ю. Совки (Lepidoptera, Noctuidae) Куршской косы Балтийского моря // Там же. 2005. Т. 84, № 3. С. 512—526.

17. Шаповал А. П. Дозорщик-император *Anax imperator* (Leach, 1815): Insecta, Odonata на Куршской косе // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сб. науч. ст. Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2014. Вып. 10. С. 162—166.

18. Шаповал А. П. Результаты одиннадцатилетнего мониторинга стрекоз (Insecta, Odonata) на Куршской косе Балтийского моря // Там же. 2018. Вып. 14. С. 58—71.

19. Alekseev V. I. Dytiscidae, Noteridae, Haliplidae, Hydraenidae, Hydrophilidae, Hydrochidae, Helophoridae, Spercheidae and Dryopidae (Coleoptera) of the Russian part of the Curonian Spit: an attempt of complex faunal analysis // Zoology and Ecology. 2012. Vol. 22, No 1. P. 57—63.

20. Lietuvos raudonoji knyga. Gyvūnai, augalai, grybai / red. V. Rašomavičius. Vilnius: Lututė, 2021.

21. Shapoval N. A., Shapoval A. P. Annotated checklist of the dragonflies (Insecta: Odonata) of the Kaliningrad region, north-western Russia // Ukrainian Journal of Ecology. 2017. Vol. 7, No 4. P. 157—168.

УДК 58.084.1

А. П. Андреева, М. В. Куркина, О. Б. Калашникова

Балтийский федеральный университет им. И. Канта,

**Морфологический и жирно-кислотный состав
липидного комплекса микроводорослей Балтийского моря
(Куршский залив)**

Микроводоросли богаты питательными и биологически активными веществами, такими как белки, углеводы, липиды, витамины, пигменты, фикобилипротеины и т. д. Впервые

© Андреева А. П., Куркина М. В., Калашникова О. Б., 2023

был исследован липидный состав микроводорослей *Chlorella vulgaris*, *Arthrospira platensis*. Предложенный метод очистки липидного комплекса, выделенного из биомассы микроводорослей, включает растворение липидно-пигментного комплекса в н-гексане при продолжительности 4 ч и скорости перемешивания не более 500 об/мин. Установлено, что наибольшее количество нейтральных липидов содержится в биомассе микроводорослей *Arthrospira platensis*, жирных кислот, полярных липидов (глицерофосфолипидов) и других примесей — в биомассе микроводорослей *Chlorella vulgaris*. Разработанный метод очистки жирно-кислотного состава липидного комплекса микроводорослей подтвердил не только содержание жирных кислот в микроводорослях, представляющих интерес для практического использования в производстве биологически активных компонентов, но и определил возможность его использования в разработке технологии переработки микроводорослей в ценные пищевые и кормовые добавки.

Microalgae are rich in nutrients and biologically active substances such as proteins, carbohydrates, lipids, vitamins, pigments, phycobiliproteins, etc. The lipid composition of the microalgae *Chlorella vulgaris*, *Arthrospira platensis* has been screened for the first time. The proposed method for purifying the lipid complex isolated from the biomass of microalgae involves dissolving the lipid-pigment complex in n-hexane for 4 h and stirring at 500 rpm. It was found that the largest number of neutral lipids is contained in the biomass of microalgae *Arthrospira platensis*, fatty acids, polar lipids (glycerophospholipids), and other impurities — in the biomass of microalgae *Chlorella vulgaris*. The developed method of purification of the fatty acid composition of the microalgae lipid complex confirmed not only the content of fatty acids in microalgae, which are of interest for practical use in the production of biologically active components but also determined the potential of its use in the development of affordable technology for processing microalgae into valuable food and feed additives.

Ключевые слова: микроводоросли, липиды, жирно-кислотный состав микроводорослей, очистка, липидный комплекс.

Key words: microalgae, lipids, fatty acid composition, purification, lipid complex.

Введение

В последнее время вопросы культивирования микроводорослей вызывают все больший интерес у исследователей благодаря их способности синтезировать различные биологически активные вещества, быстрому росту биомассы и возможности корректировки их биохимического состава в зависимости от условий культивирования [1; 2]. В отличие от гетеротрофных микроорганизмов, нуждающихся для роста в различных органических соединениях, одноклеточные фотосинтезирующие организмы производят биомассу из полностью окисленных неорганических веществ и минеральных элементов за счет световой энергии, преобразуемой в процессе фотосинтеза [3]. Кроме того, технологии производства биомассы микроводорослей не загрязняют окружающую среду, используют углекислый газ, выделяя при этом кислород, расходуют относительно небольшое количество воды и могут занимать непригодные для возделывания сельскохозяйственных культур земельные ресурсы [1].

В настоящее время можно выделить два основных направления использования микроводорослей: производство биомассы в качестве биологически активной добавки (БАД), а также культивирование микроводорослей для последующего выделения из биомассы биологически активных веществ (БАВ) [4].

Микроводоросли богаты питательными и биологически активными веществами, такими как белки, углеводы, липиды, полиненасыщенные жирные кислоты, витамины, пигменты, фикобилипротеины, ферменты и др. Биологически активные вещества из микроводорослей способны проявлять антиоксидантное, иммуностимулирующее, антибактериальное, противовирусное, противоопухолевое, антигипертензивное, регенеративное и нейропротективное действие [5—7]. Данные со-

единения находят спрос в медицине, косметологии, пищевой промышленности, рыбоводстве, энергетике, сельском хозяйстве, при производстве кормов и функциональных продуктов питания [2].

Микроводоросли включают широкий спектр автотрофных организмов, которые растут в процессе фотосинтеза так же, как и растения. Классификация микроводорослей постоянно пересматривается в связи с новыми генетическими данными. Тем не менее различают две основные группы микроводорослей: прокариотические и эукариотические [8].

Среди липидов жирные кислоты являются основным компонентом биомассы микроводорослей. Они встречаются в различных формах: фосфолипиды, образующие фосфатную группу в положении sn-3; глицеролипиды, которые имеют структуру на основе глицерина, этерифицированного в положениях sn-1 и sn-2; и в неполярных глицеролипидах, которые могут быть этерифицированы в одном (моноацилглицерины), двух (диацилглицерины) или трех положениях (триацилглицерины). Синтез жирных кислот *de novo* происходит главным образом в хлоропласте, где образуются 16- или 18-углеродные жирные кислоты. Для создания ненасыщенной жирной кислоты двойная связь вводится растворимым ферментом стеароилацил-носитель протеин-десатуразой. Удлинение прекращается, и затем в хлоропласте они переносятся в глицерол-3-фосфат с образованием триацилглицерина, который также координируется с вторичными каротиноидами (β -каротин, лютеин или астаксантин), которые этерифицированы с триацилглицерином и секвестированы в цитозольные липидные тела. Имеются данные о том, что биосинтез полиненасыщенных жирных кислот может различаться у разных видов микроводорослей [5].

Цель данной работы — изучение морфологических особенностей и определение жирно-кислотного состава липидного комплекса микроводорослей *Chlorella vulgaris*, *Arthrospira platensis* Куршского залива.

1. Материалы и методы

1.1. Отбор образцов микроводорослей

С целью отбора образцов микроводорослей проводили отбор образцов природных источников (вода, песок, почва) в период с октября по декабрь 2019 г. в Куршском заливе (55°07'00" с. ш. 21°01'00" в. д.),

Микроводоросли отбирались коробчатым дночерпателем, разработанным в Институте биологии внутренних вод РАН (ИБВВ) (пос. Борок), захватывающим квадратный участок дна размером 160×160 мм с максимальной глубиной погружения в донные осадки 440 мм. Была отобрана проба длиной 400 мм. Сразу же после транспортировки на берег отбирали керны с помощью пластиковых трубок внутренним диаметром 45 мм. Трубки герметично закрывали с обоих концов и хранили в вертикальном положении при температуре +4 °С. В лаборатории керн разрезали вдоль и разделяли пополам с помощью двух тонких пластин из нержавеющей стали, вставленных в разрез. Половинки керна разделялись затем на поперечные образцы (слайсы) с шагом 5—10 мм. Все образцы хранились при температуре –20 °С в темноте, в полиэтиленовых пакетах с выдавленным воздухом, из которых забирались образцы микроводорослей для исследований.

Далее проводили выделение чистых культур микроводорослей и идентификацию штаммов микроводорослей, способных активно накапливать биомассу и целевые продукты (липиды, белки и углеводно-минеральный комплекс), а также пригодных для культивирования в лабораторных условиях.

1.2. Культивирование биомассы микроводорослей

Процесс культивирования микроводорослей и наработку биомассы проводили при комнатной температуре (21—23 °С) и постоянном освещении 30—50 мкЕ люминесцентными лампами с теплым белым светом в течение 7 суток.

При культивировании штаммов микроводоросли *Chlorella vulgaris* использовали среду Тамия; для культивирования и наработки биомассы микроводоросли *Arthrospira platensis* использовали питательную среду Заррука. Питательные среды

стерилизовали путем автоклавирования, микроэлементы среды Заррука стерилизовали фильтрацией через фильтр с диаметром пор 0,22 мкм и вносили после автоклавирования в охлажденные до комнатной температуры питательные среды.

Культивирование микроводорослей вели до получения необходимого количества биомассы исследуемых образцов (*Chlorella vulgaris*, *Arthrospira platensis*).

1.3. Определение морфологии микроводорослей

Морфологию микроводорослей определяли при 40-кратным увеличении с использованием бинокулярного микроскопа Micros (Австрия).

1.4. Выделение липидного комплекса микроводорослей

Выделение липидного комплекса осуществляли следующим образом. На начальном этапе получения липидного комплекса биомассу микрокультур клеток подвергали центрифугированию в течение 20—25 мин со скоростью 3900 об/мин. Далее полученный осадок сушили в сушильном шкафу в течение 24 ± 1 ч при температуре сушки 50 ± 2 °С. После этого разрушали клеточные стенки с применением ультразвуковой ванны с крышкой и корзиной Elmasonic S30 в течение 0,5 мин. Полученную биомассу направляли на экстракцию липидно-пигментного комплекса. Экстракцию комплекса проводили на экстракторе Сокслета R 104 S-SK (BEHR LABOR-TECHNIK, Германия) в присутствии в качестве экстрагента смесь этилового спирта и петролейного эфира в соотношении 2:1. Процесс экстракции проводили в течение 8 ч. Далее полученную смесь выпаривали под вакуумом в ротационном испарителе Rotavapor R-300 (Buchi Labortechnik AG, Швейцария).

1.5. Очистка липидного комплекса микроводорослей

Метод очистки липидного комплекса, выделенного из биомассы культур клеток микроводорослей, основан на растворении комплекса в гексане. С этой целью в полученный липидный комплекс после выпаривания в ротационном испарителе добавляли органический растворитель — гексан, и в нем растворяли комплекс при перемешивании. Далее пробу фильтровали и выпаривали под вакуумом в ротационном ис-

парителе Rotavapor R-300 (Buchi Labortechnik AG, Швейцария). В ходе исследования варьировали продолжительность процесса растворения липидно-пигментного комплекса и интенсивность перемешивания. Прозрачность липидного комплекса оценивали по ГОСТ 5472-50, кислотное число липидно-пигментного комплекса — по ГОСТ 5476-80, массовую долю нежировых примесей определяли по методу, описанному в ГОСТ 5481-89.

1.6. Определение жирно-кислотного состава микроводорослей

Реактив для переэтерификации триглицеридов жирных кислот. Для этого 1,15 г металлического натрия растворяли в 25 мл метанола, раствор охлаждали и использовали свежеприготовленным.

В полипропиленовую пробирку объемом 2 мл вносили 1,9 мл гексана, к растворителю добавляли 10 мкл липидной фракции. Для полного переноса образца проводили пепетирование. Для переэтерификации добавляли 100 мкл раствора метилата натрия. Интенсивно перемешивали в течение 1 мин на вортексе. Далее реакционную смесь оставляли на 10 мин и фильтровали через шприцевой фильтр 0,40 мкм в виалу для последующего хроматографирования.

Детекция проводилась в режиме ТИС (хроматограмму ТИС получали суммированием интенсивностей всех масс) по спектру масс 50—800 m/z.

Нагрев термостата осуществлялся в градиентном режиме по следующей программе: 0 мин — 80 °С; 10 мин — 150 °С; 30 мин — 250 °С. Объем вкола 1 мкл.

2. Результаты и их обсуждение

2.1. Результаты исследования морфологии микроводорослей

На рисунках 1—2 представлены результаты изучения морфологических особенностей исследуемых микроводорослей и их суспензии.

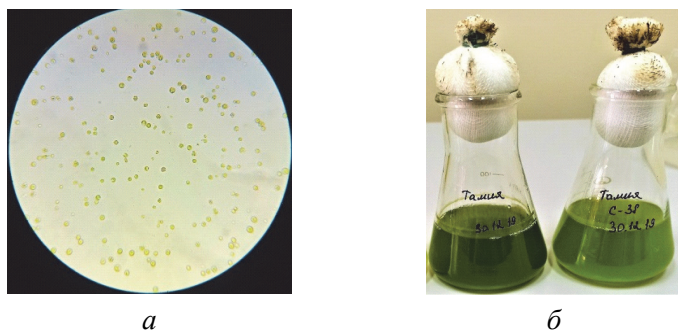


Рис. 1. Результаты изучения морфологических особенностей исследуемых микроводорослей *Chlorella vulgaris* и их суспензии: *а* — клетки под микроскопом; *б* — внешний вид суспензии

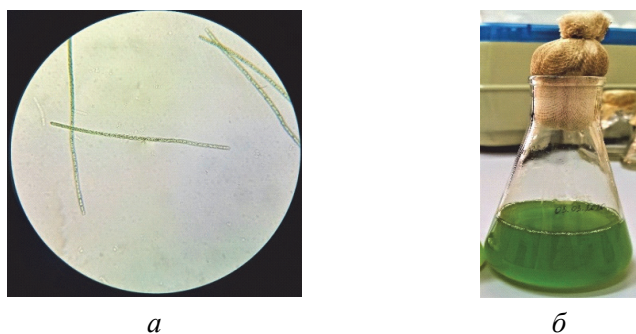


Рис. 2. Результаты изучения морфологических особенностей исследуемых микроводорослей *Arthrospira platensis* и их суспензии: *а* — клетки под микроскопом; *б* — внешний вид суспензии

Анализ результатов, показанных на рисунке 1, свидетельствует о том, что культура микроводорослей представлена клетками слабоэллипсоидной формы, размером от 1,5 до 2,0 мкм, зеленого или темно-зеленого цвета. Культура клеток не содержит жгутики. Хроматофор чашевидный. Полученные данные подтверждаются исследованиями, проведенными в работе [6], в которой приведены результаты, подтверждающие наличие безжгутиковых форм микроводорослей *Chlorella vulgaris*.

Согласно анализу морфологических особенностей, полученных в результате микроскопирования микроводорослей *Arthrospira platensis* (рис. 2), можно сделать вывод о том, что культура микроводорослей представляет собой клетки размером от 8,0 до 10,0 мкм в длину, ее ширина варьируется от 2,0 до 4,5 мкм. Кроме того, установлено, что клетки представляют собой плохо спирализованные трихомы зеленого или темно-зеленого цвета. В сравнении с работой [8], можно сделать вывод о том, что все клетки микроводорослей *Arthrospira platensis* являются зелеными, слабо спирализованными трихомами.

2.2. Результаты очистки липидного комплекса микроводорослей

Для оценки эффективности очистки липидного комплекса, выделенного из биомассы микроводорослей (*Chlorella vulgaris*, *Arthrospira platensis*), выбраны органолептические и физико-химические характеристики: наличие осадка, прозрачность комплекса, массовая доля нежировых примесей и кислотное число.

Результаты оценки эффективности очистки липидного комплекса свидетельствуют о том, что оптимальные технологические параметры — это продолжительность 4 ч и скорость перемешивания, не превышающая 500 об/мин. При данных технологических параметрах очистка липидного комплекса без формирования осадка, отсутствуют нежировые примеси, в отличие от метода, предложенного в работе [9]. В данной работе изучается очистка липидного комплекса в течение 6 часов при скорости перемешивания 400 об/мин. При этом обнаружено большое количество белковых и пигментных примесей. Предложенный в работе [9] способ более разрушительный для липидного комплекса микроводорослей, что не способствует значительному выходу жирных кислот. Представленные в работе результаты по определению кислотного числа липидного комплекса всех видов микроводорослей совпадают с результатами, полученными в ходе проведенных нами исследований.

2.3. Результаты определения жирно-кислотного состава липидной фракции микроводорослей

Качественное и количественное содержание липидной фракции липидного комплекса микроводорослей представлено в таблице.

Качественное и количественное содержание липидной фракции липидного комплекса микроводорослей

Липиды	Микроводоросль				
	<i>Chlorella vulgaris</i>			<i>Arthrospira platensis</i>	
	C-11	C-38	C-66	B-256	B-287
Нейтральные липиды	36,7±0,6 ^a	34,1±0,4	35,2±0,4	52,1±0,8	58,2±0,8
Триацилглицериды	14,2±0,5	15,2±0,2	13,8±0,2	26,9±0,3	51,1±0,4
Жирные кислоты	22,5±0,1	18,9±0,2	21,4±0,2	25,2±0,5	7,1±0,4
Полярные липиды ^b	0,8±0,1	0,7±0,1	0,7±0,1	0,9±0,1	0,10±0,3
Неомыляемые вещества	13,1±0,1	13,4±0,1	13,2±0,1	16,2±0,3	15,8±0,2
Хлорофиллиды ^c	5,1±0,1	5,1±0,1	5,2±0,1	14,6±0,1	14,3±0,1
Другие примеси ^d	55,7±0,7	47,7±0,4	49,3±0,7	16,2±0,2	4,5±0,1

^a Значения представляют собой стандартные отклонения трех повторов для триацилглицеридов и жирных кислот и различия двух повторов для неомыляемых веществ и полярных липидов.

^b Полярные липиды представляют собой гликолипиды и фосфолипиды, количественно определенные с помощью ВЭЖХ, с массовой долей боковых фитольных цепей хлорофилла включены в неомыляемые вещества.

^c Хлорофиллид (нефитоловый фрагмент хлорофиллов) рассматривается на основе предположения, что весь хлорофилл пигменты имели ту же молекулярную структуру, что и хлорофилл а и d .

^d «Другие примеси» — разница между 100 % и известными компонентами.

Анализ табличных данных позволяет сделать вывод о том, что в липидном комплексе микроводорослей содержатся нейтральные липиды, триацилглицериды, жирные кислоты, полярные липиды, неомыляемые вещества, хлорофиллиды и другие примеси. Наибольшее число нейтральных липидов и триглицеридов содержится в биомассе микроводорослей *Arthrospira platensis* ($58,2 \pm 0,8$), хлорофилла и других примесей больше всего в биомассе микроводорослей *Chlorella vulgaris* ($5,2 \pm 0,1$ и $55,7 \pm 0,7$ соответственно). В работе же [10] указано, что в липидном комплексе микроводорослей присутствуют лишь триглицериды ($51,1 \pm 0,4$) и в небольшом количестве ($22,5 \pm 0,1$) жирные кислоты. Полученные нами результаты указывают на более эффективный способ выделения и очистки липидного комплекса в ходе проведенных исследований.

Заключение

Таким образом, в ходе выполнения работы были определены морфологические признаки микроводорослей *Chlorella vulgaris*, *Arthrospira platensis*. Культура микроводорослей *Chlorella vulgaris* состоит из клеток слабоэллипсоидной формы, размером от 1,5 до 2,0 мкм, зеленого или темно-зеленого цвета, без жгутиков с чашевидным широкофором. Культура микроводорослей *Arthrospira platensis* представляет собой плохо спирализованные трихомы зеленого или темно-зеленого цвета, клетки размером от 8,0 до 10,0 мкм в длину, ширина клетки варьируется от 2,0 до 4,5 мкм.

В результате работы подобраны методы очистки белкового концентрата, липидного комплекса, полученного из биомассы микроскопических водорослей (*Chlorella vulgaris*, *Arthrospira platensis*). Предложенный метод очистки липидного комплекса, выделенного из биомассы микроводорослей, включает растворение липидно-пигментного комплекса в гексане при продолжительности 4 ч и скорости перемешивания не более 500 об/мин.

Анализ данных позволяет сделать вывод о том, что наибольшее число нейтральных липидов и триглицеридов содержится в биомассе микроводорослей *Arthrospira platensis* ($58,2 \pm 0,8$), хлорофилла и других примесей больше всего в биомассе микроводорослей *Chlorella vulgaris* ($5,2 \pm 0,1$ и $55,7 \pm 0,7$ соответственно).

Проведенные исследования доказывают, что биомасса микроводорослей — многообещающий продукт, поскольку это новый источник липидов. Перспективной является идея, подтверждающая возможность использования данных липидов для производства БАД для человека и кормовых добавок для животных. Несмотря на очевидный потенциал этой идеи, необходимо разрабатывать технологии получения липидов из микроводорослей, позволяющие обеспечить их конкурентную себестоимость. В связи с этим перспектива снижения себестоимости культивирования микроводорослей и выделения из них липидов не потеряли своей актуальности и активно решаются.

Список источников

1. Лукьянов В. А. Микроводоросль *Chlorella vulgaris beijer* — высокопродуктивный штамм для сельского хозяйства / В. А. Лукьянов, А. И. Стифеев, С. Ю. Горбунова // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2015. Т. 13. С. 1576—1580. URL: <http://e-koncept.ru/2015/85316.htm>.

2. *El-Ahmady El-Naggar N.* Production, extraction and characterization of *Chlorella vulgaris* soluble polysaccharides and their applications in AgNPs biosynthesis and biostimulation of plant growth / N. El-Ahmady El-Naggar, M. H. Hussein, S. A. Shaaban-Dessuuki [et al.] // Scientific Reports. 2020. Vol. 10. P. 3011. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59945-w>.

3. *Sambit S.* Priority-based multiple products from microalgae: review on techniques and strategies / S. Sambit, S. M. Mriganka, K. B. Tridib, G. Kalyan // Critical Reviews in Biotechnology. 2020. Vol. 40, № 5. P. 590—607.4. URL: <https://doi.org/10.1080/07388551.2020.1753649>.

4. *Exploring the potential of microalgae for new biotechnology applications and beyond: a review* / M. Rizwan, G. Mujtaba, S. A. Memon [et al.] // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 92. P. 394—404. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.034>.

5. *Villarruel-Lopez A. Microalgae, a Potential Natural Functional Food Source — a Review* / A. Villarruel-Lopez, F. Ascencio, K. Nuno // *Polish journal of food and nutrition sciences*. 2017. Vol. 67 (4). P. 251—263. DOI: 10.1515/pjfn-2017-0017.

6. *Kai Ru I.T. Chlorella vulgaris: a perspective on its potential for combining high biomass with high value bioproducts* / I.T. Kai Ru, Y.Y. Sung, M. Jusoh [et al.] // *Applied Phycology*. 2020. Vol. 1, № 1. P. 2—11. URL: <https://doi.org/10.1080/26388081.2020.1715256>.

7. *Markou G. Microalgae for high-value compounds and biofuels productions: A review with focus on cultivation under stress conditions* / G. Markou, E. Nerantzis // *Biotechnol. Adv.* 2013. Vol. 31(8). P. 1532—1542. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2013.07.011.

8. *Amorim M.L. Microalgae proteins: production, separation, isolation, quantification, and application in food and feed* / M.L. Amorim, J. Soares, J. S. dos Reis Coimbra [et al.] // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2020. DOI: 10.1080/10408398.2020.1768046.

9. *Apoptotic anticancer activity of a novel fatty alcohol ester isolated from cultured marine diatom, Phaeodactylum tricornutum* / K. W. Samarakoon, J. Y. Ko, J. H. Lee [et al.] // *J. Funct. Foods*. 2014. Vol. 6. P. 231—240. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2013.10.011>.

10. *Templeton D. W. Nitrogen-to-protein conversion factors revisited for application of microalga biomass conversion to food, feed and fuel* / D. W. Templeton, L. M. L. Laurens // *Algal Res.* 2015. Vol. 11. P. 359—367. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.algal.2015.07.013>.

11. *Effect of different photoperiods on the biochemical profile of the green algae C. vulgaris and S. obliquus* / C. Scharff, N. Domurath, M. Wensch-Dorendorf [et al.] // *Acta Horticulturae*. 2017. P. 1149—1156. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1170.148. URL: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1170.148>

УДК 597/599:574.34(470.26)

Г. В. Гришанов¹, Ю. Н. Гришанова², Т. В. Астафьева²

¹Русское общество сохранения и изучения птиц им. М.А. Мензбира (РОСИП),
Калининградское отделение

²Балтийский федеральный университет им. И. Канта

Оценка состояния уязвимых видов позвоночных животных в экосистемах Куршской косы

Дана оценка современного состояния ряда редких видов позвоночных животных в экосистемах Куршской косы. Обсуждаются проблемы и перспективы сохранения наиболее уязвимых видов усилиями национального парка.

An assessment of the current state of a number of rare species of vertebrates in the ecosystems of the Curonian Spit is given. The problems and prospects for the conservation of the most vulnerable species through the efforts of the national park are discussed.

Ключевые слова: Куршская коса, позвоночные животные, редкие виды, проблемы охраны.

Key words: Curonian Spit, vertebrates, rare species, protection problems.

Введение

Одной из важнейших проблем изучения и охраны природного наследия для любой ООПТ является проблема сохранения естественного, исторически сложившегося уровня биологического разнообразия. При всей очевидности этой задачи ее решение представляет собой комплекс сложных, а нередко

неразрешимых проблем и противоречий. Не исключение в этом плане и национальный парк «Куршская коса» — единственная ООПТ федерального уровня в Калининградской области.

Среди задач национального парка напрямую не указано приоритетное сохранение биологического разнообразия, хотя это подразумевается пунктом 9 (подпункты 1, 5, 6) раздела II и пунктом 11 раздела III Положения о национальном парке «Куршская коса» [5]:

«п. 9: 1) сохранение природных комплексов, уникальных и эталонных природных участков и объектов;

п. 9: 5) осуществление научной (научно-исследовательской) деятельности в области охраны окружающей среды в целях разработки мероприятий по сохранению и развитию природного потенциала и рекреационного потенциала Российской Федерации;

п. 9: 6) осуществление государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды);

п. 11. На территории национального парка запрещается любая деятельность, которая может нанести ущерб природным комплексам и объектам растительного и животного мира ...».

Куршская коса — небольшой полуостров с относительно низким экосистемным разнообразием и высокой степенью экологической изоляции.

С точки зрения островной биогеографии и экологии в долгосрочной перспективе удел такой территории — неизбежное снижение биологического разнообразия.

Задачей данной работы была попытка оценки современного состояния ряда редких видов позвоночных животных как своего рода индикаторных, «знаковых» компонентов регионального биологического разнообразия и определения возможностей национального парка в их долгосрочном сохранении.

Материалы и методы

Для оценки были выбраны семь модельных видов, представляющих три класса позвоночных животных и являющихся компонентами биоразнообразия различных экосистем — водных, околководных, наземных.

Критериями для выделения модельных видов, на примере которых дана оценка возможностей и роли национального парка «Куршская коса» в сохранении уязвимых компонентов биоразнообразия, были следующие:

— вид имеет устойчивые пространственные и функциональные связи с экосистемами Куршской косы в периоды размножения или зимовки;

— вид занесен в одну или более Красных книг различного уровня — Российской Федерации [4], Калининградской области [3], Литвы [9];

— за состоянием вида налажен систематический контроль в рамках различных программ мониторинга.

В работе использованы данные авторов, полученные в рамках инициативных эколого-фаунистических исследований на Куршской косе, а также по программам мониторинга редких видов, занесенных в Красную книгу Калининградской области, и экологического мониторинга морского нефтяного месторождения «Кравцовское» (Д-6).

Результаты

Современное состояние, тенденции изменения численности, охранный статус и факторы угрозы, проблемы и возможности охраны для семи индикаторных видов на территории Куршской косы характеризуются следующим образом.

КАМЫШОВАЯ ЖАБА *Epidalea calamita* (Laurenti, 1768)
(Bufonidae, Anura, Amphibia)

Категория статуса редкости и угрозы исчезновения

Красная книга РФ [4]: 3 — редкий вид; VU — уязвимый вид.

Красная книга Калининградской области [3]: 3 — редкий вид.

Красная книга Калининградской области (планируемое второе издание, 2023): 2 — сокращающийся в численности и распространении вид; VU — уязвимый.

Красная книга Литвы [9]: VU — уязвимый вид.

Состояние вида. В Калининградской области редкий, локально распространенный вид [2; 3]. На Куршской косе численность значительно сократилась в последние десятилетия. В 2020—2022 гг. в ходе специальных поисков установлено, что камышовая жаба в небольшом количестве встречается в окрестностях пос. Рыбачий, близ высоты Мюллера и южнее полевого стационара «Фрингилла» биостанции «Рыбачий».

Факторы угрозы на Куршской косе. В границах национального парка факторы угрозы специально не изучались. Вероятно, основными угрозами являются недостаток стабильных нерестилищ (небольших неглубоких водоемов, подходящих для размножения), их загрязнение и зарыбление, сукцессия местообитаний (зарастание высокой травой, кустарниками, изменение гидрологического режима водоемов), пространственная изоляция малочисленной локальной популяции, изоляция потенциальных миграционных путей.

Возможности и проблемы охраны в границах НП «Куршская коса». Необходима разработка и реализация специальной программы — «Плана действий по сохранению камышовой жабы на Куршской косе», включающего исследовательскую и практическую части. В исследовательскую часть необходимо включить детальное изучение распространения, численности и биологии вида, выявление и оценку факторов угрозы. Практическая часть плана должна предлагать конкретные разработки мероприятий по оптимизации среды обитания вида, сохранению нерестовых водоемов, меры по минимизации влияния иных факторов угрозы.

МОРЯНКА *Clangula hyemalis* (Linnaeus, 1758)

(Anatidae, Anseriformes, Aves)

Категория статуса редкости и угрозы исчезновения

Красная книга РФ [4]: вид не включен.

Красная книга Калининградской области [3]: вид не включен.

Красная книга Литвы [9]: EN — исчезающий вид.

Состояние вида. В Калининградской области морянка — мигрирующий и зимующий вид, у побережья Куршской косы встречается с октября по апрель [1; 2].

Акватория Балтийского моря — важнейшая часть зимовочного ареала вида. Негативные тенденции в состоянии зимующей популяции морянки стали очевидными начиная с последнего десятилетия XX в. За период с 1992—1993 гг. по 2007—2009 гг. численность зимующей в регионе Балтийского моря популяции морянки снизилась с 4 млн 272 тыс. особей до 1 млн 482 тыс., что составило в общей сложности 65,3 %, или ежегодное снижение на 4,4 %. Доля северо-западно-европейской зимующей популяции морянки в Балтийском море в первом десятилетии XXI в. составляет только 31,5 %, тогда как в 1988—1993 гг. здесь зимовало до 91 % птиц данной популяции [10].

В территориальных водах России у калининградского побережья в XX—XXI вв. зимовало от 5 до 12 тыс. морянок. Основные места зимовочных скоплений локализованы вдоль побережья Куршской косы у литовско-российской границы и северо-восточнее Зеленоградска. Плотность населения вида в средnezимний период в прибрежной части акватории в период с 2004 по 2022 г. существенно колебалась при многолетней тенденции к снижению (рис. 1).

В литовской части побережья Балтийского моря в конце XX — начале XXI в. численность зимующих морянок колебалась от 7 до 30 тыс. особей, но с 2006—2007 гг. стала резко снижаться, и в последние годы редко достигала 1 тыс. особей [7].

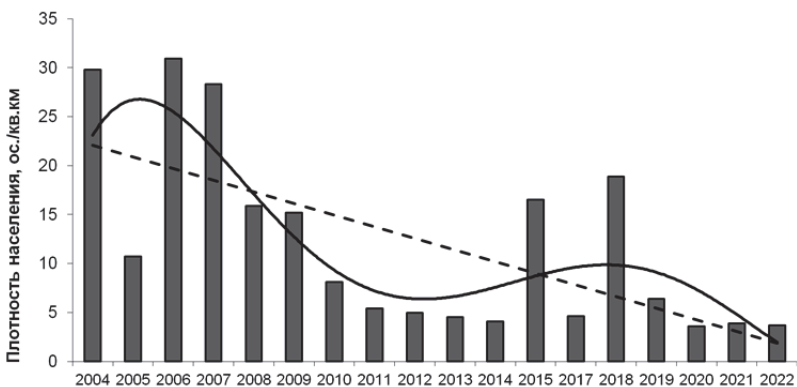


Рис. 1. Динамика плотности населения морянки *Clangula hyemalis* в период зимовки (январь) в прибрежной части акватории Балтийского моря вдоль побережья Куршской косы

Однонаправленные многолетние тенденции на значительном участке зимовочного ареала вдоль Балтийского побережья позволяют считать, что существуют некие общие причины, влияющие на птиц в южной и восточной частях Балтийского региона. Одной из таких причин может быть негативное влияние инвазивного вида рыб — черноротого бычка (*Neogobius melanostomus*) на донные биологические сообщества [7], подрывающее кормовую базу морских уток.

Факторы угрозы на Куршской косе. В границах национального парка не выявлены явные факторы угрозы для зимующей популяции морянки. Системное химическое загрязнение прибрежной части морской акватории, в том числе нефтью и нефтепродуктами, отсутствует. С 2008 г. в течение 15 лет не зарегистрировано случаев гибели птиц от загрязнения акватории нефтью или нефтепродуктами. Нет данных о негативном влиянии рыболовного промысла на уровень смертности морянки, что в значительной степени обусловлено пространственной разобщенностью основных районов рыболовного

промысла и мест зимовки в акватории, прилежащей к национальному парку. Не изучены изменения донных биологических сообществ под влиянием черноротого бычка.

Возможности и проблемы охраны в границах НП «Куршская коса». Необходимо продолжение программы мониторинга состояния популяции птиц и прибрежной части акватории в рамках стандартного экологического мониторинга влияния нефтедобычи на месторождении Д-6, проводимой с 2004 г. Методический комплекс и объем выполняемых работ, в сочетании с регулярным обследованием побережья сотрудниками национального парка, обеспечивают необходимый уровень контроля за состоянием зимующей популяции вида и факторами потенциальной угрозы.

ТУРПАН *Melanitta fusca* (Linnaeus, 1758)

(Anatidae, Anseriformes, Aves)

Категория статуса редкости и угрозы исчезновения

Красная книга РФ [4]: вид не включен.

Красная книга Калининградской области [3]: вид не включен.

Красная книга Литвы [9]: EN — исчезающий вид.

Состояние вида. В Калининградской области турпан — мигрирующий и зимующий вид, у побережья Куршской косы встречается с октября по апрель [1; 2].

Акватория Балтийского моря вдоль побережья Куршской косы — важнейшая часть зимовочного ареала вида. Начиная с 1993 г. балтийская зимующая популяция резко уменьшилась в численности — до 55,5%, что эквивалентно ежегодному снижению на 3,7%. Доля современной северо-западно-европейской зимующей популяции турпана в Балтийском море к настоящему времени составляет только 37% [10].

Точные причины сокращения численности турпана на зимовках в Балтийском море не установлены. Как возможные причины рассматриваются перераспределение скоплений зимующих птиц в более северные участки зимовочного ареала, вплоть до Белого и Баренцева морей, влияние климатических

изменений [10], прилов в сети при коммерческом рыболовстве, загрязнение акватории нефтью, развитие ветроэнергетики в местах традиционных зимовок [8].

В Литве в последние годы численность турпана на зимовке колеблется от 2 до 11 тыс. особей, тогда как еще в первом десятилетии XXI в. достигала 20—50 тыс. [8]. В прибрежных водах Балтийского моря вдоль калининградского побережья Куршской косы после 2004 г. численность зимующих турпанов только в редкие годы достигала немногим более 1 тыс. особей, но, как правило, колебалась в пределах от 300 до 600 птиц.

Плотность населения турпана в средnezимний период в прибрежной части акватории у побережья российской части Куршской косы в период с 2004 по 2022 г. испытывала очень значительные межгодовые колебания (рис. 2).

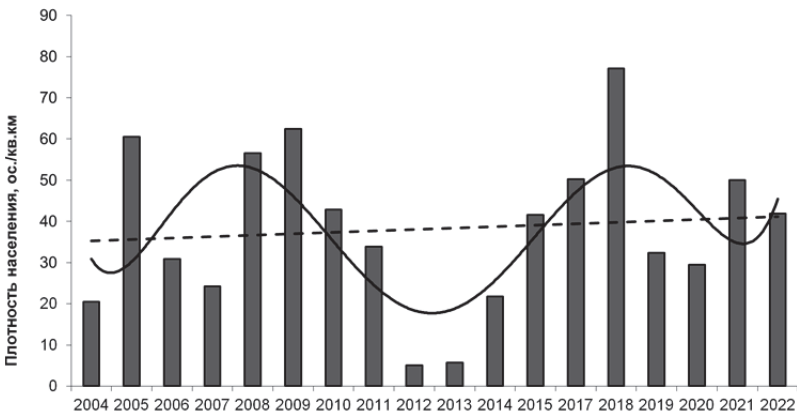


Рис. 2. Динамика плотности населения турпана *Melanitta fusca* в период зимовки (январь) в прибрежной части акватории Балтийского моря вдоль побережья Куршской косы

Факторы угрозы на Куршской косе. В границах национального парка не выявлены явные факторы угрозы для зимующей популяции турпана. С 2008 г. не зарегистрировано слу-

чаев гибели птиц от химического загрязнения акватории нефтью или нефтепродуктами. Нет данных о негативном влиянии прилова в рыболовные сети на уровень смертности турпана. Как и в случае с морянкой, пространственная разобщенность районов интенсивного рыболовного промысла на Балтике и мест зимовки птиц в прибрежной части акватории, прилегающей к национальному парку, позволяет оценивать влияние этого фактора как несущественное.

Возможности и проблемы охраны в границах НП «Куршская коса». Аналогичны таковым, как и в случае с морянкой, — продолжение контроля состояния птиц в прибрежной части акватории и оценки потенциальных факторов угрозы в рамках стандартного экологического мониторинга влияния нефтедобычи на месторождении Д-6.

ПЕГАНКА *Tadorna tadorna* (Linnaeus, 1758)

(Anatidae, Anseriformes, Aves)

Категория статуса редкости и угрозы исчезновения

Красная книга РФ [4]: вид не включен.

Красная книга Калининградской области [3]: 3 — редкий вид.

Красная книга Калининградской области (планируемое второе издание, 2023): 1 — вид, находящийся под угрозой исчезновения (региональная гнездящаяся популяция); CR — вид, находящийся под критической угрозой исчезновения.

Красная книга Литвы [9]: EN — исчезающий вид.

Состояние вида. В Калининградской области пеганка — очень редкий гнездящийся вид [2; 3]. На Куршской косе встречается на открытых участках песчаных и илистых побережий. В отдельные годы гнездятся единичные пары (оз. Лебедь, пос. Рыбачий, окрестности пос. Морское).

Факторы угрозы на Куршской косе. В границах национального парка критически важным фактором для гнездования пеганки является стабильное состояние прибрежных биотопов вдоль береговой линии Куршского залива. Угрожающие факторы — застройка побережья, освоение территорий под ин-

фраструктуру отдыха и туризма, фактор беспокойства, хищничество диких и домашних животных. Вероятно, птицы испытывают недостаток удобных мест для гнезда (укрытий, нор) в потенциальных гнездовых биотопах.

Возможности и проблемы охраны в границах НП «Куршская коса». Необходимо сохранение в стабильном состоянии открытых (незаросших, незастроенных) участков побережья. Улучшение качества потенциальных гнездовых биотопов может быть достигнуто путем установки искусственных гнездовий.

ГАЛСТУЧНИК *Charadrius hiaticula* (Linnaeus, 1758)
(Charadriidae, Charadriiformes, Aves)

Категория статуса редкости и угрозы исчезновения

Красная книга РФ [4]: вид не включен.

Красная книга Калининградской области [3]: 3 — редкий вид.

Красная книга Калининградской области (планируемое второе издание, 2023): 3 — редкий вид; NT — вид, находящийся в состоянии, близком к угрожаемому.

Красная книга Литвы [9]: EN — исчезающий вид.

Состояние вида. На Куршской косе гнездится на широких пляжах морского побережья. Основное место гнездования — пляжи к северу от пос. Рыбачий до государственной границы. Ежегодно на косе, как правило, гнездится 5—8 пар. Несмотря на позитивный многолетний линейный тренд (рис. 3), численность гнездящейся популяции галстучника на Куршской косе остается критически низкой, а состояние вида на территории национального парка оценивается как уязвимое.

Факторы угрозы на Куршской косе. В границах национального парка основной угрозой гнездящейся популяции галстучника является интенсификация использования приморских пляжей для летнего отдыха. Увеличение числа отдыхающих и площади интенсивно используемых пляжей приводят к росту фактора беспокойства и угрозе механического разрушения гнезд. Увеличивается угроза хищничества со стороны диких и домашних животных.

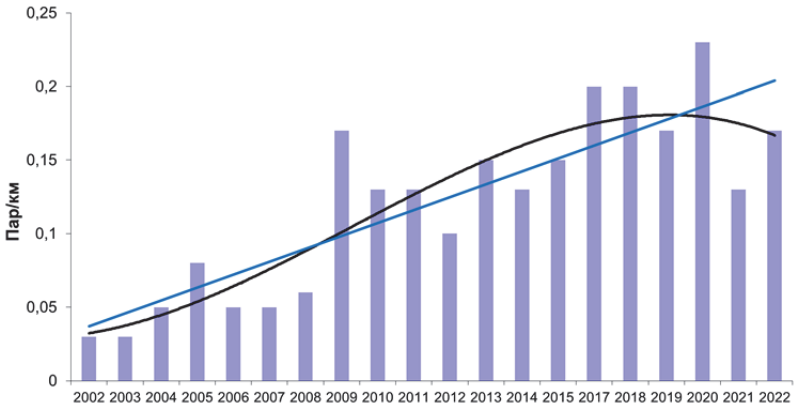


Рис. 3. Динамика плотности населения галстучника *Charadrius hiaticula* в период гнездования (май—июнь) на морском побережье Куршской косы

Возможности и проблемы охраны в границах НП «Куршская коса». Необходимо сохранение оптимальных биотопов — широких песчаных и песчано-галечниковых пляжей в местах регулярного гнездования галстучника. Следует обозначить такие участки специальными информационными аншлагами и предусмотреть меры ограничения их использования для целей рекреации в период с апреля по июнь.

ПОЛЕВОЙ КОНЕК *Anthus campestris* (Linnaeus, 1758)
(Motacillidae, Passeriformes, Aves)

Категория статуса редкости и угрозы исчезновения

Красная книга РФ [4]: вид не включен.

Красная книга Калининградской области [3]: 3 — редкий вид.

Красная книга Калининградской области (планируемое второе издание, 2023): 3 — редкий вид; NT — вид, находящийся в состоянии, близком к угрожаемому.

Красная книга Литвы [9]: NT — вид, находящийся в состоянии, близком к угрожаемому.

Состояние вида. Гнездится на дюнных грядах Куршской косы. Плотность населения на дюнах вдоль побережья залива в 2018—2020 гг. к северо-востоку от полевого стационара «Фрингилла» биологической станции «Рыбачий» составляла 0,3—0,6 пар на 10 га, на дюнном комплексе у высоты «Эфа» гнездились единичные пары.

Факторы угрозы на Куршской косе. В границах национального парка основная угроза гнездящейся популяции — ухудшение качества гнездовых биотопов из-за зарастания, облесения и разрушения отдельных участков дюн. Для птиц в период миграции представляет угрозу фактор беспокойства из-за роста рекреационной нагрузки [6].

Возможности и проблемы охраны в границах НП «Куршская коса». Предотвращение облесения и зарастания слабо заросших дюн. Сохранение целостности слабо заросших дюнных комплексов.

СЕРЫЙ ТЮЛЕНЬ (балтийский подвид) *Halichoerus grypus macrorhynchus* Hornschusch et Schilling, 1850
(Phocidae, Carnivora, Mammalia)

Категория статуса редкости и угрозы исчезновения

Красная книга РФ [4]: 1 — находящийся под угрозой исчезновения подвид; CR — находящийся под критической угрозой исчезновения подвид.

Красная книга Калининградской области [3]: 1 — находящийся под угрозой исчезновения вид.

Красная книга Калининградской области (планируемое второе издание, 2023): 1 — находящийся под угрозой исчезновения подвид; CR — находящийся под критической угрозой исчезновения подвид.

Красная книга Литвы [9]: DD — недостаточно данных для оценки угрозы исчезновения вида.

Состояние вида. В прибрежной части морской акватории и на побережье встречаются детеныши и погибшие животные, крайне редко — живые взрослые особи. Регистрируется до

нескольких десятков случаев ежегодно. Частота встреч в последние годы увеличивается, особенно значительно — после 2018 г.

Факторы угрозы на Куршской косе. Фактор беспокойства. Химическое загрязнение вод. Хищничество домашних и диких животных.

Возможности и проблемы охраны в границах НП «Куршская коса». Продолжение работ по контролю соблюдения особых сезонных регламентов в период размножения тюленей в границах охраняемых зон в районах береговых залежек.

Заключение

Применение специальных природоохранных мер в отношении уязвимых компонентов биоразнообразия, как правило, влечет за собой дополнительные материальные затраты и введение ограничений при использовании территории. Мотивацией к разработке и реализации таких мер являются требования законодательства, а также потенциальные возможности повышения туристической привлекательности территории. С этих позиций проблемы и перспективы сохранения уязвимых видов позвоночных животных в экосистемах Куршской косы представляются следующим образом.

Проблемы

1. Подготовка «Планов действий» или иных алгоритмов применения особых мер охраны для наиболее уязвимых видов требует проведения специальных научно-исследовательских работ и дополнительных материальных затрат.

2. Сложности в координации охранных мероприятий на всей территории Куршской косы.

3. Из-за отсутствия важнейших элементов оптимальной среды обитания — островов, скалистых берегов и т.п. — формирование устойчивой размножающейся популяции серого тюленя на Куршской косе невозможно.

4. Отсутствуют акцентированные стимулы применения специальных охранных мероприятий для видов, не являющихся особо привлекательными для туристов (камышовая жаба, полевой конек).

Перспективы

1. Имеется широкая законодательная база в виде Красных книг РФ и Калининградской области, Положения о национальном парке «Куршская коса», Схемы территориального зонирования.

2. Не исчерпаны возможности совершенствования законодательной базы для оптимизации работ по поддержанию уровня биоразнообразия.

3. Имеются перспективы для расширения исследовательских программ, направленных на разработку конкретных мер по сохранению видов, для которых выявлены негативные многолетние тенденции.

4. Организация специальных охранных мероприятий для ряда объектов повышает туристическую привлекательность национального парка (серый тюлень, пеганка).

Список литературы

1. *Гришанов Г.В.* Динамика численности морских уток — морянки и турпана — в акватории Балтийского моря у побережья Куршской косы // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса» : сб. науч. ст. / сост. И.П. Жуковская. Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2014. Вып. 10. С. 84—97.

2. *Гришанова Ю.Н., Гришанов Г.В.* Наземные позвоночные животные Калининградской области : учеб. пособие. Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта. Калининград, 2022.

3. *Красная книга* Калининградской области / под ред. В.П. Дедкова, Г.В. Гришанова. Калининград : Изд-во РГУ им. И. Канта, 2010.

4. *Красная книга* Российской Федерации. Т. Животные. 2-е изд. М. : ФГБУ «ВНИИ Экология», 2021.

5. *Положение* о национальном парке «Куршская коса» : приказ от 9 августа 2022 года № 516.

6. *Brazaitis G.* Dirvoninis kalviukas *Anthus campestris* (Linnaeus, 1758) // Red Data Book of Lithuania. Animals, plants, fungi / Rašomavičius V., (ed.). Vilnius, 2021. P. 287.

7. *Dagys M.* Ledinė antis *Clangula hyemalis* (Linnaeus, 1758) // Ibid. P. 230.

8. *Dagys M.* Paprastoji nuodėgulė *Melanitta fusca* (Linnaeus, 1758) // Ibid. P. 231.

9. *Red Data Book of Lithuania. Animals, plants, fungi / V. Rašomavičius, (ed.).* Vilnius, 2021.

10. *Waterbird Populations and Pressures in the Baltic Sea // H. Skov, S. Heinänen, R. Žydelis [et al.] TemaNord 2011.* Copenhagen, Denmark : Nordic Council of Ministers, 2011.

УДК 502.05:599.731.11

К. А. Иванюков

Национальный парк «Куршская коса»

**Опыт использования фотоловушек при учете кабана
на подкормочных площадках
национального парка «Куршская коса»**

Рассмотрены результаты работы фотоловушек за 2020—2022 гг. Наблюдения проводились на четырех подкормочных площадках для кабана. Была зафиксирована численность животных. Получены данные о половозрастном составе, суточной активности кабана.

The results of the work of camera traps for 2020—2022 are considered. Observations were conducted in four feeding grounds for wild boar. The number of animals was recorded. Data on the sex and age composition, daily activity of the wild boar were obtained.

Ключевые слова: фотоловушки, кабан, подкормочные площадки, половозрастной состав, суточная активность.

Key words: camera traps, wild boar, feeding grounds, sex and age composition, daily activity.

Введение

В национальном парке «Куршская коса» осуществляется мониторинг млекопитающих с помощью фотоловушек, которые устанавливаются в местах, где животные встречаются регулярно. Наблюдения проводятся на жилых норах, постоянных тропах диких животных и подкормочных площадках. В результате действия фотоловушек была зафиксирована численность барсука, возраст особей, суточная активность и поведение животных [6].

На территории национального парка ежегодно ведется учет численности кабана на подкормочных площадках. Использование фотоловушек позволило круглосуточно наблюдать за посещаемостью подкормок животными.

По сравнению с визуальными наблюдениями, которые проводятся учетчиками на подкормочных площадках, круглосуточное применение фотоловушек позволяет повысить эффективность учетных работ, увеличить объем получаемых данных, при этом снизить трудозатраты и фактор беспокойства [7].

В статье изложены результаты использования фотоловушек при учете кабана на подкормочных площадках национального парка «Куршская коса».

Материалы и методы

В национальном парке «Куршская коса» ведется подкормка копытных в зимнее время года. На его территории организовано четыре подкормочные площадки для кабана. Подкормка животных начинается в ноябре, чтобы кабаны привыкли и регулярно посещали площадки. В зимнее время в местах подкормки можно наблюдать довольно крупные скопления этих животных, они стягиваются к подкормочным площадкам со

всей округи. Ввиду особенности территории и расположения подкормочных площадок, возле них в зимний период концентрируется основная масса популяции кабана.

Помимо кабана, подкормочные площадки посещают другие животные, например лисица, косуля, различные виды птиц: синица, сойка, ворон, серая ворона.

Учет численности кабана с помощью фотоловушек на четырех подкормочных площадках проводился в январе, феврале 2020—2022 гг. В 2022 г. учет с помощью фотоловушек на всех подкормочных площадках проводился в течение трех дней подряд, в соответствии с приложением к приказу ФГБУ «ФЦПРОХ» от 24.11.2021 г. № 89 «Методика учета численности охотничьих ресурсов в местах искусственных концентраций». В исследованиях использовались фотоловушки марок Bestok и KeepGuard (три модели KeepGuard KG 891 NV4G, две модели Bestok LTL — 8210A и одна Bestok LTL — 5210A).

На каждой подкормочной площадке размещали по 1—2 фотоловушки (несколько фотоловушек вели съемку с разных ракурсов, что давало более точные сведения). Камеры устанавливали на деревьях на высоте примерно 1,5 м, не далее 8—10 м от корма (учитывая дальность срабатывания датчика движения — 15 м, эффективная дальность вспышки в ночное время — около 6—8 м). Фотоловушки работали в режиме фотосъемки (один кадр на одно срабатывание датчика движения) и в режиме записи видеороликов (продолжительностью до 20 секунд с минимальным интервалом 10 секунд).

Место установки фотоловушки называется локацией [8]. Локация № 1 расположена на подкормочной площадке, организованной в старовозрастном хвойном лесу, локация № 2 — на подкормочной площадке в смешанном лесу (сосна, береза), локация № 3 — на подкормочной площадке в ельнике, локация № 4 — на подкормочной площадке в сосновом лесу. Подкормочные площадки распределены равномерно на территории национального парка, расстояние между ними — от 6 до 12 км.

Всего получено 2340 фотографий и 1906 видеозаписей с животными, посетившими подкормочные площадки.

При проведении учета ведется сбор следующих сведений: время входа на подкормочную площадку копытных животных учитываемого вида, их количество, пол и возраст, время их выхода с подкормочной площадки. Если невозможно определить пол или возраст копытных животных учитываемого вида, то они регистрируются как «не определено» [9].

При обработке данных за результат принималась минимальная оценка числа животных, снятых камерой, животные одного пола и возраста, попавшие в кадр с разницей не более нескольких минут, принимались за одно и то же животное. Если на соседних (близких по времени) кадрах были отмечены группы животных, количественно различающихся по половозрастной структуре, в расчет принималось минимальное число животных одного возраста или пола, попавшее в кадр [7].

Группы кабанов одинакового половозрастного состава, не имеющих отличительных признаков, вышедшие на одну и ту же подкормочную площадку в день учета повторно, учитываются только один раз.

Таким образом, при проведении учета на подкормочных площадках определяется минимальная численность копытных животных учитываемого вида на исследуемой территории, получаемая при подсчете только тех копытных животных, которые посещают подкормочные площадки в период проведения учета [9].

Результаты и обсуждения

В результате круглосуточной работы фотоловушек была зафиксирована численность животных, половозрастной состав, их суточная активность.

По состоянию на 2022 г. было учтено 52 кабана.

На подкормочных площадках кабаны обычно появляются в сумерках, к 18 часам, в это время количество регистраций резко возрастает, с 18 до 02 часов подкормочные посещаются наиболее интенсивно. Чаще всего кабаны регистрировались

с 19 до 23 часов. К 03:00 количество регистраций падает. После 03:00 до 06:00 подкормочные посещают в основном единичные взрослые особи, самцы, реже самки с сеголетками.

В остальное время наблюдаются единичные регистрации (рис. 1).

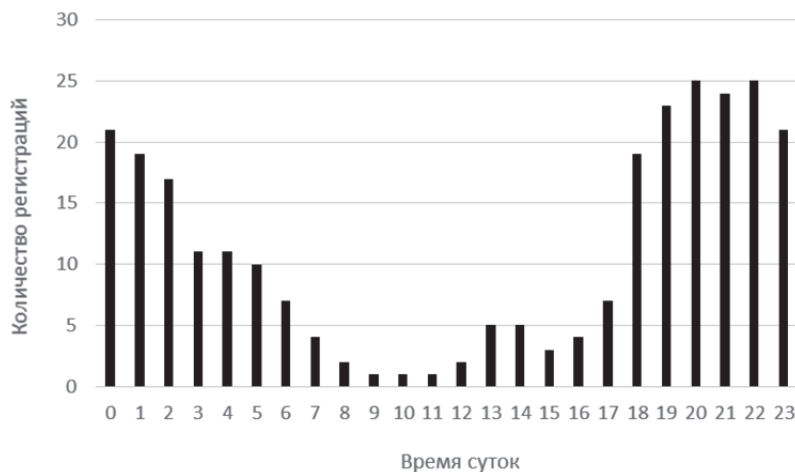


Рис. 1. Динамика регистрации кабана фотоловушками в течение суток

Анализ учета кабана на местах концентрации с применением фотоловушек позволяет сделать предварительные выводы о половозрастном составе поголовья. Фото и видео, сделанные в темное время суток, отличаются невысокой информативностью: чем дальше животное находится в зоне видимости фотоловушки, тем сложнее определить пол и возраст.

У 26% зафиксированных фотоловушками животных пол определить не удалось из-за недостаточного освещения и их удаленности от объектива фотоловушки. Среди животных, пол которых был установлен, количество самок — 9%, что незначительно превышает число самцов — 8%. Доля сеголетков составила 40%, а подсвинков — 17% (рис. 2).

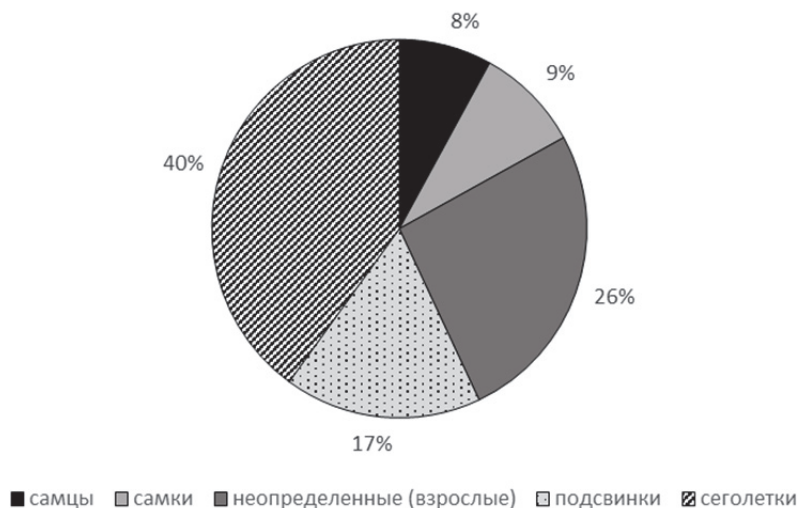


Рис. 2. Половой и возрастной состав кабана, учтенный фотоловушками на подкормочных площадках

Сеголетки регистрировались чаще, чем подсвинки. В большинстве случаев подсвинки регистрировались чаще всего в период с 18:00 по 22:00, причем после 20:00 количество посещений падает. Сеголетки активно посещают подкормочные с 18:00 по 02:00, с 18:00 количество регистраций растет до 23:00, после постепенно сокращается. Взрослые особи также активно посещают подкормочные площадки с 18:00 по 02:00, на всем периоде сохраняя высокую активность, которая достигает пика к 00:00, после чего падает (рис. 3).

Половой состав в темное время суток определялся с трудом. Из имеющихся данных видно, что самцы наибольшую активность проявляли в период 18—19:00, после активность снижалась, а самки чаще появлялись с 18:00 по 22:00, причем наибольшая частота встреч наблюдалась в период 19—21:00 (рис. 4).

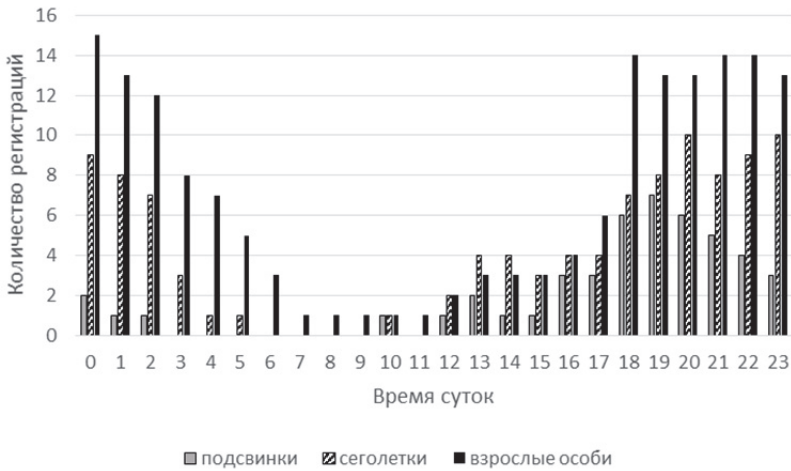


Рис. 3. Динамика регистрации кабана фотоловушками в течение суток по возрастному составу

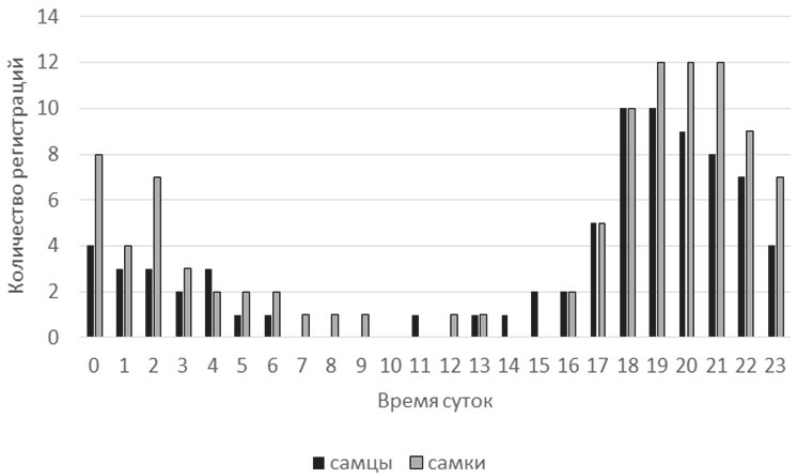


Рис. 4. Динамика регистрации кабана фотоловушками в течение суток по половому составу

Наиболее часто встречаются семейные группы из 5—8 особей, включающие 1—3 взрослые самки с сеголетками. Подсвинки обычно встречаются вместе по 2—7 особей.

Кабан — это вид с полифазным типом активности, смешивающимся к сумеречному, ночному и монофазному под воздействием антропогенного фактора [4]. В национальном парке кабан посещает подкормочные площадки в основном ночью и в сумеречное время, активность посещения у разных возрастных групп различается: самки с сеголетками чаще проявляют активность, чем подсвинки и самцы. При спаде активности подсвинков и самцов наблюдается рост и сохранение активности самок с сеголетками.

Список литературы

1. *Алтеев М. А., Артаев О. Н., Варгот Е. В. и др.* Первый опыт применения фотоловушек в Мордовском государственном природном заповеднике имени П. Г. Смидовича // Труды Мордовского государственного природного заповедника имени П. Г. Смидовича. 2018. Вып. 20. С. 3—14.
2. *Гептнер В. Г., Насимович А. А., Банников А. Г.* Млекопитающие Советского Союза / под ред. В. Г. Гептнера, Н. П. Наумова. М. : Высш. шк., 1961. Т. 1: Парнокопытные и непарнокопытные. С. 56.
3. *Гришанов Г. В., Романов Ю. М.* Охотничьи животные Калининградской области. Калининград : ИП Мишуткина И. В., 2007.
4. *Данилкин А. А.* Млекопитающие России и сопредельных регионов. Свиные (Suidae). М. : ГЕОС, 2002.
5. *Желтухин А. С., Желтухин С. А.* О суточной активности крупных млекопитающих по данным регистрации фотоловушек «Resonux» // Современные тенденции развития особо охраняемых природных территорий : материалы научно-практической конференции, посвященной 20-летию Государственного природного заповедника «Полюстровский», пос. Бежаницы, Псковская область. Великие Луки, 2014. С. 59—64.
6. *Иванюков К. А.* Опыт использования фотоловушек при изучении норных млекопитающих национального парка «Куршская коса» // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса» : сб. науч. ст. Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2018. Вып. 14. С. 40—49.

7. Мишин А. С. Опыт применения фотоловушек для учета копытных на подкормочных площадках // Труды Воронежского государственного заповедника. Ижевск : ООО «Принт-2», 2016. Вып. 28. С. 278—286.

8. Огурцов С. С., Желтухин А. С. Применение фотоловушек в изучении популяционной группировки бурого медведя (*Ursus arctos*) в Центрально-Лесном заповеднике // Зоологический журнал. 2017. Т. 96(3). С. 360—372.

9. Приказ ФГБУ «ФНИЦ Охота» от 14 ноября 2022 года № 74. Приложение № 4. Методика учета численности охотничьих ресурсов в местах искусственных концентраций.

10. Слудский А. А. Кабан: морфология, экология, хозяйственное и эпизоотологическое значение, промысел. Алма-Ата : Изд-во АН Каз. ССР, 1956.

УДК 574.5:502(470.26)(06)

С. Ю. Кузьмин, Е. В. Авдеева, А. И. Моисеева

Калининградский государственный технический университет

**Оценка экологического состояния озера Чайка
в национальном парке «Куршская коса»
по гидробиологическим и гидрохимическим показателям
в 2021–2022 годах**

В 2021 — 2022 гг. исследовались зоо- и бактериопланктон оз. Чайка, содержание в воде химических соединений и кислорода. По сравнению с предыдущими годами в озере уменьшается видовое разнообразие зоопланктона. Среди бактерий отмечены анаэробы и бактерии группы кишечной палочки. Озеро загрязнено, заилено и зарастает макрофитами. Гидрохимические показатели превышают нормативы. Для улучшения экологического состояния необходимо обеспечить проточность озера, снизить зарастание макрофитами, сократить стоки.

Zoo- and bacterioplankton of the lake Chaika were studied in 2021—2022, the content of chemical compounds and oxygen in water. In comparison with previous years, the species diversity of zooplankton in the lake is decreasing. Among the bacteria, anaerobes and bacteria of the *Escherichia coli* group were noted. The lake is polluted, silted up and overgrown with macrophytes. Hydrochemical indicators exceed the standards. To improve the ecological condition, it is necessary to ensure the flow of the lake, reduce overgrowth with macrophytes, and reduce runoff.

Ключевые слова: озеро, зоопланктон, бактериопланктон, загрязнение, эвтрофирование.

Key words: lake, zooplankton, bacterioplankton, pollution, eutrophication.

Введение

Данная работа — это продолжение исследований сообществ зоо- и бактериопланктона водоемов Куршской косы сотрудниками КГТУ. В 2021—2022 гг. продолжилось мониторинговое изучение оз. Чайка. Оно находится в национальном парке «Куршская коса» и является водоемом уникального дюнно-эолового происхождения. Поэтому его необходимо исследовать и охранять [2]. Были поставлены задачи: изучить зоо- и бактериопланктон оз. Чайка, использовать полученные данные для оценки его экологического состояния. Эти исследования актуальны также из-за расположения озера вблизи пос. Рыбачий. Озеро Чайка протянулось с востока на запад на 1420 м. Его площадь — 24 га, глубина — от 0,4 до 1,5 м. Дно озера покрыто мощным слоем ила — до 1,5 м в западной части озера. Научно-исследовательская работа включала сбор материала, определение видового состава планктонных организмов, обработку материала, анализ воды на кислород и химические соединения и обобщение.

Материал и методика

Материал включал пробы зоо- и бактериопланктона с семи станций сбора, а также пробы воды на химический анализ. Пробы воды на гидрохимический анализ отбирались в пластиковые емкости из поверхностного горизонта (0,1—0,2 м) в дневное время 12.07.2022 и 04.11.2022 г. Анализ отобранных проб проводился в гидрохимической лаборатории КГТУ по общепринятым методикам [1] в течение суток после отбора.

Изучался видовой состав зоопланктона, а в 2021 г. рассчитывались количественные показатели численности и биомассы. Численность организмов по видам устанавливалась счетным методом Гензена. Биомасса планктонных организмов определялась стандартным методом [3; 7]. Зоопланктон отбирался с семи станций, в том числе с середины озера 07 июля 2021 г. и 12 июля 2022 г. путем процеживания 50 л воды через сеть Апштейна с ячейей 0,015 мм. Фиксировались пробы 4%-ным формалином. Температура воды составляла в 2021 г. 28—30 °С и 13,2—14 °С — в 2022 г.

На микробиологические исследования пробы отбирались также на семи станциях сбора на глубине 10—15 см от поверхности воды в стерильные стеклянные бутылки с плотно закрывающимися пробками (рис. 1).

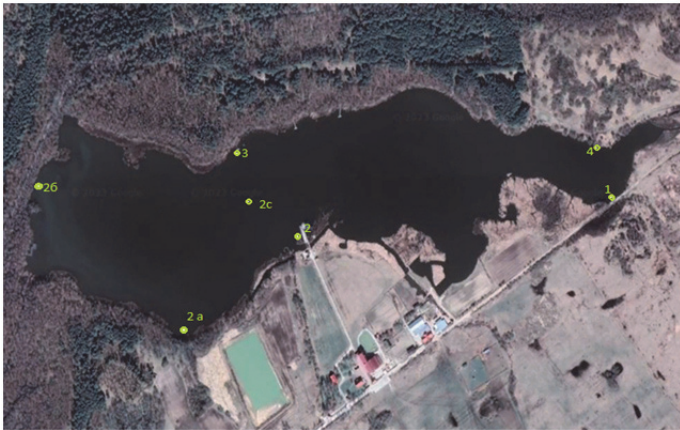


Рис. 1. Карта-схема отбора проб воды (оз. Чайка)

Обработка бактериологического материала проведена общепринятыми бактериологическим методикам [5; 6; 8].

Результаты исследования

Видовой состав зоопланктона в 2021 г. был крайне бедный: коловратки *Brachionus angularis*, кладоцеры *Daphnia longispina*, *Daphnia cucullata*, копеподы *Acanthocyclops viridis*. Численность зоопланктона оказалась очень низкой — в среднем 160 экз./м³ (табл. 1), биомасса — в среднем 5,52 мг/м³ (табл. 2). По численности преобладали коловратки *Brachionus angularis*, которые являются показателем α -мезосапробности, т.е. тяжело загрязненных органикой вод. Этот вид коловраток питается детритом, взвешенным в воде, что свидетельствует об эвтрофированности водоемов.

Таким образом, летом 2021 г. зоопланктон оз. Чайка характеризовался низким видовым разнообразием, численностью и биомассой. Преобладание в составе зоопланктона вида-индикатора высокой степени сапробности говорит о сильном органическом загрязнении воды оз. Чайка.

Таблица 1

Видовой состав, численность (экз./м³) зоопланктона оз. Чайка национального парка «Куршская коса» 7 июля 2021 г.

Вид	Номер станции							Средняя численность вида
	1	2	2а	2б	2с	3	4	
<i>Brachionus angularis</i>	—	360	—	Детрит	20	260	20	110
<i>Daphnia longispina</i>	—	—	—	—	—	—	240	40
<i>Daphnia cucullata</i>	—	—	—	—	—	20	—	3
<i>Acanthocyclops viridis</i>	—	20	—	—	—	—	20	6
Всего видов на станции	—	380	—	—	20	280	280	159

Таблица 2

**Видовой состав, биомасса (мг/м³) зоопланктона оз. Чайка
национального парка «Куршская коса» 7 июля 2021 г.**

Вид	Номер станции							Средняя биомасса вида
	1	2	2а	2б	2с	3	4	
<i>Brachionus angularis</i>	—	0,07	—	Детрит	—	0,05	—	0,02
<i>Daphnia longispina</i>	—	—	—	—	—	—	29,8	4,97
<i>Daphnia cuculata</i>	—	—	—	—	—	1,0	—	0,17
<i>Acanthocyclops viridis</i>	—	0,4	—	—	—	—	1,8	0,36
Всего биомасса на станции	—	0,47		—	—	1,05	31,6	5,52

В бактериопланктоне на пяти из семи станций озера в 2021 г. установлены факультативные анаэробы — бактерии группы кишечной палочки (БГКП). Санитарно-показательные микроорганизмы семейства *Enterobacteriaceae* часто служат показателями фекального загрязнения воды. Обнаружение бактерий рода *Aeromonas* является признаком органического загрязнения озера. На мелководьях и сильно заиленных участках выявлены бактерии почвенного происхождения, сапрофиты, факультативные анаэробы рода *Bacillus*. На северо-восточном побережье присутствуют аэробные бактерии рода *Micrococcus*, которые служат пищей для кладоцер (не случайно здесь фиксируются рачки *Daphnia longispina* — 240 экз./м³). Обсемененность воды сапрофитными бактериями в оз. Чайка не превышала 1000 КОЕ/мл (табл. 3).

По совокупности полученных гидробиологических данных можно утверждать об общей недостаточности развития зоо- и бактериопланктона, неблагоприятности экологической обстановки в оз. Чайка в летнем сезоне 2021 г., когда температура воды в озере достигала 28—30 °С. Возможно, на развитие планктона повлияло неантропогенное токсическое загрязнение, связанное с разложением огромной массы детрита расти-

тельного происхождения (не случайно аэробные бактерии и их потребители — ветвистоусые рачки — обнаруживаются в северо-восточной, менее заиленной части озера).

Таблица 3

Количественные характеристики бактериопланктона оз. Чайка национального парка «Куршская коса» 7 июля 2021 г.

Номер станции	Общее количество сапрофитных гетеротрофов, КОЕ/мл	БГКП, КОЕ/мл	Обнаруженные бактерии	Их доля по станциям, %
1	572	250	Сем. <i>Enterobacteriaceae</i> *	97
			Род <i>Aeromonas</i> *	3
2	254	—	Род <i>Aeromonas</i> *	100
2a	>1000	64	Сем. <i>Enterobacteriaceae</i> *	3
			Сапрофиты Род <i>Bacillus</i>	97
2б	>1000	382	Сем. <i>Enterobacteriaceae</i> *	6
			Род <i>Bacillus</i>	94
2с	200	1017	Сапрофиты Род <i>Bacillus</i>	6
			Род <i>Aeromonas</i> *	94
3	220	—	Сапрофиты Род <i>Bacillus</i>	100
4	>1000	827	Сапрофиты Род <i>Micrococcus</i> **	13
			Род <i>Bacillus</i>	87

* — санитарно-значимые бактерии, факультативные анаэробы.

** — аэробы.

Esherichia coli не выявлена.

В 2022 г. видовой состав зоопланктона включал 14 видов (в 2021 г. обнаружено 4 вида): **коловратки** *Brachionus diversicornis*, *Brachionus calyciflorus*, *Brachionus quadridentatus*, *Euchlanis dilatata*, *Keratella cochlearis*, *Filinia longiseta*, *Asplanchna sp.*, **клядоцеры** *Daphnia galeata*, *Leptodora kindtii*, *Bosmina longirostris*, **копеподы** *Acanthocyclops viridis*, *Acantho-*

Cyclops vernalis, *Paracyclops affinis*, *Cyclops strenuus* (табл. 4). Наиболее разнообразно представлены коловратки, на долю которых приходится 50% от всех обнаруженных видов, кладоцеры — 21%, копеподы — 29%. Преобладали космополиты (*Brachionus calyciflorus*), обитатели прибрежных зон (*Brachionus quadridentatus*, *Euchlanis dilatata*), виды небольших водоемов (*Asplanchna*, *Brachionus diversicornis*). У кладоцер отмечены космополиты: виды родов *Bosmina*, *Daphnia*.

Таблица 4

**Видовой состав зоопланктона оз. Чайка
национального парка «Куршская коса» 12 июля 2022 г.**

Вид	Станция						
	1	2	2а	2б	2с	3	4
<i>Brachionus diversicornis</i>	—	+	+	+	+	+	+
<i>Brachionus calyciflorus</i>	—	+	+	+	+	+	—
<i>Euchlanis dilatata</i>	—	—	—	+	+	+	+
<i>Keratella cochlearis</i>	—	—	—	+	+	—	—
<i>Filinia longiseta</i>	—	—	—	+	—	+	—
<i>Asplanchna sp.</i>	—	+	—	—	—	+	+
<i>Brachionus quadridentatus</i>	—	—	—	—	—	—	+
<i>Daphnia galeata</i>	—	—	—	+	—	—	—
<i>Leptodora kindtii</i>	—	—	+	—	—	—	—
<i>Bosmina longirostris</i>	—	+	—	—	—	—	—
<i>Acanthocyclops viridis</i>	+	+	+	—	+	+	+
<i>Acanthocyclops vernalis</i>	+	+	+	—	+	+	+
<i>Paracyclops affinis</i>	—	+	—	+	—	—	+
<i>Cyclops strenuus</i>	—	—	—	+	—	—	—

Преобладали виды — показатели β -мезосапробности, т. е. умеренно загрязненных органикой вод.

На всех станциях в бактериопланктоне в 2022 г. выявлены БГКП, что свидетельствует о загрязнении озера сточными водами (табл. 5).

Таблица 5

**Количественные характеристики бактериопланктона оз. Чайка
национального парка «Куршская коса» 12 июля 2022 г.**

Номер станции	Общее количество сапрофитных гетеротрофов, КОЕ/мл	БГКП, КОЕ/мл	Обнаруженные роды бактерий	Их доля по станциям, %
1	239	44	Сем. <i>Enterobacteriaceae</i> *	33,3
			Род <i>Aeromonas</i> *	33,3
			Сапрофиты Род <i>Bacillus</i>	33,3
2	337	78	Сем. <i>Enterobacteriaceae</i> *	66,7
			Род <i>Aeromonas</i> *	16,7
			Сапрофиты Род <i>Bacillus</i>	16,7
2с (середина озера)	375	52	Сем. <i>Enterobacteriaceae</i> *	50
			Род <i>Aeromonas</i> *	25
			Сапрофиты Род <i>Bacillus</i>	25
2а	372	41	Сем. <i>Enterobacteriaceae</i> *	50
			Род <i>Aeromonas</i> *	25
			Род <i>Bacillus</i> *	25
2б	373	6	Сем. <i>Enterobacteriaceae</i> *	33,3
			Род <i>Aeromonas</i> *	33,3
			Сапрофиты Род <i>Bacillus</i>	33,3
3	243	86	Сем. <i>Enterobacteriaceae</i> *	20
			Род <i>Aeromonas</i> *	40
			Сапрофиты род <i>Bacillus</i>	40
4	382	18	Сем. <i>Enterobacteriaceae</i> *	50
			Род <i>Aeromonas</i> *	25
			Сапрофиты род <i>Bacillus</i>	25

* — санитарно-значимые бактерии, факультативные анаэробы.
Esherichia coli не выявлена.

В оз. Чайка в 2022 г. преобладали санитарно-значимые бактерии семейства *Enterobacteriaceae*, что указывает на эвтрофикацию озера. Станции, где доминировали энтеробактерии (ст. 2, 2а, 2с и 4), расположены на берегу, примыкающему к хуторскому хозяйству, посреди озера напротив хозяйства и на вытоке озера. Согласно эколого-санитарной классификации континентальных водоемов: по общему количеству сапрофитных микроорганизмов и по числу бактерий группы кишечной палочки оз. Чайка относится к загрязненным водоемам.

Таким образом, летом 2022 г. по сравнению с летом 2021 г. зоопланктон характеризовался несколько бóльшим видовым разнообразием (14 видов против 4). Но и это количество видов уступает видовому разнообразию 2010—2011 гг., когда в озере были обнаружены 30 таксонов зоопланктона [9]. Увеличивается степень трофности, снижается видовое разнообразие. Заиливание, накопление неантропогенных и антропогенных токсических загрязнителей не могло не отразиться на характере зоопланктона.

Преобладание в составе зоопланктона видов индикаторов β-мезосапробности свидетельствует об умеренной загрязненности органикой воды оз. Чайка. Доминирование коловраток (50% от всех обнаруженных видов) — показатель эвтрофирования водоема.

Гидрохимические исследования

В ходе исследования летних проб воды оз. Чайка (12.07.2022) установлено превышение показателей по всем исследуемым веществам. В среднем по озеру: содержание аммоний-иона составило 0,62 мг/дм³, что превышает норматив на 0,12 мг/дм³ (превышение в 1,24 раза); фосфат-иона — 1,54 мг/дм³, что показывает высокую степень эвтрофикации (превышение в 7,7 раза); железа — 1,48 мг/дм³, что превышает предельно допустимую концентрацию в 14,8 раз; нитрит-иона — 4,45 мг/дм³, что превышает норматив на 4,37 мг/дм³ (превышение в 55 раз!) [4]. Присутствие в повышенных концентрациях нитритов может свидетельствовать о загрязнении водоема. Содержание в воде аммиака, нитритов указывает на

незавершенность процессов минерализации, продолжающемся загрязнением воды. Результаты определения биогенных соединений представлены в таблицах 6 и 7, предельно допустимые концентрации этих соединений — в таблице 8.

Результаты определения кислорода в дневное время приведены в таблице 9.

Таблица 6

**Результаты определения биогенных элементов оз. Чайка
в июле 2022 г., мг/дм³**

Номер станции	NH ₄	PO ₄	Fe	No ₂
1	0,616	1,312256	1,063957	3,432343
2	1,0878	1,468086	1,587432	5,19652
2а	1,0276	2,345658	1,332309	5,484548
2б	0,2842	0,959587	0,939231	1,992199
2с	0,3388	1,681328	1,303962	4,140414
3	0,4606	1,250744	1,742396	4,20042
4	0,525	1,783848	2,415164	6,756676
Среднее	0,62	1,543072	1,483493	4,457589

Таблица 7

**Результаты определения биогенных элементов оз. Чайка
в ноябре 2022 г., мг/дм³**

Номер станции	NH ₄	PO ₄	Fe	No ₂
1	0,4172	0,82016	1,114982	2,064206
2	0,5936	0,830412	1,124431	2,430243
2а	0,525	0,943184	1,297348	2,160216
2б	0,3717	0,682783	1,157503	1,740174
2с	0,5348	0,71764	1,452311	2,820282
3	0,4536	0,697136	1,218921	2,49625
4	0,5068	0,809908	1,196243	1,122112
Среднее	0,4861	0,785889	1,223106	2,119069

Таблица 8

**Нормативы предельно допустимых концентраций
вредных веществ в водах водных объектов
рыбохозяйственного значения, мг/дм³**

Показатель	NH ₄	PO ₄	Fe	NO ₂
Норма	0,5	0,05 — олиотрофные 0,15 — мезотрофные 0,2 эвтрофные	0,1	0,08

Таблица 9

Результаты определения кислорода в оз. Чайка в 2022 г.

Номер станции	Содержание кислорода, мг/дм ³	
	в июле	в ноябре
1	12,241	9,142
2	10,493	10,276
2а	12,390	11,142
2б	12,535	10,195
2с	12,838	8,845
3	12,425	9,200
4	15,600	10,108

Примечание. ПДК: содержание кислорода не ниже 6 мг/дм³.

В ходе изучения осенних проб воды оз. Чайка (04.11.2022) установлено: в среднем по озеру — содержание аммоний-иона составило 0,48 мг/дм³, что соответствует предельно допустимым концентрациям; фосфат-иона — 0,78 мг/дм³, что показывает высокую степень эвтрофикации; железа — 1,22 мг/дм³, что превышает норматив на 1,12 мг/дм³ (превышение по железу в 12 раз); нитрит-иона — 2,11 мг/дм³, что превышает норматив на 2,03 мг/дм³ (превышение в 26 раз). По сравнению с результатами исследования проб воды летнего периода, замечено снижение концентрации биогенных соединений. Кислородные условия в водоеме в дневное время благоприятные.

Заключение

По совокупности гидробиологических и гидрохимических исследований в 2021—2022 гг. можно утверждать об общей недостаточности развития зоо- и бактериопланктона, тенденции снижения этих показателей по сравнению с 2006—2011 гг., неблагоприятии экологической обстановки в оз. Чайка. Можно констатировать эвтрофикацию оз. Чайка, его загрязнение органикой, значительные иловые отложения, вызванные интенсивным зарастанием озера макрофитами и антропогенным воздействием. Увеличивается степень трофности: снижается видовое разнообразие. Заиление, накопление неантропогенных и антропогенных токсических загрязнителей не могло не отразиться на характере планктона.

Преобладание в составе зоопланктона видов индикаторов β -мезосапробности свидетельствует об умеренной загрязненности органикой воды оз. Чайка. Доминирование коловраток (50% от всех обнаруженных видов) является показателем эвтрофирования водоема.

На всех станциях в бактериопланктоне отмечены БГКП, что подтверждает загрязнение озера сточными водами. Повсеместно в воде преобладали анаэробы и факультативные анаэробы. По эколого-санитарным показателям (КОЕ/мл для сапрофитных гетеротрофов и КОЕ/мл для бактерий группы кишечной палочки) оз. Чайка относится к загрязненным водоемам.

Возможно, на развитие планктона повлияло неантропогенное токсическое загрязнение, связанное с разложением огромной массы детрита растительного происхождения (не случайно аэробные бактерии и их потребители — ветвистоусые рачки — обнаруживаются в северо-восточной, менее заиленной части озера).

Гидрохимические исследования воды в оз. Чайка показали существенное превышение показателей по сравнению с нормативами для железа, аммиака, фосфора и нитритов. Большое содержание в воде аммиака, нитритов указывает на незавершенность процессов минерализации, продолжающемся загрязнением воды.

Нам представляется, что повысить биоразнообразие и биомассу планктонного сообщества, оздоровить экологическую обстановку в оз. Чайка возможно, если обеспечить проточность озера и освободить его от избыточного детрита. Озеро и каналы, соединяющие его с другими водоемами, необходимо чистить, снизить зарастание макрофитами путем скашивания и удаления, снизить стоки с хуторского хозяйства.

Список литературы

1. *Гидрология. Лабораторный практикум и учебная практика* / Т. А. Берникова [и др.]. М. : Колос, 2008.
2. *Дедков В. П., Гришанов Г. В.* Система особо охраняемых природных территорий как основа сохранения биологического разнообразия региона Юго-Восточной Балтики // Вестник Рос. гос. ун-та им. И. Канта. Калининград, 2010. № 7. С. 8—13.
3. *Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция* / под ред. А. А. Салазкина, М. Б. Ивановой, В. А. Огородниковой. Л. : ГосНИИ озерного и речного рыбного хозяйства, 1984.
4. *Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения* : приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2016 г. № 552. 2017. URL: <https://rg.ru/2017/01/16/minselhoz-prikaz552-site-dok.html>
5. *Общая и санитарная микробиология с техникой микробиологических исследований* : учебное пособие / под ред. А. С. Лабинской, Л. П. Блинковой, А. С. Ещиной. М. : Медицина, 2004.
6. *Определитель бактерий Берджи* / под ред. Дж. Хоулта. М. : Мир, 1997. Т. 1.
7. *Унифицированные методы исследования качества вод* // СЭВ. Совещание руководителей водохозяйственных органов стран-членов СЭВ. М., 1975. Ч. 3: Методы биологического анализа.
8. *Санитарно-бактериологическое и вирусологическое исследование воды* / В. Н. Гири́н, Л. В. Григорьева, Л. Ф. Ерусалимская [и др.] ; под ред. В. Н. Гири́на, Л. В. Григорьевой. Киев : Здоровье, 1981.

9. Цыбалёва Г. А., Кузьмин С. Ю. Зоопланктон прибрежной зоны оз. Чайка в национальном парке «Куршская коса» // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса» : сб. науч. тр. Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2013. Вып. 9. С. 91—99.

УДК 574.583:574.587 (261.24)

**Е. К. Ланге, Е. Е. Ежова, Н. Э. Багиров, А. А. Володина,
М. А. Герб, Ю. Ю. Полунина, А. Ю. Шартон**
Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН

**Характеристика состояния биоты на основе результатов
мониторинга прибрежной зоны Куршского залива
в пределах национального парка «Куршская коса»
в 2021 году**

В 2021 г. в фитопланктоне западной прибрежной акватории Куршского залива доминировали потенциально токсичные цианобактерии *Planktothrix agardhii* (все сроки) и виды рода *Microcystis* (июль); диатомовые *Diatoma tenuis*, *Nitzschia cf. vitrea* (апрель), *Actinocyclus normanii* (сентябрь). По продукционным показателям фитопланктона (среднесезонная биомасса более 10 г/м³) прибрежная акватория характеризовалась гиперэвтрофными условиями. Среди макроводорослей обнаружены эпифиты — *Aphanochaete repens* и *Uronema confervicola*. На некоторых участках прибрежной зоны увеличились площади зарастания тростником южным, разрослись пояса кубышки желтой, еще больше распространился водный мох *Fontinalis antipyretica*. Максимум фитомассы (более 200 г/м²) отмечен в июле при доминировании рдеста гребенчатого и урути. В зоопланктоне преобладали мелкоразмерные виды всеядных циклопов и коловраток,

© Ланге Е. К., Ежова Е. Е., Багиров Н. Э., Володина А. А., Герб М. А.,
Полунина Ю. Ю., Шартон А. Ю., 2023

включая трипто-бактериофагов. В июле обилие зоопланктона (31 тыс. экз./м³, $0,10$ г/м³) и доля ветвистоусых ракообразных имели крайне низкие значения, что отличало 2021 г. от предыдущих лет наблюдений. На некоторых участках чистоводья песчаной литорали снизился вклад в биомассу бентоса хирономид и олигохет, и вырос моллюсков. В 2021 г. в сравнении с многолетними данными обилие макрозообентоса было наиболее высоким за счет двустворчатого моллюска дрейссены и нескольких видов брюхоногих. Зафиксированные в апреле и июле значения биомассы бентоса оказались максимальными за последние годы. Наибольшее содержание минеральных форм азота (за исключением аммонийного) и фосфора отмечено весной. Содержание нитратов и фосфатов летом снижалось, а осенью снова увеличивалось, что соответствовало их характерной сезонной динамике в заливе. Во все сроки максимум содержания фосфора и различных форм азота выявлены на участке литорали: база АтлантНИРО — пос. Рыбачий. Повышенное содержание аммонийного азота во все сроки в 2021 г. свидетельствовало о перманентно плохом санитарном состоянии вод прибрежной зоны залива. В июле содержание ионов тяжелых металлов (никель, хром, кадмий, свинец) не превышало ПДК. Содержание ионов меди, как и в 2020 г., было выше ПДК на всей прибрежной акватории с максимумом у базы АтлантНИРО и Музейного комплекса. Наблюдалось повсеместное превышение ПДК и для ионов цинка, с максимумом вблизи пос. Рыбачий.

In 2021, potentially toxic cyanobacteria *Planktothrix agardhii* (all dates) and species of the genus *Microcystis* (July) as well as diatoms *Diatoma tenuis*, *Nitzschia cf. vitrea* (April), *Actinocyclus normanii* (September) dominated in the phytoplankton of the western coastal water area of the Curonian Lagoon; According to the production indicators of phytoplankton (average seasonal biomass over 10 g/m³), the coastal water area was characterized by hypereutrophic conditions. Epiphytes, *Aphanochaete repens* and *Uronema confervicola*, were first found among macroalgae. In some areas of the coastal zone, an increase in the area of overgrowing with southern reed, the growth of the yellow

water lily belt and an increase in the distribution of the aquatic moss *Fontinalis antipyretica* were noted. In July the maximum phytomass (more than 200 g/m²) was recorded with the dominance of comb pondweed and water milfoil. Zooplankton was dominated by small-sized species of omnivorous cyclops and rotifers, including trypto-bacteriophages. In July, the abundance of zooplankton (31 thousand ind. /m³, 0.10 g/m³) and the proportion of cladocerans were extremely low, which distinguished 2021 from previous years of observations. In some areas of pure water in the sandy littoral, the contribution of chironomids and oligochaetes to the biomass of benthos decreased, and that of mollusks increased. In 2021, compared to long-term data, the abundance of macrozoobenthos was the highest due to the bivalve mollusk (zebra mussel), and several species of gastropods. The biomass values recorded in April and July turned out to be the highest in recent years. The highest content of mineral forms of nitrogen (with the exception of ammonium) and phosphorus was noted in spring. The content of nitrates and phosphates decreased in summer and increased again in autumn, which corresponded to their seasonal dynamics in the lagoon. At all times, the maximum contents of phosphorus and various forms of nitrogen were noted in the littoral area from the AtlantNIRO base to the Rybachy settlement. In 2021, during all monitoring periods, the increased content of ammonium ions (mainly in the area indicated above) indicated a permanently poor sanitary condition of the lagoon waters in the coastal zone. In July, the content of heavy metal ions (nickel, chromium, cadmium, lead) did not exceed the MPC. The content of copper ions, as in 2020, was higher than the MPC in the entire coastal area with a maximum near the AtlantNIRO base and the Museum Complex. A widespread MPC excess was also noted for zinc ions, with maximum values near the Rybachy settlement.

Ключевые слова: Куршский залив, фитопланктон, макроводоросли, макрофиты, зоопланктон, макрозообентос, биогенные элементы, тяжелые металлы.

Key words: Curonian Lagoon, phytoplankton, macroalgae, macrophytes, zooplankton, macrozoobenthos, nutrients, heavy metals.

Введение

Национальный парк «Куршская коса» (далее НП), расположенный на крупнейшей в мире песчаной пересыпи между Балтийским морем и Куршским заливом, отличается уникальным дюнным ландшафтом. Парк имеет федеральное значение, относится к особо охраняемым природным территориям (ООПТ) и объектам Всемирного наследия ЮНЕСКО, что определяет природоохранную значимость и актуальность экологического мониторинга Куршского залива.

Более 20 лет АО ИОРАН по заданию администрации НП контролирует состояние прибрежной зоны залива по гидрохимическим и гидробиологическим показателям. Данными, полученными в ходе экологического мониторинга, пополняется информационная база по учету биоразнообразия; их используют для оценки пространственно-временной изменчивости структурных и функциональных показателей гидробиологических и растительных сообществ прибрежной зоны и экологического состояния природных комплексов ООПТ. Цель работы — дать комплексную оценку экологического состояния вод прибрежной зоны Куршского залива по гидробиологическим и гидрохимическим показателям в вегетационный сезон 2021 г.

Материалы и методы

В 2021 г. съемки проведены в весеннем (12 апреля), летнем (13 июля) и осеннем сезонах (8 сентября) на 6 станциях: 440 (пос. Лесной); 403 (вблизи научной базы АтлантНИРО); 404 (Музейный комплекс НП); 406, 439 (пос. Рыбачий); 407 (пос. Морское), с глубиной до 1 м, исключая ст. 439 (2—3,2 м). Подробное описание станций и их расположение вдоль косы приведены в более ранних публикациях [4; 12]. Прозрачность воды измеряли диском Секки, температуру — водным термометром.

Отбор гидробиологических проб, их камеральная и статистическая обработка проведены по стандартным методикам [3; 8; 10; 15; 16; 26]. Всего обработано проб: фито- и зоопланктона — по 18, макрофитов — 33, макрозообентоса — 57.

Для определения биогенных элементов (фосфора и форм азота) отобранную воду до момента проведения анализа на базе БФУ им. И. Канта замораживали до температуры -18°C . Содержание фосфора и азота в пробах воды выявляли с помощью фотометрических методик, разработанных Гидрохимическим институтом и рекомендованных Росгидрометом [23—25; 27]. Всего отобрано и проанализировано 36 проб.

Концентрацию тяжелых металлов в пробах воды определяли на атомно-абсорбционном спектрометре (ААС) Varian AA240FS (медь, цинк, никель, хром) и на ААС КВАНТ-Z-ЭТА-1 (кадмий, свинец) [19]. Всего проанализировано шесть проб воды.

Результаты и обсуждение

Погодные условия. Во время экспедиционных работ в середине апреля была переменная погода со сплошной облачностью и туманом, преобладал ветер южного направления, от порывистого до умеренного. В течение съемки температура воды в прибрежной зоне менялась незначительно — от $8,0$ до $9,5^{\circ}\text{C}$. Прозрачность воды составила $0,5$ — $1,0$ м. Уровень воды в заливе — $0,86$ м. В середине июля наблюдалась переменная облачность и легкий восточный ветер. Температура воды в течение дня изменялась от 27 до 30°C , прозрачность воды — от $0,4$ до $0,6$ м. Уровень воды в заливе составил $0,58$ м. В первой декаде сентября съемка проводилась в малооблачную погоду с преимущественно умеренным ветром юго-западного направления. В течение съемки температура воды в прибрежной зоне изменялась незначительно — от $16,5$ до $18,0^{\circ}\text{C}$. Прозрачность воды составила $0,4$ — $0,75$ м. Уровень воды в заливе — $0,66$ м [1; 7].

Фитопланктон. В период исследования 2021 г. в фитопланктоне прибрежной зоны Куршского залива вблизи

пос. Лесной (ст. 440), научной базы АтлантНИРО (ст. 403), пос. Рыбачий (ст. 406, 439) и пос. Морское (ст. 407) обнаружено 182 таксона микроводорослей рангом ниже рода из 9 систематических групп. Зеленые водоросли за счет высокого таксономического разнообразия видов порядка Chlorococcales характеризовались наибольшим числом таксонов (66). Цианобактерий встречено 54 таксона, среди которых богатством видов выделялся порядок Chroococcales. Диатомовых обнаружено 37, харовых — 9, эвгленовых, динофитовых и криптофитовых — по 4, желто-зеленых и золотистых — по 2 таксона микроводорослей. Число таксонов в фитопланктоценозах на исследованных участках прибрежной акватории Куршского залива варьировало от 32 до 70, в среднем — 50 ± 2 .

Во все сроки на исследованных участках прибрежной акватории доминировали цианобактерии, чья доля в суммарной биомассе микроводорослей достигала 16—90% с наибольшими значениями в июле и сентябре (рис. 1). Исключение составил фитопланктоценоз ст. 403 в июле, где доля цианобактерий в биомассе фитопланктона была ниже 10% (рис. 1).

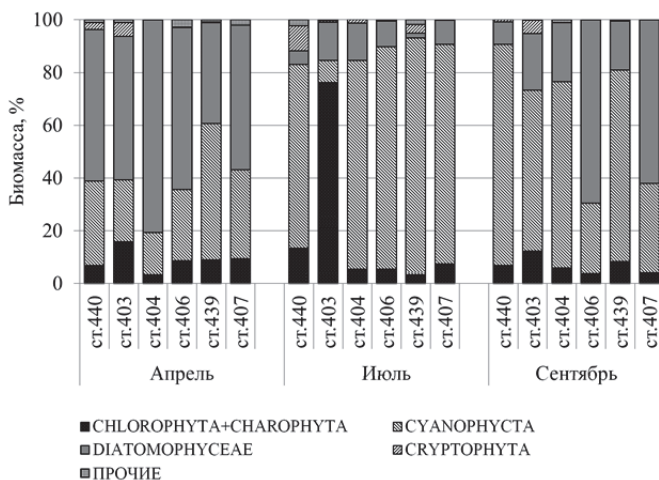


Рис. 1. Доля основных доминантных групп микроводорослей в биомассе фитопланктона на станциях мониторинга в прибрежной зоне западного берега Куршского залива в 2021 г.

Как это наблюдалось в 2017—2020 гг. [2], на всех станциях преобладала потенциально токсичная нитчатая цианобактерия *Planktothrix agardhii* (14—66% общей биомассы). Исключение составила ст. 404 (апрель) и ст. 403 (июль). Биомасса *P. agardhii* варьировала в диапазоне величин 0,01—16,21 г/м³ (рис. 2). В каждом из сезонов наименьшая биомасса этого вида фиксировалась на ст. 403, что делает 2021 г. схожим с 2017—2020 гг. Сезонные максимумы биомассы данного вида в июле и сентябре отмечены на ст. 407. Биомасса *P. agardhii* наиболее низкой оказалась в апреле, когда она в среднем в 8—9 раз была меньше таковой в июле и сентябре (табл. 1, рис. 2).

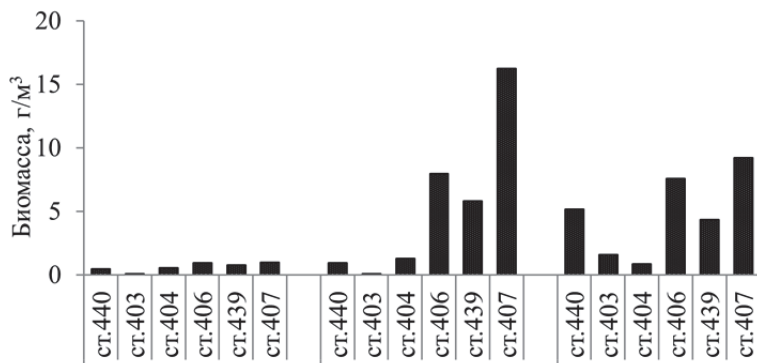
В целом обилие *P. agardhii* во все сроки было выше на участке поселков Рыбачий — Морское (ст. 406, 439, 407), по сравнению с участком пос. Лесной — Музей НП (ст. 440, 403, 404) (рис. 2).

В многолетнем аспекте летом уровень вегетации этого вида был сходным с аналогичными данными 2017 и 2019 гг., осенью — 2015 и 2016 гг. (табл. 1).

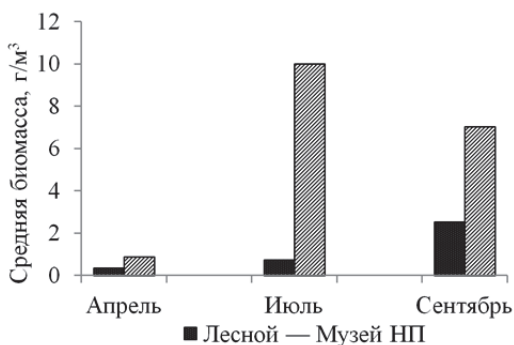
Таблица 1

**Сезонная динамика биомассы (г/м³)
цианобактерии *Planktothrix agardhii* в прибрежной зоне
западного берега Куршского залива в разные годы**

Месяц	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Апрель	—	—	—	—	—	—	0,62± 0,14
Май	4,93± 0,06	0,51± 0,20	4,74± 1,78	1,16± 0,55	7,04± 1,87	3,84± 0,73	—
Июль	0,32± 0,09	0,62± 0,23	3,10± 1,13	0	5,56± 1,56	1,99± 0,59	5,37± 2,52
Сентябрь — октябрь	3,33± 1,45	4,63± 3,11	9,03± 0,88	—	—	13,45± 2,99	4,78± 1,34



а



б

Рис. 2. Пространственно-временное распределение биомассы цианобактерии *Planktothrix agardhii* в прибрежной зоне западного берега Куршского залива в 2021 г.

В 2021 г. в июле (ст. 440) и сентябре (ст. 440, 404, 439) также преобладали (10—38% общей биомассы) потенциально токсичные виды цианобактерий рода *Microcystis* (суммарно) — *M. aeruginosa*, *M. flos-aquae*, *M. viridis*, *M. wesenbergii*, часто доминирующего в летне-осеннем сезоне [11; 13]. Максимум биомассы в июле (1,38 г/м³) и сентябре (2,10 г/м³) отме-

чен на ст. 440. В июле средняя биомасса *Microcystis* составила $0,56 \pm 0,20$, в сентябре — $1,00 \pm 0,28$ г/м³. В апреле виды этого рода в прибрежном фитопланктоне не встречались, кроме ст. 440, где в более поздние сроки 2021 г. фиксировались наибольшие сезонные значения биомассы *Microcystis*.

Потенциально токсичная цианобактерия *Aphanizomenon flosaquae* — один из основных доминантов летне-осеннего фитопланктона Куршского залива в прошлые годы [11] в 2021 г., как это наблюдалось и в 2017—2020 гг. [2], руководящего значения в фитопланктоне не имела. Максимум биомассы *Aphanizomenon* (суммарно *Aph. flosaquae*, *Aph. gracile*) составил $1,37$ г/м³ (сентябрь).

Весенний доминант 2020 г., потенциально токсичная цианобактерия *Limnithrix redekei*, в 2021 г. лидировала в апреле только на ст. 439, составив 14% общей биомассы фитопланктона. Наибольшая биомасса ($0,81$ г/м³) отмечена в сентябре на ст. 407. Впервые среди доминантов *L. redekei* была обнаружена в 2016 г. с биомассой $0,90$ г/м³. В 2020 г. биомасса выросла до $2,7$ г/м³ на том же участке (поселки Рыбачий — Морское), что и в 2021 г. Появление этого вида в планктоне Куршского залива, вероятно, связано со стоком р. Неман. Так, в мае 2016 г. массовая вегетация *L. redekei* до 11 г/м³ зафиксирована в левом притоке Немана р. Шешупе [5].

Наряду с цианобактериями основу биомассы микроводорослей формировали диатомовые (рис. 1). Наибольшее значение в структуре биомассы фитопланктона они имели в апреле ($58 \pm 6\%$) и сентябре ($34 \pm 10\%$), в июле их доля сокращалась до $9 \pm 2\%$. В апреле доминировали: повсеместно — *Diatoma tenuis* (кроме ст. 406, 407), *Nitzschia cf. vitrea* (кроме ст. 403); локально — *Fragilaria heidenii*, *Fragilaria spp.* (ст. 407). В июле лидирующих по биомассе диатомей в фитопланктоне не обнаружено. В сентябре из них преобладал вид *Actinocyclus normanii* (16 — 63%). Его наибольшая биомасса отмечена на участке поселков Рыбачий — Морское (23 — 31 г/м³), на остальных участках величина биомассы была в 20 раз меньше.

Средняя биомасса в апреле составила $0,05 \pm 0,03$, в июле — $0,51 \pm 0,19$, в сентябре — $9,74 \pm 5,66$ г/м³. С 2000-х гг. *A. normanii* регулярно превазирует в фитопланктоне вблизи поселков Рыбачий — Морское (зона влияния солоноватых балтийских вод [35]). Доминирование этого вида практически на всем прибрежном участке залива наблюдалось в 2006, 2015, 2017 гг. [11; 4; 5]. По многолетним наблюдениям в биотопе вблизи базы АтлантНИРО (ст. 403) он практически не развивается. Здесь в вегетационный сезон формируется специфический биотоп с обширной популяцией разнообразных макрофитов и сообществом фитопланктона, структура которого заметно отличается от таковой на других станциях. В 2021 г. только на ст. 403 доминировали зеленые водоросли (12—76% общей биомассы) (рис. 1), в июле превазировал *Pediastrum boryanum*.

Экстремальные значения биомассы фитопланктона различались в 117 раз, размах колебаний — от 0,42 до 49,26 г/м³ (рис. 3).

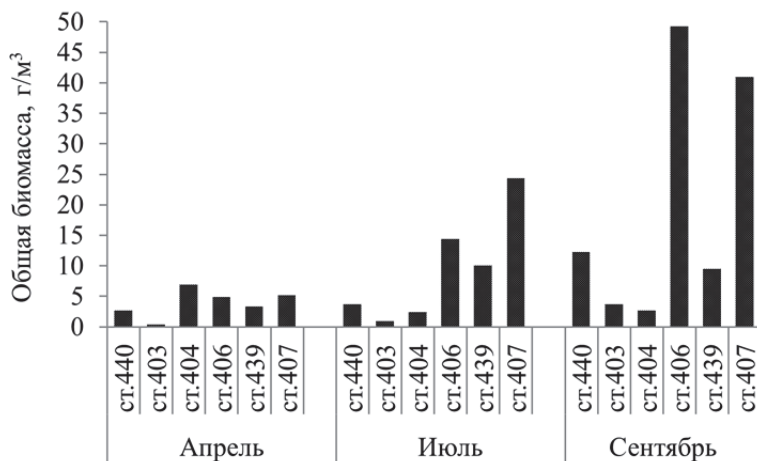


Рис. 3. Распределение биомассы фитопланктона на станциях мониторинга в прибрежной зоне западного берега Куршского залива в 2021 г.

В апреле биомасса фитопланктона в среднем составила $3,94 \pm 0,93$, в июле — $9,31 \pm 3,67$, в сентябре — $19,75 \pm 8,22$, среднесезонная — $11,00 \pm 3,25$ г/м³. Наибольшей продуктивностью фитопланктона отличался участок акватории залива поселков Рыбачий — Морское (ст. 406, 407), наименьшей — вблизи базы АлантНИРО (ст. 403), что отмечалось и ранее [13].

Макрофиты. В 2021 г. на мониторинговых станциях западного побережья Куршского залива установлены 30 видов макрофитов: макроводорослей — 11, сосудистых растений — 19 видов.

Флора макроводорослей принадлежала двум систематическим отделам. К отделу Chlorophyta относились восемь таксонов макроводорослей: класс Chlorophyceae — *Aphanochaete repens* A. Braun, *Uronema confervicola* Lagerheim, *Oedogonium sp.*, *Stigeoclonium tenue* (C. Agardh) Kütz., *Microspora sp.*; класс Ulvophyceae — *Cladophora fracta* (O.F. Müllerex Vahl) Kütz., *C. glomerata* (L.) Kütz., *Ulothrix sp.* К отделу Charophyta относилось три таксона макроводорослей: класс Charophyceae — *Chara globularis* Thuiller; класс Conjugatophyceae — *Spirogyra sp.*, *Mougeotia sp.*

Обнаруженные два новых вида зеленых макроводорослей-эпифитов: *Aph. Repens* и *U. confervicola* вегетировали на нитчатых растениях (эдогониум, кладофор и др.). Вероятно, эти виды и ранее обитали в заливе, но не были учтены из-за мелких размеров.

Как и в предыдущие годы, в 2021 г. наибольшее количество видов макроводорослей наблюдалось на ст. 403 (10 видов). На остальных участках — только 1—5 видов. На пике вегетационного сезона, в середине июля, прозрачность воды на мелководье практически была до дна. Отмечено развитие высшей водной растительности на всех станциях, в том время как нитчатые зеленые и другие макроводоросли попадались в небольшом количестве — одиночные нити среди побегов высших водных растений или в свободноплавающем состоянии. Почти повсеместно встречались *C. fracta* и *Oedogonium spp.*

В среднем воздушно-сухая фитомасса *C. fracta* в июле составила $28,32 \pm 0,01$ г/м². Рассматривая сезонный аспект вегетации видов водорослей, можно отметить, что 2021 г. не стал исключением. Как и ранее, в июле фитомасса макроводорослей была максимальной, а в сентябре она сокращалась.

Из высших водных растений на станциях мониторинга было обнаружено 19 видов (табл. 2).

Таблица 2

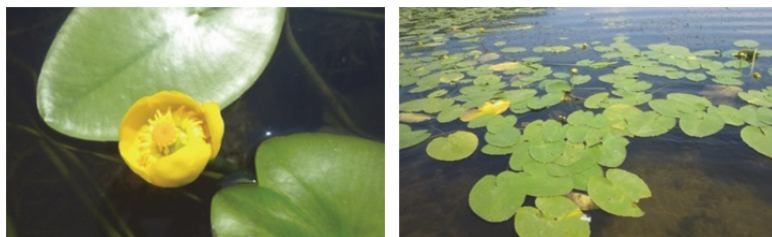
**Встречаемость сосудистых растений
на станциях мониторинга в прибрежной зоне
западного берега Куршского залива в 2021 г.**

Экологическая группа и вид	Станция					
	440	403	404	439	406	407
<i>Fontinalis antipyretica</i>	—	+	+	—	—	—
<i>Acorus calamus</i>	—	+	—	—	—	—
<i>Butomus umbellatus</i>	—	+	—	—	—	—
<i>Ceratophyllum demersum</i>	—	+	+	—	—	—
<i>Elodea canadensis</i>	—	+	—	—	—	—
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	—	+	—	—	—	—
<i>Lemna minor</i>	—	+	—	—	—	—
<i>Lycopus europeus</i>	—	—	—	—	—	+
<i>Myriophyllum spicatum</i>	—	+	+	+	—	—
<i>M. verticillatum</i>	—	+	+	+	—	—
<i>Nuphar lutea</i>	—	+	—	—	—	—
<i>Nymphaea alba</i>	—	+	—	—	—	—
<i>Phragmites australis</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	—	+	+	+	—	+
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	—	+	—	—	—	—
<i>Stuckenia pectinata</i>	—	+	+	+	—	+
<i>Scoenoplectus lacustris</i>	—	+	—	—	—	—
<i>Typha angustifolia</i>	—	+	—	—	—	—
<i>Zannichellia palustris</i>	—	—	—	+	—	—
Всего	1	17	7	6	1	4

На всех станциях, кроме ст. 440, была развита водная растительность, представленная погруженными видами, — рдестами, урутью, роголистником. Список видов обнаруженных сосудистых растений расширился за счет урути мутовчатой на ст. 439, произрастающей совместно с урутью колосистой, а также за счет кувшинки снежно-белой (рис. 4, в) и стрелолиста на зарастающем мелководье ст. 403.

Активный процесс зарастания литорали ст. 403 связан с биотопическими особенностями и гидродинамическими условиями на этом прибрежном участке акватории. Водные растения здесь представлены разнообразными экологическими группами (гелофитами, погруженными укореняющимися, погруженными укореняющимися с плавающими листьями и плавающими в воде и на поверхности гидрофитами). Среди гелофитов в зарастании доминируют *Phragmites australis*, *Scirpus lacustris*, из водных растений — *Nuphar lutea* (рис. 4, а, б), *Stukenia pectinata* (рис. 5, а), *Fontinalis antipyretica*. Многолетний водный мох *F. antipyretica*, отмечаемый на ст. 403 с 2019 г., в апреле 2021 г. произрастал вблизи уреза воды большими куртинами. Массовая вегетация мха свидетельствует о сложившихся благоприятных условиях для существования его популяции на данном участке прибрежной акватории. Другие гидрофиты были представлены ассоциацией кубышки желтой, встречались также сообщества *Potamogeton perfoliatus* (рис. 4, з). По сравнению с последними несколькими годами исследования в 2021 г. их проективное покрытие увеличилось.

На ст. 407 в 2020 и 2021 гг. происходило разрушение берегового уступа с тростниковыми зарослями, который теперь фрагментирован и смещен на 1 м в залив. Вблизи постоянного места наблюдения обнаружены куртины рдестов. В июле на ст. 407 и 439 отмечены наиболее высокие значения фитомассы водных растений (рис. 6).



а

б



в

г

Рис. 4. Сосудистые растения на ст. 403:
а, б — *Nuphar lutea*; в — *Nymphaea candida*,
г — *Potamogeton perfoliatus*, 13.07.2021 г.
Фото А. А. Володиной



а

б

Рис. 5. Сосудистые растения в 13.07.2021 г.:
а — *Stuckenia pectinata* (\equiv *Potamogeton pectinatus*, ст. 403);
б — *Myriophyllum spicatum*, ст. 439).
Фото А. А. Володиной

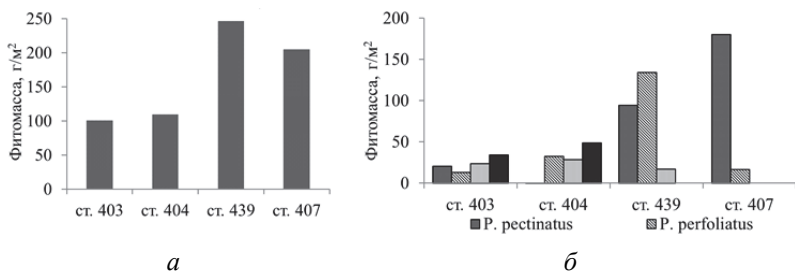


Рис. 6. Средняя воздушно-сухая фитомасса погруженных водных макрофитов на станциях мониторинга в прибрежной зоне западного берега Куршского залива в июле 2021 г.: а — общая, б — разных видов

Обильное развитие погруженных растений позволило отобрать количественные пробы. Наибольшие количественные показатели наблюдались на ст. 439, расположенной в бухте Черногорской в пос. Рыбачий. Здесь пояс гидрофитов, состоящий из сосудистых растений и макроводорослей, протянулся на 130 м вдоль причального мола. Сброс в бухту муниципального бытового стока происходит вблизи мониторинговой станции, что формирует постоянный приток биогенных соединений в акваторию бухты, который стимулирует вегетацию погруженной растительности и обеспечивает на этом участке акватории максимальную фитомассу растений. Кроме того, в июле 2021 г. на ст. 439 общее проективное покрытие высших водных растений составило от 30 до 80%. Уруть (*p. Myriophyllum*, рис. 5, б), при меньшей фитомассе, чем у рдестов (гребенчатого и пронзеннолистного) (рис. 6, б), имела проективное покрытие 20—40%.

На ст. 406, 440, 404 видовое разнообразие высшей водной растительности было менее выражено: 1—6 видов. На всех станциях вдоль берега развивались чистые заросли тростника.

По отношению к трофности и сапробности среди растений-эдификаторов в прибрежье доминировали мезотрофные и мезоэвтрофные виды, β-мезосапробы и эврисапробы.

Самые массовые виды (тростник южный, рдест пронзеннолистный, штукения гребенчатая) — это экологически пластичные виды, произрастающие в широком диапазоне природных условий.

Мох *F. antipyretica*, считавшийся ранее в отечественной литературе олиго-мезотрофным и олиго-мезосапробным видом, чувствительным к чистоте вод, в настоящее время, в случае массового развития, рассматривается как индикатор эвтрофных условий, отмечается его толерантность к широкому кругу абиотических факторов [33]. Массовая вегетация *F. antipyretica* на ст. 403 и его дальнейшее распространение (встречен на ст. 404), свидетельствуют о сложившихся оптимальных для его вегетации условиях в литоральной зоне рассматриваемого участка.

Зоопланктон. В 2021 г. в зоопланктоне прибрежной зоны Куршского залива обнаружено 48 таксонов голопланктона, представленного тремя основными группами: коловратки (Rotifera) — 21, веслоногие (Copepoda) — 15, ветвистоусые (Cladocera) — 12. В меропланктоне встречены велигеры *Bivalvia* во все сезоны, личинки полихет и усонюгих ракообразных наблюдались на отдельных станциях в июле. Тикопланктон был представлен разными организмами: олигохетами, гаммаридами, мизидами, хирономидами и в летне-осенний период тихоходками (рис. 7).

В апреле и сентябре среди планктонных ракообразных отмечены эвригалинные морские виды *Temora longicornis* и *Acartia tonsa*. В 2013 г., когда *A. tonsa* впервые была обнаружена на ст. 439, и в последующие годы эвригалинные морские организмы (*Acartia bifilosa*, науплии Cirripedia), включая обнаруженные виды в 2021 г., стали регулярно появляться в прибрежной зоне залива. Наличие морских видов зоопланктона маркирует осолоненные воды в акватории пресного Куршского залива. Заток балтийских вод в залив происходит на фоне снижения стока р. Неман в маловодные годы. В последнее десятилетие отмечается изменение направления ветров и увеличение частоты штормовых ветров над акваторией Юго-Восточной Балтики, что также может влиять на динамику

водных масс в заливе. На увеличение объема поступающих морских вод повлияло и дноуглубление в 2010-х гг. Клайпедского пролива, через который происходит заток морских вод [20].

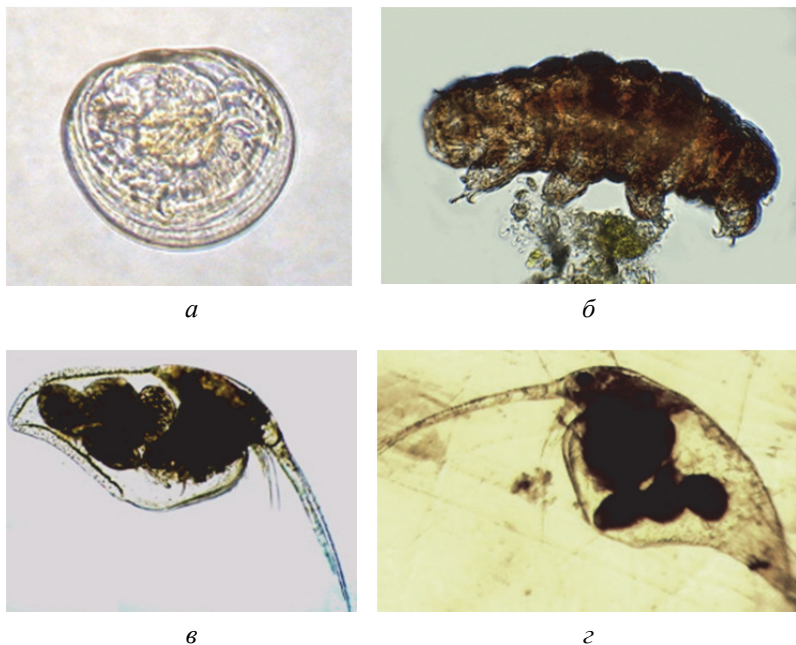


Рис. 7. Представители зоопланктона в прибрежной зоне западного берега Куршского залива в 2021 г.: а — меропланктон (личинка *Dreissena polymorpha*); б — тикопланктон (тихоходка *Tardigrada gen.sp.*); кладоцера *Bosmina (Eubosmina) thersites*: в — партеногенетическая самка; г — гамогенетическая самка.

Фото Ю. Ю. Полуниной

В июле 2021 г. в группе кладоцер встречен вид *Bosmina (Eubosmina) thersites* Poppe, 1887 (морфа *Bosmina (E.) coregoni* Baird, 1857 [17]) (рис. 7, в, г), отмечаемый в прибрежье залива с 2012 г. Наличие этого крупного по размерам вида маркирует воды большей трофности, чем те, где по обилию преобладают

более мелкие виды рода *Bosmina* [31]. Сведений об этом виде (или морфе) в отношении экологических факторов крайне мало и для выяснения причин появления его в Куршском заливе требуются дополнительные исследования.

В зоопланктоне выявлено 29 видов-индикаторов сапробности, среди которых преобладали α - β и β - α -мезосапробы, отмечены виды, предпочитающие воды с повышенным содержанием органических веществ — β - α -мезосапробы.

В период пробоотбора в 2021 г. таксономическое разнообразие коловраток варьировало в пределах от 12 до 17 таксонов, с максимумом в июле, напротив, число видов веслоногих ракообразных (8—13 таксонов) летом незначительно снижалось. Число таксонов ветвистоусых было наибольшим в сентябре (10), в весенне-летнем сезоне существенно меньше (3—5). Вероятно, экстремально высокая температура воды (27—30 °С) в июле не способствовала жизнедеятельность планктонных ракообразных, для большинства из которых температурный оптимум находится в пределах 20—24 °С [14; 34]. В сентябре температура воды снизилась до 16,5—18 °С, что способствовало повышению таксономического разнообразия ракообразных (рис. 8).

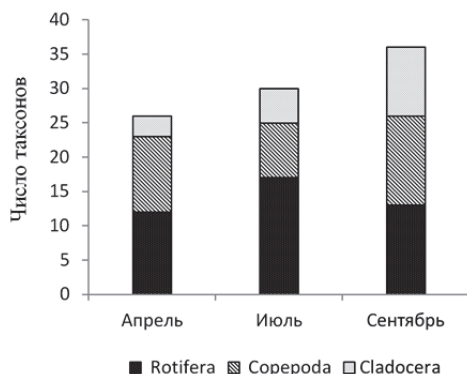


Рис. 8. Таксономическое разнообразие основных групп зоопланктона на станциях мониторинга в прибрежной зоне западного берега Куршского залива в 2021 г.

Состав доминантного комплекса менялся в зависимости от сезона (табл. 3).

Таблица 3

Доминирующие по численности виды в прибрежной зоне западного берега Куршского залива в 2021 г.

Апрель	Июль	Сентябрь
<i>Keratella quadrata</i> (23 %),	<i>Brachionus urceus</i> (5 %)	<i>Keratella cochlearis</i> (36 %),
<i>Науплии Cyclopoidea</i> (17 %),	<i>Lepadella spp.</i> (5 %)	<i>Науплии Cyclopoidea</i> (13 %),
<i>Копеподиты Cyclopoidea</i> (6 %),	<i>Mytilina mucronata</i> (6 %)	<i>Копеподиты</i> <i>Cyclopoidea</i> (7 %)
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (7 %),	<i>Науплии Cyclopoidea</i> (49 %),	<i>M. leuckarti</i> (16 %),
<i>Paracyclops fimbriatus</i> (16 %)	<i>Копеподиты</i>	<i>P. fimbriatus</i> (6 %)
<i>Cryptocyclops</i> (<i>Microcyclops</i>) <i>bicolor</i> (17 %)	<i>Cyclopoidea</i> (30 %)	<i>C. (M.) bicolor</i> (5 %)

В сравнении с аналогичными данными прошлого года, летом доля клadoцер в общей численности зоопланктона сократилась. Среди доминирующих видов преобладали мелкоразмерные коловратки, ювенильные особи циклопов и мелкоразмерные циклопы: *Mesocyclops leuckarti*, *Paracyclops fimbriatus*, *Cryptocyclops (Microcyclops) bicolor*. За весь период наших исследований с 2001 г. впервые в группу доминант не вошли клadoцеры.

Распределение показателей зоопланктона вдоль косы в целом было сходным с аналогичными данными прошлых лет [13] и характеризовалось сезонной вариабельностью (табл. 4).

Таблица 4

Показатели зоопланктона в прибрежной зоне западного берега Куршского залива в 2021 г.

Показатель	Апрель	Июль	Сентябрь
Число видов ¹⁾	26 (29)	30 (37)	36 (42)
Численность, тыс. экз./м ³	0,5—257 (96) ²⁾	4—58 (30)	17—258 (100)
Биомасса, г/м ³	0,004—1,52 (0,77) ²⁾	0,03—0,22 (0,10)	0,044—2,53 (0,83)
Индекс Шеннона, Н	2,17	1,58	2,36

Примечание. ¹⁾ среднее (максимум); ²⁾ диапазон колебания (среднее).

В корневой части косы (ст. 440, 403), где прибрежная зона отделена от остальной части залива поясом высшей водной растительности, наблюдалось наиболее высокое таксономическое разнообразие зоопланктона, тогда как количественные показатели, напротив, в основном были ниже таковых в местах чистоводья (ст. 406, 439, 407). Исключение составила ст. 440, где в июле численность зоопланктона была такой же высокой, как и на участке поселков Рыбачий — Морское (рис. 9).

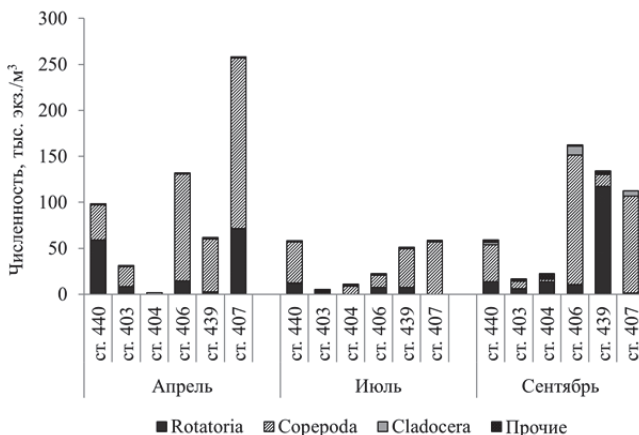


Рис. 9. Численность основных групп зоопланктона в прибрежной зоне западного берега Куршского залива в 2021 г.

Максимум численности и биомассы, как и видового разнообразия, зафиксирован в начале сентября. По многолетним данным, количественные показатели зоопланктона в июле 2021 г. в среднем были ниже таковых в период 2015—2020 гг. (табл. 5).

Таблица 5

**Общее число видов
и средние количественные показатели зоопланктона
на станциях мониторинга в прибрежной зоне
западного берега Куршского залива в июле разных лет**

Показатель	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Число видов	30	37	29	23	24	49	37
Численность, тыс. экз./м ³	93	1148	42	443	148	591	30
Биомасса, г/м ³	1,21	23,20	0,98	5,10	4,80	3,50	0,10

Макрозообентос. В прибрежных биотопах без водной растительности (чистоводье) выявлено 25 видов беспозвоночных животных. До вида не определяли олигохет, водных клещей, личинок насекомых, мелких пизидиид, а также мейобентосные группы Nematoda и Ostracoda. Установлено девять видов брюхоногих, два — двустворчатых моллюсков. Встречено шесть видов понто-каспийских вселенцев из ракообразных: гаммариды *Pontogammarus robustoides*, *Dikerogammarus villosus*, *Obesogammarus crassus*, *Chaetogammarus warpachowskyi*, корофида *Chelicorophium curvispinum*, мизиды *Limnomysis benedeni*. Присутствие еще одного вида-вселенца, *Dikerogammarus haetobaphes*, нуждается в уточнении. Кроме того, обнаружены личинки насекомых (стрекозы, ручейники, жуки), водные клещи, мейобентосные рачки остракоды, стрекающие (гидроидный полип, понтокаспийский вселенец) и единично — геммулы губок.

Количество видов и групп макробентоса на станциях за период исследования колебалось от 4 до 21. Низким таксоно-

мическим разнообразием отличались сообщества песчаной литорали (чистоводье), высоким — биотоп вблизи пос. Рыбачий (ст. 439) на глубине 2 м, что фиксировалось нами и ранее [2].

К постоянно встречающимся (частота встречаемости в пробах более 50%) относились хирономиды и олигохеты (более 95%), найденные на всех станциях и практически во всех бентосных пробах. Два понтокаспийских вселенца — двустворка *D. polymorpha* (17%, на всех станциях) и рачок *P. robustoides* (24%, кроме ст. 407) — сохранили ту же частоту встречаемости и участки распространения, что и в 2020 г. Губки продолжали развиваться в корне косы (ст. 440, 403), но их встречаемость снизилась в 2 раза по сравнению с аналогичными данными 2020 г. (33% проб). Из брюхоногих моллюсков только *Valvata ambigua* с частотой 20% встречалась в бентосных пробах, причем исключительно в южной части побережья (ст. 440, 403, 404). Амфипода *Chelicorophium curvispinum* (11%) — только на ст. 407. Нематоды в пробах выявлялись с частотой 20% повсеместно, кроме ст. 406. Остальные организмы макробентоса — эпизодически (2—7% проб).

Новый для российской акватории Куршского залива вид, понтокаспийский вселенец *Dikerogammarus villosus*, впервые обнаруженный нами в российских водах в 2018 г. [2], с 2019 г. мы считаем натурализовавшимся, исходя из анализа размерной структуры популяции рачка. Вид массово наблюдался в литорали вблизи поселков Рыбачий (ст. 406) и Морское (ст. 407), поселения были представлены особями всех размерно-возрастных групп [13]. Однако документированных доказательств размножения этого вида до настоящего времени не было. В апреле 2021 г. на ст. 439 были найдены особи *D. villosus* с яйцами на переоподах, что подтвердило сделанный ранее вывод. Тем не менее не произошло расширения района обитания этого вида, и частота встречаемости осталась прежней (7%).

В семи пробах (ст. 406, 407) и на пляжевой полосе отмечены пустые раковины чужеродного моллюска *Rangia cuneata*

(Mactridae) из Мексиканского залива, который с 2010 г. расселяется в Балтийском море и широко распространен в Вислинском заливе. В Куршском заливе, где, вероятно, рангия не находит благоприятных условий, длина створок моллюска из выбросов на пляже не превышала 30 мм, в бентосных пробах — только 4 мм, тогда как размер живых экземпляров из Вислинского залива достигает 60 мм.

Количественные показатели зообентоса изменялись во времени и пространстве (табл. 6, рис. 10).

Таблица 6

**Сезонная динамика
средних количественных показателей зообентоса
в чистоводье прибрежной зоны
западного берега Куршского залива в 2021 г.**

Показатель	Апрель	Июль	Сентябрь
Численность, тыс. экз./м ²	0,62—23,2 (8,37)*	1,68—12,34 (6,69)	1,62—10,40 (5,47)
Биомасса, г/м ²	7,4—1287 (453,33)	6,15—270,8 (63,88)	4,31—44,11 (18,68)

* диапазон величин (среднее)

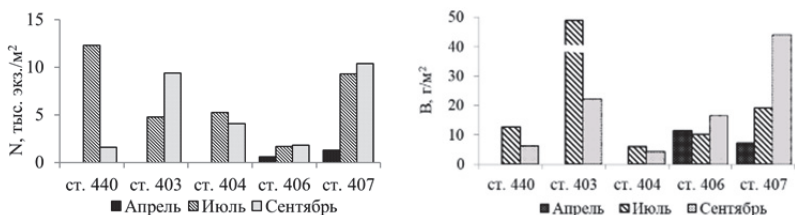


Рис. 10. Средняя численность (N) и биомасса (B) зообентоса на станциях мониторинга в прибрежной зоне западного берега Куршского залива в 2021 г. (в июле на ст. 403 — 271 г/м²)

В апреле на ст. 406 по количественным показателям пре-валировали олигохеты и гаммариды, на ст. 407 — крупные личинки хирономид (*Ch. plumosus* 3—4 возраста), кроме того, численность на 17% определяли олигохеты, биомассу — гаммариды (9%). В среднем величина обилия зообентоса на рассматриваемых станциях была схожей (табл. 6). В целом на участке поселков Рыбачий — Морское численность составила 0,95 тыс. экз./м², биомасса — 9,50 г/м².

Высокое таксономическое разнообразие (не менее 17 таксонов) за счет организмов, характерных для биоценоза с доминированием *D. polymorpha*, и высокие количественные показатели макробентоса были обнаружены у мола в пос. Рыбачий в Черногорской бухте (глубина 2 м), где средняя численность составила 23,2 тыс. экз./м² с доминированием дрейссены (54%), хирономид (32%) и олигохет (10%). Средняя биомасса, 99% которой формировали двустворки *D. polymorpha*, достигала величины 1287 г/м². В настоящее время дрейссена в заливе встречается сравнительно редко, ее поселения распространены локально, где присутствует подходящий субстрат. В некоторых районах Кушского залива, особенно на каменистых грядах искусственного происхождения на восточном побережье, ее численность по нашим данным, может составлять более 100 тыс. экз./м², биомасса — 8583 г/м². В предыдущие годы в донном сообществе на ст. 439 значительной численности (50—60 тыс. экз./м²) достигали остракоды (92% общего показателя), однако в апреле 2021 г. были выявлены лишь единичные представители этой группы, что, может быть, связано с биотическими факторами, например выеданием, или с изменившимися условиями среды.

В июле и начале сентября средняя численность макрозообентоса варьировала в сравнимых пределах (табл. 6). Около 10 тыс. экз./м² и более отмечены на ст. 440 (июль), 403 (сентябрь) и 407 (оба срока) (рис. 9 см. на с. 119). Минимум обилия донных организмов был характерен для участка ст. 406,

вблизи сброса муниципальных сточных вод. К доминантам в оба сезона на всех участках чистоводья относились хирономиды (кроме ст. 404, сентябрь) и олигохеты (кроме ст. 406, июль; ст. 407, оба срока), а также дрейссена (ст. 440, июль; 407, сентябрь). В июле средняя биомасса макрозообентоса изменялась в диапазоне 6—19 г/м², максимум в сентябре был в 2 раза выше (табл. 6). Исключение составила ст. 403 (база АтлантНИРО), где в июле за счет развития дрейссены и брюхоногих моллюсков, биомасса макрозообентоса достигла 271 г/м² (без учета единично встреченных *Anodonta anatina*). На всех исследованных участках литорали доминировали хирономиды и олигохеты, кроме того, на ст. 440 и 404 (в корне косы) в число доминантов вошли гаммариды понтокаспийского комплекса и различные моллюски, прежде всего брюхоногие, в том числе *Valvata ambigua* (ст. 440, 404). В сентябре структуру биомассы определяли те же группы бентосных беспозвоночных. На фоне доминирования олигохет (кроме ст. 407) и хирономид (кроме ст. 403, 404) биомассу в значительной степени формировали также понтокаспийских амфиподы (ст. 403, 404), двустворка *D. polymorpha* (ст. 407) и брюхоногие моллюски вальватиды.

Для северного участка побережья (ст. 406, 407) средние значения численности и биомассы бентобионтов в 2021 г. варьировали по сезонам, увеличиваясь от весны к осени (рис. 11), что соответствует сезонной динамике количественных показателей макрозообентоса в западной литорали чистоводья Куршского залива.

В целом в период мониторинга средняя численность макрозообентоса варьировала в пределах от 0,62 до 12,34 тыс. экз./м², биомасса (без учета станций с доминированием дрейссены) — от 4,31 до 44,11 г/м². В апреле на ст. 439 (1287 г/м²) и в июле на ст. 403 (271 г/м²) при развитии дрейссены биомасса макрозообентоса превышала максимум на других станциях в 100 и 14 раз соответственно.

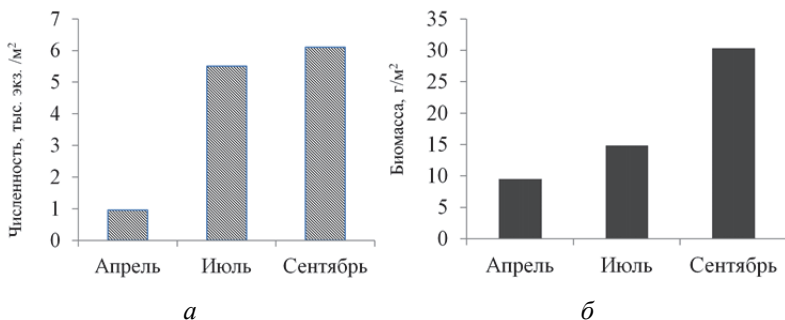


Рис. 11. Средняя численность (а) и биомасса зообентоса (б) в прибрежной зоне западного берега Куршского залива, апрель — сентябрь 2021 г. (ст. 406, 407)

Содержание биогенных элементов. В 2021 г. содержание *нитрит-ионов* в исследованной прибрежной зоне Куршского залива изменялось в интервале от 0,011 до 0,058 мг/л. В апреле вдоль всего побережья зафиксировано превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) для водоемов рыбохозяйственного назначения (0,02 мг/л). Превышение в 2—3 раза обнаружено на станциях, расположенных: вблизи Музейного комплекса (ст. 404) и у пос. Рыбачий (ст. 406, 439), где такое же превышение было и в сентябре. В июле превышение ПДК не наблюдалось.

Содержание *нитрат-ионов* по станциям отбора варьировало от 7,03 до 9,49 мг/л, что было в 4—5,7 раза ниже соответствующего ПДК (40 мг/л) для водоемов рыбохозяйственного назначения [21]. Наибольшая концентрация нитрат-ионов наблюдалась в апреле, что соответствовало сезонным колебаниям этого показателя с максимумом в весеннем сезоне.

Содержание *ионов аммония* колебалось в диапазоне от 0,064 до 0,912 мг N/л. Превышение ПДК (0,39 мг N/л) в 1,3—2,3 раза зафиксировано в апреле — на ст. 439, в июле — повсеместно, в сентябре — везде, кроме ст. 404. Максимальное превышение выявлено в сентябре на ст. 403.

Содержание фосфора в природных водах подвержено сезонным колебаниям, поскольку оно зависит от интенсивности процессов фотосинтеза и биохимического разложения органических веществ [22]. Содержание *минерального фосфора* в апреле варьировало от 0,148 до 0,395 мг/л, более 0,300 мг/л обнаружено на ст. 403 и 406. В июле концентрация минерального фосфора была низкой: 0,018—0,035 мг/л. В сентябре произошло увеличение до 0,056—0,363 мг/л, при этом 67% значений превышали 0,1 мг/л. Максимум в сентябре установлен на ст. 404. В целом содержание фосфора фосфатов в течение всего периода наблюдения в 2021 г. было близко к ПДК (0,2 мг/л) или меньше.

В итоге наибольшее содержание минеральных форм азота (кроме ионов аммония) и фосфора отмечено весной. Содержание нитратов и фосфатов летом снижалось, а осенью снова увеличивалось, что соответствовало их сезонной динамике в заливе. Во все сроки максимальное содержание фосфора и различных форм азота наблюдалось на участке литорали: база АтлантНИРО — пос. Рыбачий, что могло быть следствием сброса неочищенных сточных вод (маркер ионы аммония). Аммонийные ионы в водной среде, насыщенной кислородом, как в прибрежной зоне залива, неустойчивы, легко подвергаются биохимическому и фотохимическому окислению до нитритов и далее до нитратов. Повышенная концентрация ионов аммония во все сроки мониторинга в 2021 г. (преимущественно на указанном выше участке) свидетельствовала о перманентно плохом санитарном состоянии вод прибрежной зоны залива.

Экологические особенности прибрежной зоны Куршского залива определяют специфический характер распределения в ней биогенных элементов. Малые глубины в прибрежье (менее 1 м) способствуют интенсивной аэрации вод при ветроволновом перемешивании, сохраняя тем самым благоприятные кислородные условия, а также содействуют раннему прогреву вод в прибрежье [6; 29]. Эти факторы вместе с высоким содержанием биогенных элементов в воде благоприятствуют вегетации фитопланктона и прибрежно-водной растительности [9; 30].

Содержание ионов *тяжелых металлов* на мониторинговых станциях в июле 2021 г. сравнивалось с соответствующими ПДК согласно утвержденным нормативам качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения [22]. Содержание ионов никеля (ниже 0,001 мг/л), хрома (0,012—0,03 мг/л), кадмия (0,06—0,21 мкг/л) и свинца (1,66—2,92 мкг/л) не превышало ПДК.

Содержание ионов меди (0,009—0,018 мг/л) в 9—18 раз превышало ПДК (0,001 мг/л) на всех исследованных участках прибрежной зоны, что отмечалось и в 2020 г. Максимальное превышение отмечено на ст. 403 (база АтлантНИРО) и 404 (Музейный комплекс). Содержание цинка (0,012—0,031 мг/л) также превышало ПДК (0,01 мг/л), максимально в 3 раза на ст. 439 (мол. пос. Рыбачий).

Заключение

Фитопланктон. В весенне-осенний период 2021 г. фитопланктон исследованных участков западной прибрежной акватории Куршского залива состоял из 182 таксонов рангом ниже рода, биомассу фитопланктона в основном формировали цианобактерии (*Planktothrix agardhii*, все сроки; род *Microcystis*, июль), диатомовые (*Diatoma tenuis*, *Nitzschia cf. vitrea*, апрель; *Actinocyclus normanii*, сентябрь). Экстремальные значения биомассы фитопланктона различались в 117 раз, размах колебаний составил от 0,42 до 49,26 г/м³. В апреле биомасса фитопланктона в среднем была $3,94 \pm 0,93$, в июле — $9,31 \pm 3,67$, в сентябре — $19,75 \pm 8,22$, среднесезонная — $11,00 \pm 3,25$ г/м³. Наибольшей продуктивностью фитопланктона отличался участок акватории залива поселков Рыбачий — Морское (ст. 406, 407), наименьшей — вблизи базы АтлантНИРО (ст. 403).

Согласно референтным значениям биомассы фитопланктона [28] прибрежная зона западной части Куршского залива в 2021 г. имела гиперэвтрофный статус (среднесезонная биомасса составила более 10 г/м³).

Макрофиты. В 2021 г. на мониторинговых станциях выявлено 30 видов макрофитов (11 видов макрководорослей, 19 — сосудистых растений). Впервые обнаружены макрководоросли-эпифиты, обрастатели нитчатых водорослей: *Aphanochaete repens* и *Uronema confervicola*.

В апреле макрководоросли отсутствовали; в июле — они начали отрастать, но еще не в полной мере после майского пика вегетации и отмирания; в сентябре фитомасса макрководорослей также не была высокой. Эти наблюдения свидетельствуют о коротком жизненном цикле, об особенностях биологии сообщества макрководорослей в литорали. Харовые водоросли продолжали встречаться крайне редко.

Наибольшее видовое разнообразие высшей водной растительности, обусловленное биотопическими особенностями, наблюдалось на ст. 403 (17 видов). Расширились площади зарастания тростником южным на ст. 406, разрослись пояса кубышки желтой на ст. 403. Увеличилось распространение водного мха *Fontinalis antipyretica*: кроме ст. 403, где указанный вид вегетировал два последних года, он был обнаружен на ближайшей к месту первых находок ст. 404.

Величина воздушно-сухой фитомассы сосудистых растений более 200 г/м² зафиксирована в июле на ст. 439 (247 г/м²) и 407 (205 г/м²). Наибольший вклад в фитомассу среди погруженных гидрофитов вносили рдест гребенчатый (74 г/м²) и уруть (54 г/м²).

Зоопланктон. В вегетационный сезон 2021 г. зоопланктон Куршского залива был представлен 48 видами голопланктона, из которых (Rotifera) — 21, веслоногие (Copepoda) — 15, ветвистоусые (Cladocera) — 12. В меропланктоне на протяжении всего периода присутствовали велигеры *Bivalvia*, а в июле в незначительном количестве обнаружены личинки полихет и усоногих ракообразных. Максимальное разнообразие видов фиксировалось в начале сентября, что подтверждалось и величиной индекса Шеннона, тогда как в прошлом году максимум наблюдался в июле. Лимитирующим фактором развития некоторых видов зоопланктона в июле 2021 г., по всей видимости,

была экстремально высокая температура воды в прибрежье (до +30 °С), так как ранее было установлено угнетение развития зоопланктона с ростом температуры воды. Доминанты были представлены мелкоразмерными видами всеядных циклопов, а также коловратками, в том числе видами трипто-бактериофагами, что косвенно свидетельствовало о повышении содержания триптона, источником которого являются растительные остатки. Впервые за весь период наших исследований (2001—2021) в июле обилие зоопланктона в среднем (31 тыс. экз./м³, 0,1 г/м³) и доля ветвистоусых ракообразных, которые впервые выпали из числа доминантов, имели крайне низкие значения. Распределение зоопланктона вдоль косы было типичным: общая численность и биомасса возрастали от корневой части косы к пос. Морское, кроме июля, когда максимум численности зоопланктона, наоборот, обнаруживался в корневой части косы (пос. Лесной).

Макрозообентос. Видовой состав макрозообентоса песчаной литорали без растительности (чистоводье) аналогичен таковому в прежние годы. Новых для района исследования видов не обнаружено, не считая находок пустых раковин чужеродного вида — двустворчатого моллюска *Rangia cuneata*. Наметилась тенденция уменьшения доли олигохет и хирономид и увеличения доли брюхоногих и двустворчатых моллюсков, особенно *D. polymorpha*, кроме того, в пробах впервые отмечена крупная двустворка *Anodonta anatine*. Для северного участка побережья средние значения численности и биомассы бентобионтов в 2021 г. варьировали по сезонам, увеличиваясь от весны к осени. По многолетним данным, в 2021 г. в среднем обилие макрозообентоса оказалось наиболее высоким за счет увеличения доли двустворчатого моллюска дрейссены и видов брюхоногих. Зафиксированные в апреле и июле значения биомассы стали максимальными за несколько последних лет.

Гидрохимические показатели (биогенные элементы). В период съемок на станциях концентрация нитрат-ионов в воде (до 9,49 мг/л) была ниже ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения. Максимум наблюдался в апреле, что

соответствует сезонным колебаниям этого показателя. Содержание нитрит-ионов в июле приближалось или было выше значений ПДК, что также связано с сезонными закономерностями гидрохимического режима водоема до 0,058 мг/л (3 ПДК, сентябрь). Превышение ПДК в 2 раза и более зафиксировано локально в апреле и сентябре на станциях, расположенных у пос. Рыбачий и Музейного комплекса. Значение аммонийного азота достигало 0,912 мг N/л. Превышение ПДК выявлялось на всех станциях мониторинга в июле и почти на всех станциях в сентябре.

Тяжелые металлы. Содержание ионов тяжелых металлов — ионов никеля (ниже 0,001 мг/л), хрома (до 0,03 мг/л), кадмия (до 0,21 мкг/л), свинца (до 2,92 мкг/л) — не превышало ПДК. Концентрация ионов меди (до 0,018 мг/л) превышала ПДК на всех исследованных участках прибрежной зоны, что отмечалось и в 2020 г. Максимальное превышение установлено на ст. 403 (база АтлантНИРО) и 404 (Музейный комплекс). Содержание цинка (до 0,031 мг/л) также превышало ПДК, максимально на ст. 439 (мол. пос. Рыбачий).

Благодарности. Коллектив авторов признателен всем сотрудникам ЛМЭ АО ИОРАН, принимавших участие в экспедиционных работах и обработке проб: А.Е. Карташовой, А.С. Мельник, Н.С. Молчановой, Я.В. Уткиной.

Работа выполнена в рамках договора № 46–УК-РАН от 15.03.2021.

Список литературы

1. *Архив* погоды метеостанции пос. Нида. URL: <https://tp5.ru> (дата обращения: 03.09.2021).

2. Багиров Н.Э., Ежова Е.Е., Ланге Е.К., Полунина Ю.Ю., Герб М.А., Володина А.А. Результаты экологического мониторинга прибрежной зоны Куршского залива на территории национального парка «Куршская коса» в 2020 году // Проблемы изучения и охраны

природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сб. науч. ст. / сост. И.П. Жуковская. Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2021. Вып. 17. С. 144—189.

3. *Балушкина Е.В., Винберг Г.Г.* Зависимость между массой и длиной тела у планктонных ракообразных // Общие основы изучения водных экосистем. Л.: Наука, 1979. С. 169—172.

4. *Герб М.А., Полунина Ю.Ю., Ланге Е.К., Маркиянова М.Ф., Володина А.А., Ежова Е.Е.* Характеристика биологических сообществ литорали западного побережья Куршского залива по данным гидробиологического мониторинга в 2015 г. // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сб. науч. ст. / сост. И.П. Жуковская. Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2016. Вып. 12. С. 97—117.

5. *Герб М.А., Ланге Е.К., Ежова Е.Е., Маркиянова М.Ф., Володина А.А., Родионова Н.В., Смирнова М.М.* Характеристика состояния биоты литоральной зоны Куршского залива в национальном парке «Куршская коса» в 2017 году // Там же. 2018. Вып. 14. С. 72—98.

6. *Гуделис В.И.* Геологические и физико-географические условия КуршьюМарес и территории, окаймляющей залив // КуршьюМарес. Вильнюс, 1959. С. 7—40.

7. *Календарь природы НП «Куршская коса».* URL: http://park-kosa.ru/cn_kalendar-prirody (дата обращения: 03.09.2021).

8. *Катанская В.М.* Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. Л.: Наука, 1981.

9. *Кубилюте А., Станкявичус А.* Зарастание северной части Куршского залива макрофитами и их влияние на распределение макрозообентоса // Тезисы докладов VIII съезда ГБО РАН. Калининград, 2001. Т. 1. С. 291—292.

10. *Кузьмин Г.В.* Фитопланктон. Видовой состав и обилие // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. С. 73—87.

11. *Ланге Е.К.* Фитопланктонный комплекс российской части Куршского залива (2001—2007 гг.) // Известия КГТУ. 2013. № 28. С. 87—94.

12. *Ланге Е.К., Герб М.А., Володина А.А., Родионова Н.В., Маркиянова М.Ф., Ежова Е.Е.* Характеристика состояния западной прибрежной зоны Куршского залива по гидробиологическим показателям в 2016 году // Проблемы изучения и охраны природного и куль-

турного наследия национального парка «Куршская коса» : сб. науч. ст. / сост. И. П. Жуковская. Калининград : Изд-во БФУ им И. Канта. 2017. Вып. 13 С. 86—112.

13. *Ланге Е. К., Герб М. А., Ежова Е. Е., Володина А. А., Кочешкова О. В., Родионова Н. В., Королева Ю. В., Таран В. С.* Результаты экологического мониторинга прибрежной зоны Куршского залива на территории национального парка «Куршская коса» в 2019 году // Там же. 2020. Вып. 16. С. 99—137.

14. *Мануйлова Е. Ф.* Ветвистоусые рачки (Cladocera) фауны СССР. М. : Наука, 1964.

15. *Методические* рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресных водоемах. Зоопланктон и его продукция / под ред. А. А. Салазкина, М. Б. Иванова, В. А. Огородниковой. Л. : ГосНИОРХ, 1984.

16. *Методические* рекомендации по сбору и обработке материала при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция / под ред. А. А. Салазкина, А. Ф. Алимова, Н. П. Финогеновой [и др.]. Л. : ГосНИОРХ, 1984.

17. *Науменко Е. Н.* Зоопланктон прибрежной части Куршского залива. Калининград : Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии, 2006.

18. *Никаноров А. М., Трунов Н. М.* Внутриводоемные процессы и контроль качества природных вод. СПб. : Гидрометеиздат, 1999.

19. ПНД Ф 14.1:2.4.140-98 Количественный метод измерений массовых концентраций бериллия, ванадия, висмута, кадмия, кобальта, меди, молибдена, мышьяка, никеля, олова, свинца, селена, серебра, сурьмы и хрома в пробах питьевых, природных и сточных вод методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией. М. : 1998 (издание 2013 г.).

20. *Полунина Ю. Ю., Родионова Н. В.* Характеристика зоопланктонного сообщества Балтийского моря // Система Балтийского моря. М. : Научный мир, 2017. С. 258—291.

21. *Об утверждении* нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (с изменениями на 12 октября 2018 года) : приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2016 года № 552. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

22. *Об утверждении* нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объ-

ектов рыбохозяйственного значения (с изменениями на 10 марта 2020 года) : приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2016 г № 552. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

23. РД 52.24.383-2018 Массовая концентрация аммонийного азота в водах. Методика измерений фотометрическим методом в виде индофенолового синего. Ростов н/Д : Росгидромет, ФГБУ ГХИ. 2018.

24. РД 52.24.381-2017 Массовая концентрация нитритного азота в водах. Методика измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса. Ростов н/Д : Росгидромет, ФГБУ ГХИ, 2017.

25. РД 52.24.380-2017 Массовая концентрация нитратного азота в водах. Методика измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса после восстановления в кадмиевом редуторе. Ростов н/Д : Росгидромет, ФГБУ ГХИ, 2017.

26. *Руководство* по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В.А. Абакумова. СПб. : Гидрометеоздат, 1992.

27. *Руководство* по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана. М. : Изд-во ВНИРО, 2003.

28. *Трифорова И. С.* Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л. : Наука, 1990.

29. *Юревичюс Р.* Гидрохимическая характеристика КуршюМарес // КуршюМарес. Вильнюс, 1959. С. 69—102.

30. *Янкявичюс К., Баранаускаене А., Антаниене А. и др.* Уровень эвтрофирования в заливе Куршю-Марес // *Ecologija*. 1993. №2. С. 25—31.

31. *Błędzki L. A., Szeroczyńska K., Puusepp E.* The late Holocene appearance of European *Bosmina* (*Eubosmina*) thersites (Crustacea, Cladocera) in lakes surrounding the Baltic Sea//*Hydrobiologia*. 2013. № 715. P. 77—86.

32. *HELCOM*, Baltic Marine Environmental Protection Commission — Helsinki Commission Guidelines for the Baltic Monitoring Programme for the third stage; Part D. Biological Determinands. 1988. 27 D.

33. *Schauburg J., Schranz Chr., Foerster J.* et al. Ecological classifications of macrophytes and phytobenthos for rivers in Germany according to the Water Framework Directive // *Limnologia*, 2004. Vol. 3. P. 283—301.

34. *The World of Copepods*. URL: <http://www.marinespecies.org/copepoda/> (дата обращения: 25.05.2022).

35. *Vaikutienė G.* Diatom distribution in superficial sediments of northern part of the Curonian Lagoon // *Geologija*. 2002. No. 37. P. 56—66.

УДК 594.3

Д. В. Манаков

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН
Музей «Фридландские ворота»*

Редкие брюхоногие моллюски Куршского залива и близлежащих к нему водоемов

В работе представлен список редких брюхоногих моллюсков Куршского залива и примыкающих водоемов польдеров, главным образом по нашим сборам в пос. Рыбачий (2008) и пос. Заливное (2013). Приводятся фотографии некоторых моллюсков Куршской косы (пос. Рыбачий), Куршского залива и близлежащих водоемов (пос. Заливное). Обсуждаются типичные случаи затруднительных ситуаций при определении моллюсков.

The paper provides a list of rare gastropod mollusks of the Curonian Lagoon and adjoining water bodies of its polders, mainly according to our collections in the village Rybachy (2008) and village Zalivnoye (2013). Photographs of some mollusks of the Curonian Spit (village Rybachy), the Curonian Lagoon and nearest water bodies (village Zalivnoye) are given. Typical cases of difficult situations in the identification of mollusks are discussed.

Ключевые слова: моллюски, пресноводные, брюхоногие, био-разнообразие, редкие виды.

Key words: mollusks, freshwater, gastropods, biodiversity, rare species.

Куршский залив — самый крупный, мелководный водный объект, часто называемый лагуной, в Калининградской области. К нему примыкает множество придаточных водоемов и водотоков, которые богаты водной жизнью. Моллюски пресных вод заселяют как весь залив, включая его берега, так и придаточные водоемы окружающих его низменностей. Раковины моллюсков слагают обширные выбросы на его берегах. В некоторых случаях качественный и количественный состав моллюсков придаточных водоемов оказывается богаче малакофауны самого залива [5]. Моллюски, населяющие берега залива, те же, что обитают в близлежащих стоячих постоянных водоемах и впадающих в залив реках. Специфических только заливу моллюсков не обнаружено [5].

Цель публикации — наглядно охарактеризовать видовой состав, места находок для редких моллюсков.

Материал и методы

Моллюсков коллектировали общепринятыми методами [1—3; 10; 12; 20], с использованием сачков и вручную, а также собирали ракушечные выбросы на берегах Куршского залива (поселки Рыбачий, Заливное, Каширское, Заливино, Красное, болото Свиное у Зеленоградска) в 2006—2014 гг. (в сезоны года без снежного покрова). Но основные сборы были осуществлены в поселках Рыбачий [9] и Заливное [5]. Видовой состав моллюсков определен по ключам и фаунистическим сводкам из Европы [1; 11; 13—19; 22—24], с уточнением по «Каталогу пресноводных моллюсков России» [21].

Материал моллюсков, собранный нами в 2006—2014 гг.:

1. Пос. Рыбачий (Манаков, 2011 [9]): 23—24.07.2008 собрано 11 качественных проб на 34 водоемах. Обработано 2130 экземпляров.

2. Запад Калининградской области (Манаков, 2017 [6; 7]): с мая по сентябрь 2006—2014 гг. обловлено 200 прибрежных участков на более чем 150 водных объектах, собрано 711 проб. Материал обработан частично.

3. Пос. Заливное (Куршский залив) (Манаков, 2019 [4; 5]): материал собран осенью 2013 г. за 5 дней. Всего был обловлен 141 участок (точки станций). Собрано около 50 проб, в которых находилось 4563 экз. моллюсков.

Большая часть материала определена по пустым (сухим) раковинам.

Результаты

Список редких брюхоногих моллюсков [6—8]

Сокращения в тексте: пос. — поселок; Курш. — Куршский(ая); зал. — залив; Зел. — Зеленоградский муниципальный округ; Гур. — Гурьевский муниципальный округ; Пол. — Полесский муниципальный округ; Багр. — Багратионовский муниципальный округ; Нест. — Нестеровский муниципальный округ; г. — год; бол. — болото; р. — река; тан. — танатоценоз(ы) (наносы пустых раковин); у. — устье; К.О. — Калининградская область; К.К.К.О. — вид из Красной книги К.О.; экз. — экземпляр.

Моллюски, обитающие в пересыхающих биотопах (рис. 1, 2 см. на с. 139—140)

1. *Segmentina nitida* (Müller, 1774): мочажины выпаса пос. Рыбачий (Курш. коса) и микроозера в пос. Каширское (Курш. зал.). Наиболее богатые сборы вида — в мелиоративных сетях, временных водоемах подтопляемых выпасов пос. Заливное (Курш. зал.). Летом 2015 г. вид обнаружен единично в р. Тростянка и рядом с нею в лужах на бол. Свином (Швентлунд) у Зеленоградска. Вид многочислен в пересыхающих водоемах.

2. *Galba truncatula* (Müller, 1774): на выпасе пос. Заливное (Курш. зал.) и в тан. на побережье Курш. зал. Летом 2015 г. вид обнаружен в оз. Чайка (две особи), смотровая площадка «высота Мюллера». Встречается в лужах.

3. *Apfexa hypnorum* (L., 1758). выпасы (малые водоемы) пос. Заливное (Курш. зал., Гур.), канавы на 6-м километре Куршской косы (Зел.) и лужи в устье р. Тростянка (бол. Свиное). В пересыхающих водоемах.

4. *Bathyomphalus contortus* (L., 1758). Он многочислен в пос. Заливное в мелиоративных канавах и среди наносов всплывшего тростника Куршского залива (массовое скопление особой ряда видов катушек).

5. *Omphiscola glabra* (Müller, 1774). Немногочисленные находки этого редкого вида сделаны в лужах и «оплывших» канавах на подтопляемом выпасе пос. Заливное (Курш. зал.). Требуется подтвердить новыми сборами с обязательным анатомированием материала. К.К.К.О.

6. *Stagnicola fuscus* (C. Pfeiffer, 1821). Найден в окрестностях пос. Заливное и Заливино (южное побережье Курш. зал.). Требуется подтвердить новыми сборами и с обязательным анатомированием материала.

7. *Anisus spirorbis* (L., 1758). Подтопляемые выпасы пос. Заливное (Курш. зал.), мелкие водоемы около пос. Заливино (Пол.) южнее Мордовского канала. Местами многочислен на полядерах около Куршского залива.

8. *Anisus leucostoma* (Millet, 1813) и *Anisus septemgyratus* (Ziegler in Rossmässler, 1835). Подтопляемые выпасы пос. Заливное (Курш. зал.). Локально многочисленны на полядерах у Куршского залива, два криптических (трудноотличимых) вида друг от друга.

9. *Gyraulus rossmaessleri* (Auerswald in A. Schmidt, 1851). Самые сухие мочажины и лужи на затопленной части выпаса пос. Заливное (южное побережье Курш. зал.). Кювет (канавы) с листвой в пос. Заливное (по пути к Западному каналу) (единственная точка обнаружения в К.О.).

10. *Valvata macrostoma* (Steenbuch in Mörch, 1864). Во временных водоемах и мелкой мелиоративной сети пос. Заливное (южное побережье Курш. зал.). Обитает в наиболее эфемерных луговых лужах с травостоем и кочкарником, листовым опадом.

Виды брюхоногих постоянных водоемов (чаще всего обнаруживаются в танатоценозах на их побережье)

11. *Planorbis carinatus* (Müller, 1774): относительно редкий вид, обитающий в постоянных водных объектах. Тан.

Курш. зал. в пос. Каширское и Заливное, тан. Курш. зал. около Мордовского болота (пос. Каменка) в трех километрах западнее мыса Штрале Екке. **К.К.К.О.**

12. *Myxas glutinosa* (Müller, 1774): в р. Гурьевка в пос. Заливное (Курш. зал., Гур.), в Западном канале (у.) и тан. Курш. зал. в непосредственной близости к у. р. Гурьевка (Гур.), на камнях в пос. Каширское.

13. *Valvata cristata* Müller, 1774 — в малых временных водоемах пос. Рыбачий на Куршской косе, а также в пос. Заливное (южное побережье Курш. зал.), где обнаруживается при внимательном разборе проб (мелкие раковины).

14. *Gyraulus albus* (Müller, 1774). Вид нечасто встречается в постоянных водных объектах области, на погруженной водной растительности. Выявляется в наносах мелкого детрита на берегу среди самых мелких раковин. Тан. в устье Западного канала и побережья Курш. зал. (пос. Заливное). Чаше, чем обычно, попадает на побережье Куршского залива. **К.К.К.О.**

15. *Radix amplia* (W. Hartmann, 1821). Вид селится в постоянных водоемах с развитыми песчано-супесчаными отмелями, где обитает на грунте. Найден в тан. Курш. зал. у бол. Свиное (Зеленоградск), в пос. Заливное (Гур.) и восточнее у. р. Дейма (вдоль Полесского кан. в Полесске).

16. *Bithynia troschelii* (Paasch, 1842). Вид отмечен в мелиоративной сети в пос. Заливное (Курш. зал.), западнее устья р. Гурьевка и в р. Дейма (Полесск).

17. *Bithynia leachii* (Sheppard, 1823). Спорадически встречается в прибрежных водах Курш. зал. (Заливное), летом 2015 г. обнаружен в Тростянке единично, также в 2022 г. найден у базы АтлантНИРО в заливе.

18. *Anisus vorticulus* (Troschel, 1834). Мелиоративная сеть в пос. Заливное (Курш. зал.). **К.К.К.О.**

19. *Gyraulus acronicus* (Férussac, 1807) в тан. Западного канала в пос. Заливное.

Моллюски, обитающие в водотоках области

20. *Ancylus fluviatilis* Müller, 1774 — литореофильный вид, заселяющий камни и песчано-гравийные отмели наиболее

чистых водотоков области. Встречается на Вармийской (Багр.) и Виштынецкой (Нест.) возвышенности. Однако обнаруживался в тан. залива — единично в пос. Заливино (лично мною).

21. *Theodoxus fluviatilis* (L., 1758) — находка в пос. Рыбачий (пирс) в 2022 г., а также в поселках Заливное и Заливино — всё в «старых» тан. Живой экз. найден в оз. Лесное, в пойме р. Дейма (восточный берег устья реки) за Полесском (возможно, обитает в р. Дейма в самом Полесске).



Рис. 1. Типичные брюхоногие моллюски пос. Рыбачий (внутренние водоемы) на Куршской косе в 2008 г. (залив тогда нами не изучался):

1—4 «легочные» прудовики (1 — *Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758); 2 — *Stagnicola corvus* (Gmelin, 1791); 3 — *Stagnicola palustris* (Müller, 1774); 4 — *Radix balthica* (Linnaeus, 1758)); 5—6 переднежаберные брюхоногие (5 — *Valvata cristata* Müller, 1774; 6 — *Viviparus contectus* (Millet, 1813)); 7—12 «легочные» катушки (7 — *Planorbarius corneus* (Linnaeus, 1758); 8 — *Planorbis planorbis* (Linnaeus, 1758); 9 — *Bathyomphalus contortus* (Linnaeus, 1758); 10 — *Segmentina nitida* (Müller, 1774); 11 — *Anisus spirorbis* (Linnaeus, 1758); 12 — *Anisus septemgyratus* (Rossmässler, 1835)).

Редкость этих видов: 1—4 и 6—8 — массовые и часто встречающиеся виды; 5, 9, 11, 12 — относительно редкие виды; 10 — часто встречается в пересыхающих водоемах (локально массовый). Размеры не соблюдены

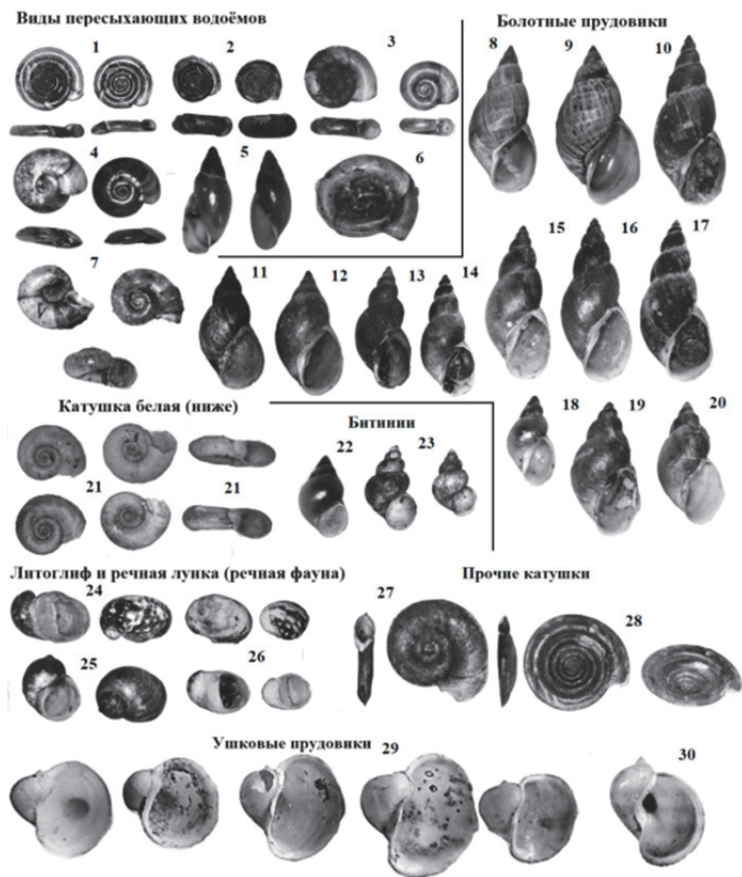


Рис. 2. Моллюски Куршского залива и близлежащих водоёмов:
 1 — *Anisus septemgyratus*; 2 — *Bathyomphalus contortus*;
 3 — *Gyraulus rossmaessleri*; 4 — *Segmentina nitida*; 5 — *Aplexa hypnorum*;
 6 — травмированный экземпляр (увеличено) *Anisus* sp.;
 7 — *Valvata macrostoma*; 8—20 — смесь раковин из *Stagnicola corvus* (Gmelin, 1791), *Stagnicola palustris* (Müller, 1774) и, вероятно, *Stagnicola turricula* (Held, 1836) (без анатомирования копулятивного аппарата не отличимы); 21 — *Gyraulus albus*; 22 — *Bithynia tentaculata* (Linnaeus, 1758);
 23 — *Bithynia leachii*; 24, 26 — *Theodoxus fluviatilis*; 25 — *Lithoglyphus naticoides* (C. Pfeiffer, 1828); 27 — *Planorbis carinatus*; 28 — *Anisus vortex* (Linnaeus, 1758) с нарушенной геометрией навивания раковины;

29 (5 раковин) — *Radix ampla*; 30 — *Radix auricularia* (Linnaeus, 1758).

Места находок: пос. Заливное, канавы на польдере за библиотекой — 1—7, 10, 13—20; пос. Заливное (залив восточнее устья Западного канала, бухта с бетонными плитами) — 8, 9, 11, 12; пос. Заливное (21 сверху), пос. Рыбачий (21 снизу); 22, 24, 25 — р. Дейма в Полесске; 23, 27, 28 — канал у р. Деймы в Полесске; 26 — пос. Рыбачий, турбаза КГТУ, залив; 29 — пос. Рыбачий, Биостанция ЗИН РАН, залив; 30 — раковина из водоемов, Калининград.

Размеры раковин не соответствуют реальным

Обсуждение

Материал моллюсков, перспективный на редкие виды, можно описать несколькими случаями, когда необходимо проводить специальные исследования (номера моллюсков — из вышеприведенного списка видов, к которым наиболее подходят эти ситуации).

1. Точно установленные виды по раковине, которые повсеместно в Европе считаются под угрозой исчезновения. Они везде редкие и их мало кто обнаруживает: **№ 9; 10; 12; 18.**

2. Виды моллюсков локально многочисленны в особых биотопах (типах водных объектов), которые дают редкие вспышки численности и обычно не встречающиеся как в водоемах Калининграда, так и в лагунах Калининградской области. Как правило, это виды «луговых болот» или травяно-осоково-глиняных зон поверхностного заболачивания без торфа: **№ 1—4; 7—10.**

3. Неточно определенные виды, которым необходимо анатомирование материала для изучения признаков внутреннего строения (например, радул, и/или копулятивного аппарата (например, у прудовиков)) либо применения генетических методов идентификации принадлежности к известному виду. Эти виды требуют правильной консервации материала и скрупулезной лабораторной обработки по специальным методикам: **№ 5; 6; 15; 16.**

4. Обнаруживаемые морфы моллюсков, которые разительно отличаются от типовых выборов (нормального или средне-статистического габитуса) и имеют неясную таксономическую

принадлежность (возможные морфы, подвиды, разновидности, выделяемые в «старой» европейской литературе или с использованием компараторного метода в отечественных малакологических школах). Пример: атипично крупные экземпляры массового *Stagnicola corvus* (Gmelin, 1791) из пос. Рыбачий и оз. в парке Зеленоградска (для сравнения с карликовыми экз. этого вида из оз. Виштынецкое). № 15 — все формы «ампловых» прудовиков залива.

5. Тератологические экземпляры (синистральность прудовиков, скаляридия и гигантизм), раковины от моллюсков с прижизненными травмами, повреждениями, обработанные факторами внешней среды до невозможности точно определить вид. Случаи скаляридии и неправильного навивания оборотов раковины у катушек № 7, 8 после травм от копыт скота в пос. Заливное.

6. «Микромоллюски» — виды с мелкими особями или молодь (менее 3 мм), которые исключают простое анатомирование материала для таксономических целей с использованием примитивной оптики (идентификация до вида затруднена): № 13; 19.

Благодарности. Выражаю признательность за ценные замечания при подготовке рукописи Е. Е. Ежовой и М. А. Герб, а также коллегам по ЛМЭ АО ИО РАН, помогавшим собирать моллюсков. Сборы полевых данных частично осуществлены в рамках договора № 65-УК-РАН от 11.05.2022 с ФГБУ «Национальный парк “Куршская коса”», анализ собственных и опубликованных данных выполнен в рамках госзадания ИО РАН № FMWE-2021-0012.

Список литературы

1. Жадин В.И. Моллюски пресных и солоноватых вод СССР. М. ; Л. : Академия наук СССР, 1952.
2. Жадин В.И. Методика изучения донной фауны водоемов и экологии донных беспозвоночных // Жизнь пресных вод СССР. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1956. Т. 4, вып. 14. С. 279—382.

3. *Жадин В. И.* Методы гидробиологического исследования. М. : Высшая школа, 1960.

4. *Манаков Д. В.* Отчет о научной исследовательской работе. Тема: Пресноводные моллюски южного побережья Куршского залива (пос. Заливное, Калининградская область, Россия). Калининград, 2018. 28 с. URL: <https://www.researchgate.net/publication/338914136> DOI:10.13140/RG.2.2.13740.00641

5. *Манаков Д. В.* Распределение пресноводных моллюсков на южном польдерном побережье Куршского залива в районе поселка Заливное (Калининградская область) // Труды АтлантНИРО. Калининград, 2019. Т. 3, № 2(8). С. 15—37.

6. *Манаков Д. В.* Редкие брюхоногие моллюски водоемов Калининградской области // Известия КГТУ. Калининград, 2018. № 49. С. 13—22.

7. *Манаков Д. В.* Хорологическая характеристика брюхоногих моллюсков (Mollusca: Gastropoda) из водоемов Калининградской области (Россия) // Бюллетень Дальневосточного малакологического общества. 2017. Вып. 21, № 1/2. С. 5—38.

8. *Манаков Д. В.* Частотно-биотопическая схема распределения водных брюхоногих моллюсков Калининградской области (Россия) // Биология водных экосистем в XXI веке: факты, гипотезы, тенденции : тезисы докладов Всероссийской конференции, посвященной 65-летию Института биологии внутренних вод имени И. Д. Папанина Российской академии наук / Ин-т биологии внутр. вод им. И. Д. Папанина РАН, Борок, 22—26 ноября 2021 г. Ярославль : Филигрань, 2021. С. 130.

9. *Манаков Д. В.* Эколого-фаунистическая характеристика брюхоногих моллюсков пастбищных водных объектов окрестностей пос. Рыбачий (Куршская коса, Калининградская область) // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса» : сб. науч. статей. Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2011. Вып. 7. С. 78—92.

10. *Руководство* по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В. А. Абакумова. Л. : Гидрометеиздат, 1983.

11. *Санько А. Ф.* Четвертичные пресноводные моллюски Беларуси и смежных регионов России, Литвы, Польши (атлас-определитель). Минск : Институт геохимии и геофизики НАН Беларуси, 2007.

12. *Alexandrowicz S.W., Alexandrowicz W.P.* Analiza Malakologiczna. Metody Badan i Interpretacji. Krakow : Polska Akademia Umiejętności, 2011.

13. *Glöer P.* Süßwassergastropoden Nord- und Mitteleuropas. Bestimmungsschlüssel. Lebensweise, Verbreitung. 2. Aufl. Hackenheim : Conchbooks, 2002.

14. *Glöer P., Meier-Brook C.* Süßwassermollusken. Ein Bestimmungsschlüssel für die Bundesrepublik Deutschland, 13 neubearbeitete Aufl. Hamburg : DJN, 2003.

15. *Horsák M., Juříčková L., Pícka J.* Měkkýši České a Slovenské republiky. Molluscs of the Czech and Slovak Republics. Zlin : Kabourek, 2013.

16. *Ložek V.* Klíč československých měkkýšů. Bratislava : Vydav. SAV, 1956.

17. *Macan T. T.* A Key to the British Fresh- and Brackish-Water Gastropods, with Notes on their Ecology, 4 Ed. Ambleside : Freshwater Biological Association, 1977.

18. *Piechocki A.* Fauna słodkowodna Polski. Mięczaki (Mollusca), ślimaki (Gastropoda). Warszawa-Poznań : Państwowe Wydawnictwo Naukowe. 1979.

19. *Piechocki A., Wawrzyniak-Wydrowska B.* Guide to Freshwater and Marine Mollusca of Poland. Poznan : Bogucki WN, 2016.

20. *Sturm C. F., Pearce T. A., Valdes A.* The Mollusks: A Guide to Their Study, Collection, and Preservation. Boca Raton : Universal Publishers USA, 2006.

21. *Vinarski M. V., Kantor Y. I.* Analytical Catalogue of Fresh and Brackish Water Molluscs of Russia and Adjacent Countries. M. : A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of RAS, 2016.

22. *Welter-Schultes F. W.* European non-marine molluscs, a guide for species identification. Bestimmungsbuch für europäische Land- und Süßwassermollusken. Göttingen : Planet Poster Editions, 2012. 674 + Q1—78 p.

23. *Wiese V.* Atlas der Land- und Süßwassermollusken in Schleswig-Holstein. Kiel : Landesamt für Naturschutz und Landschaftspflege Schleswig-Holstein, 1991.

24. *Zettler M. L., Jueg U., Menzel-Harloff H. et al.* Die Land- und Süßwassermollusken Mecklenburg-Vorpommerns. Rostock : Obotritendruck Schwerin, 2006.

УДК 594.1(594.3)

Д. В. Манаков

*Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН
Зеленоградская центральная библиотека им. Ю. Н. Куранова*

Краткие итоги изучения водных моллюсков из танатоценозов западного берега Куршского залива в осенний период

Приведен список и данные по частоте встречаемости, а также фотографии раковин массовых водных моллюсков Куршского залива из танатоценозов, сформировавшихся в береговых выбросах на Куршской косе в октябре 2022 г. Работа выполнена в рамках мониторинга биоразнообразия литоральной зоны залива, проводимого институтом ИО РАН и национальным парком «Куршская коса» с 2001 г.

A list of species and data on the frequency of occurrence is provided, as well as photographs of shells of abundant aquatic mollusks of the Curonian Lagoon from thanatocoenoses formed in the natural coastal debris on the Curonian Spit. The work was carried out in October 2022 as part of biodiversity monitoring of the littoral zone of the lagoon, carried out by the Institute of IORAS and the “Curonian Spit” National Park since 2001.

Ключевые слова: моллюски, пресноводные, биоразнообразие, танатоценозы.

Key words: mollusks, freshwater, biodiversity, thanatocoenoses.

Куршский залив — самая крупная, мелководная лагуна Балтийского моря обильно заселяемая водными моллюсками и другими беспозвоночными. В 2008 г. мы охарактеризовали моллюсков внутренних водоемов пос. Рыбачий [4], однако сам залив мы не изучали, что стало существенным упущением.

Только в 2022—2023 гг. при поддержке Атлантического отделения Института океанологии РАН было организовано несколько выездов к заливу, которые дали возможность собрать материал для одномоментной характеристики его малакофауны для побережья Куршской косы. Иллюстрированных публикаций о моллюсках залива и Калининградской области практически нет, что определяет актуальность этого сообщения. Цель публикации — наглядно охарактеризовать видовой состав, места находок водных моллюсков Куршского залива.

Материал и методы

Моллюсков собирали общепринятыми методами [1—3; 5; 14], с использованием сачков и вручную, а также собирали ракушечные выбросы на берегах Куршского залива 4 октября 2022 г. Основные сборы осуществлены на шести станциях (см. номера станций АО ИО РАН в таблицах): пос. Лесной (пляж поселка); бухта у научной базы АтлантНИРО; бухта у музея национального парка «Куршская коса»; Биостанция ЗИН РАН в пос. Рыбачий (мыс за зданием станции с ловчими сетками для птиц); гавань у пирса с маяком в Черногорской бухте в пос. Рыбачий (рыболовецкий колхоз, гавань); пос. Морское (т/б «Досуг»), напротив искусственных водоемов на берегу залива. Видовой состав моллюсков определен по ключам и фаунистическим сводкам из Европы [1; 6—13; 16—18], с уточнением по «Каталогу пресноводных моллюсков России» [15]. Материал моллюсков, собранный нами, — 3392 экз. Большая часть материала определена по пустым (сухим) раковинам.

Результаты

Танатоценозы были представлены наносами раковин, с преобладанием четырех массовых видов залива (табл. 1, 2). Самое большое их количество было в пос. Рыбачий около Биостанции ЗИН РАН, меньше всего раковин выбрасывало в

пос. Морское, наибольшее биоразнообразие отмечено у базы АтлантНИРО при небольшом количественном их развитии, а мелкие брюхоногие моллюски в основном преобладали в сборах в пос. Лесной.

Таблица 1

Состав вдольбереговых выбросов на мониторинговых станциях, усредненная доля основных компонентов, %

Состав танатоценоза (компоненты)	Пос. Лесной	Научная база АтлантНИРО	Музей НП КК	Биостанция ЗИН РАН	Пирс (Черногорская бухта)	Пос. Морское
№ ст. по сетке ЛМЭ АО ИО РАН	440	403	404	406	439	407
Песок мелкий и средний	20	10	+	5	+	10
Песок крупный	+	+	+	+	+	+
Остатки тростника (стебли и листья измельченные)	30	40	30	10	15	5
Раковины моллюсков	20	20	10	25	10	85
Створки дрейссены	+	+	+	60	+	+
Детрит (мелкий органический мусор растительного происхождения)	20	30	50	+	+	—
Остатки битого кирпича, камни (1,5—3 см)	10	—	—	—	+	—
Пенопластовая крошка	—	—	10	—	—	—
Гравий	+	+	+	+	70	—
Крошка угля, битого кирпича, мелкий камень (менее 1,5 см)	+	—	—	—	5	—
Сумма, %	100	100	100	100	100	100

Примечание. + наличие качественное в пробе (до 5 %); — полное отсутствие в пробе (факт).

Таблица 2

**Видовой состав обнаруженных моллюсков
с указанием объема материала в пробах
(экз. раковин моллюсков), частота встречаемости
(* — виды из Красной книги Калининградской области)**

Виды (латынь)	440	403	404	406	439	407	Объем материала	Частота, все пробы
Двустворчатые								
<i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas, 1771) (отдельных створок)	112	22	—	Около 2200	54	8	2396	70,64
<i>Anodonta anatina</i> (Linnaeus, 1758)	3	—	—	11	—	1	15	0,44
<i>Unio tumidus</i> Philipsson, 1788	3	—	—	5	—	1	9	0,27
<i>Anodonta cygnea</i> (Linnaeus, 1758)	—	1	—	—	—	—	1	0,03
Брюхоногие								
<i>Theodoxus fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758)	—	—	—	2	2	—	4	0,12
<i>Viviparus viviparus</i> (Linnaeus, 1758)	18	23	5	49	5	68	168	4,95
<i>Bithynia leachii</i> (Sheppard, 1823)	—	1	—	—	—	—	1	0,03
<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)	95	49	21	11	12	4	192	5,66
<i>Lithoglyphus naticoides</i> (C. Pfeiffer, 1828)	—	—	—	—	1	—	1	0,03
<i>Valvata piscinalis</i> (Müller, 1774)	368	83	29	3	16	18	517	15,24
<i>Valvata cristata</i> (Müller, 1774)	—	1	—	—	—	—	1	0,03

Окончание табл. 2

Виды (латынь)	440	403	404	406	439	407	Объем материала	Частота, все пробы
<i>Stagnicola palustris</i> (Müller, 1774)	—	1	—	—	—	—	1	0,03
<i>Stagnicola corvus</i> (Gmelin, 1791)	—	1	—	—	—	—	1	0,03
<i>Radix auricularia</i> (Linnaeus, 1758)	1	3	—	1	8	—	13	0,38
<i>Radix balthica</i> (Linnaeus, 1758)	—	1	—	1	1	—	3	0,09
<i>Radix ampla</i> (W. Hartmann, 1821)	1	1	—	7	1	16	26	0,77
<i>Lymnaea stagnalis</i> (Linnaeus, 1758)	—	2	—	—	—	—	2	0,06
<i>Planorbarius corneus</i> (Linnaeus, 1758)	1	28	1	—	1	—	31	0,91
<i>Planorbis planorbis</i> (Linnaeus, 1758)	—	4	2	—	—	—	6	0,18
<i>Anisus vortex</i> (Linnaeus, 1758)	—	—	1	—	—	—	1	0,03
<i>Planorbis carinatus</i> (Müller, 1774)*	—	1	—	—	—	—	1	0,03
<i>Bathymphalus contortus</i> (Linnaeus, 1758)	—	—	1	—	—	—	1	0,03
<i>Gyraulus albus</i> (Müller, 1774)*	—	1	—	—	—	—	1	0,03
Всего видов на станцию	9	16	7	10	10	7	3392	100
Всего раковин на стан- цию, экз.	602	224	60	2290	100	116	3392	100
% от всех раковин	17,7	6,6	1,8	67,5	2,9	3,4	100	

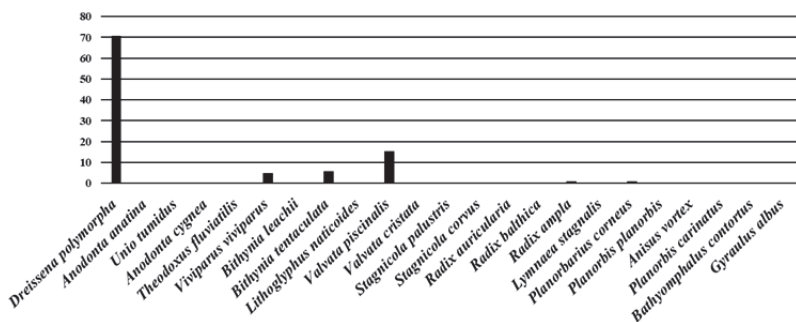


Рис. 1. Частота встречаемости раковин массовых видов водных моллюсков Куршского залива в НП Куршская коса, 4 октября 2022 г.

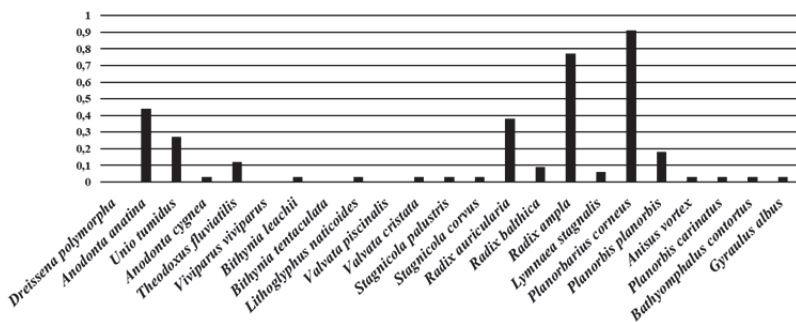


Рис. 2. Соотношение частот встречаемости малочисленных видов моллюсков (все менее 1%) в НП Куршская коса, 4 октября 2022 г.; значения для массовых видов удалены, подписи оставлены

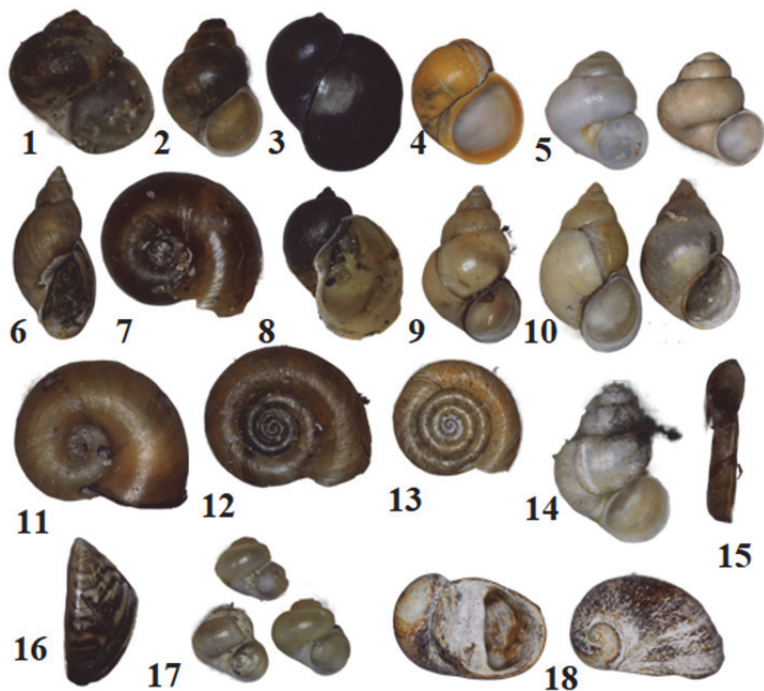


Рис. 3. Раковины некоторых мелких моллюсков (до 1,5 см), снятые через USB-микроскоп (относительные размеры не соблюдены):
 1 — *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758) (молодь, пос. Морское);
 2 — *Bithynia tentaculata* (Linnaeus, 1758) (Черногорская бухта (у пирса));
 3 — *Radix balthica* (Linnaeus, 1758) (там же);
 4 — *Lithoglyphus naticoides* (C. Pfeiffer, 1828) (там же); 5 — *Valvata piscinalis* (Müller, 1774) (Черногорская бухта (у пирса)); 6 — *Stagnicola palustris* (Müller, 1774) (база АтлантНИРО, молодь); 7 — *Planorbarius corneus* (Linnaeus, 1758) (пос. Лесной, молодь); 8 — *Radix balthica* (Linnaeus, 1758) (база АтлантНИРО); 9 — *Bithynia tentaculata* (Linnaeus, 1758) (пос. Лесной);
 10 — *Bithynia tentaculata* (Linnaeus, 1758) (база АтлантНИРО);
 11 — *Planorbarius corneus* (Linnaeus, 1758) (музей НП Куршская Коса);
 12, 15 — *Planorbis planorbis* (Linnaeus, 1758) (база АтлантНИРО);
 13 — *Anisus vortex* (Linnaeus, 1758) (музей НП «Куршская коса», молодь);
 14 — *Bithynia leachii* (Sheppard, 1823) (там же); 16 — *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) (база АтлантНИРО); 17 — *Valvata piscinalis* (Müller, 1774) (пос. Лесной); 18 — *Theodoxus fluviatilis* (Linnaeus, 1758) (Биостанция ЗИН РАН, пос. Рыбачий)

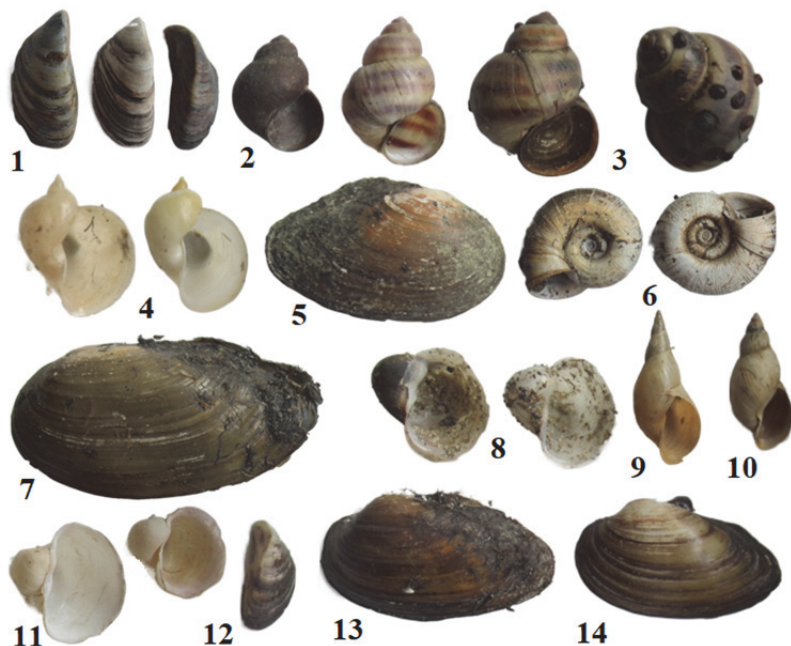


Рис. 4. Раковины крупных моллюсков (более 1,5 см)
(относительные размеры не соблюдены):

- 1 — *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) (Черногорская бухта (у пирса));
- 2 — *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758) (Биостанция ЗИН РАН, пос. Рыбачий);
- 3 — *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758) (музей НП «Куршская коса»);
- 4 — *Radix auricularia* (Linnaeus, 1758) (Черногорская бухта (у пирса));
- 5 — *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758) (пос. Лесной); 6 — *Planorbis corneus* (Linnaeus, 1758) (база АтлантНИРО); 7 — *Anodonta cygnea* (Linnaeus, 1758) (база АтлантНИРО); 8 — *Radix ampla* (W. Hartmann, 1821) (пос. Морское, т/б «Досуг»); 9 — *Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758) (база АтлантНИРО); 10 — *Stagnicola corvus* (Gmelin, 1791) (база АтлантНИРО);
- 11 — *Radix ampla* (W. Hartmann, 1821) (Биостанция ЗИН РАН, пос. Рыбачий);
- 12 — *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) (там же); 13 — *Unio tumidus* Philipsson, 1788 (пос. Лесной); 14 — *Unio tumidus* Philipsson, 1788 (Биостанция ЗИН РАН, пос. Рыбачий)

Обсуждение и выводы

Нами обнаружено 23 вида водных моллюсков, из них брюхоногих 19 видов (7 переднежаберных, остальные легочные), двустворчатых — 4 вида. На станцию приходилось от 7 до 16 видов моллюсков. Не выявлены шаровки и горошинки (Sphaeriidae, Pisidiidae). Два вида найденных брюхоногих занесены в Красную книгу Калининградской области. В выбросах преобладали по частоте встречаемости и установлены на всех станциях (рис. 1) раковины *Dreissena polymorpha* (дрейссена речная), *Valvata piscinalis* (обыкновенная затворка), *Bithynia tentaculata* (щупальцевая битиния), *Viviparus viviparus* (живородка речная); прочие виды отмечались с частотой встречаемости менее 1% (рис. 2), часто единичными находками.

Особенно обильны раковины моллюсков были на участке берега у Биостанции ЗИН РАН в пос. Рыбачий. Там же обнаружены самые крупные раковины моллюсков (*Viviparus viviparus*), в выбросах преобладала *Dreissena polymorpha*. Наибольшее видовое богатство моллюсков выявлено на ст. 403 (база АтлантНИРО) (рис. 3) — 16 видов, вместе с тем 7 видов моллюсков не найдены. В пос. Морское преобладали недавно умершие живородки (*Viviparus viviparus*) с ушковыми прудовиками (*Radix* sp.), на Биостанции в пос. Рыбачий в массе была обнаружена дрейссена (*Dreissena polymorpha*), местами почти полностью покрывающая старыми (выбеленными) створками берег, в пос. Лесной доминировали *Valvata piscinalis* и *Bithynia tentaculata*, существенно менее — *Viviparus viviparus*. На станции у базы АтлантНИРО было много раковин роговой катушки (*Planorbarius corneus*), другие виды брюхоногих встречались чаще, чем на других станциях.

Трендов нарастания или уменьшения биоразнообразия, а также количественного или качественного обилия моллюсков по направлению от Зеленоградска до пос. Морское не выявлено. Раковины моллюсков в танатоценозах распределяются чаще хаотично, однако распределение преобладающих в зали-

ве видов моллюсков четко отличается (присутствуют на всех станциях) от редких и малочисленных (случайное распределение по станциям).

Встречаемость редких видов моллюсков удастся обосновать спецификой локальных условий в бентали на станциях мониторинга, а также примыкающих к станциям участков берега. Согласно предыдущим наблюдениям, на водоемах Калининградской области показатель встречаемости водных моллюсков нельзя считать хорошим индикатором качества вод, соответственно использовать их для биоиндикации качества вод в регионе вряд ли целесообразно, однако хорошо характеризуют тип водоема, а именно: общие условия обитания водных организмов в водоеме и сукцессионную стадию его развития. Также для этого можно использовать тип и распределение грунта и характеристику преобладающих водных растений в водоеме.

Благодарности. Выражаю признательность за ценные замечания при подготовке рукописи Е. Е. Ежовой и М. А. Герб, а также коллегам по ЛМЭ АО ИО РАН, помогавшим собирать моллюсков. Сборы полевых данных частично осуществлены в рамках договора №65-УК-РАН от 11.05.2022 с ФГБУ «Национальный парк “Куршская коса”», анализ собственных и опубликованных данных выполнен в рамках госзадания ИО РАН № FMWE-2021-0012.

Список литературы

1. *Жадин В. И.* Моллюски пресных и солоноватых вод СССР. М. ; Л. : Академия наук СССР, 1952.
2. *Жадин В. И.* Методика изучения донной фауны водоемов и экологии донных беспозвоночных // Жизнь пресных вод СССР. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1956. Т. 4, вып. 14. С. 279—382.
3. *Жадин В. И.* Методы гидробиологического исследования. М. : Высшая школа, 1960.
4. *Манаков Д. В.* Эколого-фаунистическая характеристика брюхоногих моллюсков пастбищных водных объектов окрестностей

пос. Рыбачий (Куршская коса, Калининградская область) // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса» : сб. науч. ст. Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2011. Вып. 7. С. 78—92.

5. *Руководство* по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В. А. Абакумова. Л. : Гидрометеиздат, 1983.

6. *Санько А. Ф.* Четвертичные пресноводные моллюски Беларуси и смежных регионов России, Литвы, Польши (атлас-определитель). Минск : Институт геохимии и геофизики НАН Беларуси, 2007.

7. *Glöer P.* Süßwassergastropoden Nord- und Mitteleuropas. Bestimmungsschlüssel. Lebensweise, Verbreitung. 2. Aufl. Hackenheim : Conchbooks, 2002.

8. *Glöer P., Meier-Brook C.* Süßwassermollusken. Ein Bestimmungsschlüssel für die Bundesrepublik Deutschland, 13 neubearbeitete Aufl. Hamburg : DJN, 2003.

9. *Horsák M., Juříčková L., Pícka J.* Měkkýši České a Slovenské republiky. Molluscs of the Czech and Slovak Republics. Zlin : Kabourek, 2013.

10. *Ložek V.* Klíč československých měkkýšů. Bratislava : Vydav. SAV, 1956.

11. *Macan T. T.* A Key to the British Fresh- and Brackish-Water Gastropods, with Notes on their Ecology, 4 Ed. Ambleside : Freshwater Biological Association, 1977.

12. *Piechocki A.* Fauna słodkowodna Polski. Mięczaki (Mollusca), ślimaki (Gastropoda). Warszawa-Poznań : Państwowe Wydawnictwo Naukowe. 1979.

13. *Piechocki A., Wawrzyniak-Wydrowska B.* Guide to Freshwater and Marine Mollusca of Poland. Poznan : Bogucki WN, 2016.

14. *Sturm C. F., Pearce T. A., Valdes A.* The Mollusks: A Guide to Their Study, Collection, and Preservation. Boca Raton : Universal Publishers USA, 2006.

15. *Vinarski M. V., Kantor Y. I.* Analytical Catalogue of Fresh and Brackish Water Molluscs of Russia and Adjacent Countries. M. : A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of RAS, 2016.

16. *Welter-Schultes F. W.* European non-marine molluscs, a guide for species identification. Bestimmungsbuch für europäische Land- und Süßwassermollusken. Göttingen : Planet Poster Editions, 2012. 674 + Q1—78 p.

17. *Wiese V.* Atlas der Land- und Süßwassermollusken in Schleswig-Holstein. Kiel : Landesamt für Naturschutz und Landschaftspflege Schleswig-Holstein, 1991.

18. *Zettler M. L., Jueg U., Menzel-Harloff H. et al.* Die Land- und Süßwassermollusken Mecklenburg-Vorpommerns. Rostock: Obotritendruck Schwerin, 2006.

УДК 595.731

В. И. Рожина^{1,2}, О. С. Боклыкова²

¹Калининградская межобластная ветеринарная лаборатория

²Балтийский федеральный университет им. И. Канта

Новые и интересные находки трипсов (Insecta, Thysanoptera) на Куршской косе Балтийского моря (Калининградская область)

Представлены данные о выявленных видах трипсов (*Thysanoptera*) на Куршской косе, вызывающих особенный интерес. В результате работы идентифицировано 33 вида трипсов, из них 7 видов в Калининградской области не отмечаются нигде, кроме Куршской косы. Три вида — *Anaphothrips badius* Bagnall, 1923, *Haplothrips arenarius* Priesner, 1920 и *Drepanothrips reuteri* Uzel, 1895 — являются редкими в восточной части Польши. *Thrips linariae* Priesner, 1927 ранее не встречался не только в регионе, но и на территориях приграничных государств.

The research presents data on the identified species of thrips (*Thysanoptera*) on the Curonian Spit, which are of particular interest. As a result, 33 species of thrips were identified, of these, 7 species are not found anywhere in the Kaliningrad region except the Curonian Spit. Three species — *Anaphothrips badius* Bagnall, 1923, *Haplothrips arenarius* Priesner, 1920, and *Drepanothrips reuteri* Uzel, 1895 — are rare. *Thrips linariae* Priesner, 1927 was not previously found in the region and in the territories of border countries.

Ключевые слова: Куршская коса, Трипсы, Thysanoptera, энтомофауна России.

Key words: Curonian Spit, thrips, Thysanoptera, entomofauna of Russia.

Введение

Куршская коса — уникальный природный ландшафт, где на небольшом участке земной поверхности располагаются различные типы экосистем. С одной стороны, такая биотопическая дифференциация (от верхового болота Свиное в корне Куршской косы до дюнных комплексов) обуславливает высокое разнообразие видов на этой территории. С другой стороны, специфические условия среды позволяют развиваться видам, которые отсутствуют в других частях региона.

Куршская коса богата ценной флорой и фауной и представляет собой неограниченный потенциал для исследований. Среди 23 видов насекомых, занесенных в Красную книгу Калининградской области, 39% (9 видов) встречаются или ранее встречались на косе [1]. Однако изучение видового разнообразия коснулось лишь небольшого количества отрядов насекомых: Coleoptera, Odonata, Lepidoptera. Дальнейшие фаунистические исследования насекомых Куршской косы являются перспективными, поскольку позволят получить новые сведения о видовом составе насекомых Калининградской области и России, установить границы ареалов видов, выявить редкие и исчезающие виды.

Трипсы, или Бахромчатокрылые (Thysanoptera), — это маленькие насекомые, размер которых в умеренных широтах колеблется в пределах от 0,5 до 5 мм, имеют продолговатую форму тела, ремнеобразные крылья с длинной бахромой и ноги с пузыревидной присоской на конце лапок. Ученые расходятся во мнении относительно близости Thysanoptera к одной из филогенетических линий Paraneoptera. Однако, учитывая высокий уровень специализации этого отряда, более рационально рассматривать данную группу как сестринскую к Hemiptera с рядом признаков, сближающих их с насекомыми с полным превращением, что отражено в работах Клюге [5] и Синёва [3]. Изучение видового разнообразия трипсов на территории Курш-

ской косы на сегодняшний день не проводилось, данное исследование представляет собой один из этапов детальных фаунистических исследований Бахромчатокрылых в Калининградской области.

Материалы и методы

Сбор насекомых производился в 2015, 2017, 2020 и 2021 гг. В 2020—2021 гг. сбор осуществлялся с периодичностью 1 раз в месяц с мая по сентябрь. Исследования проводились в различных типах экосистем: верховое болото, сосняк-черничник, дюнные комплексы и сообщество авандюны, сосняк разнотравно-вейниковый, луг разнотравно-злаковый у озера Чайка. Сбор производился методом стряхивания на белый материал, а также сбором частей растений в хлопчатобумажные мешочки, с последующим разбором образцов в лаборатории. Насекомых собирали на стадии имаго и личинок. Материал фиксировался в 70 %-ном этаноле. Микропрепараты изготавливались в жидкости Хойера по классическим методикам [7]. Виды идентифицировались с помощью стереомикроскопа Olympus SZX 16, микроскопа Zeiss Axio Scope.A1 и определителей [2; 8; 9; 12].

Результаты

Всего было собрано 1855 особей, из которых 194 личинки и 1661 имаго. Обнаруженные особи относятся к 33 видам из 18 родов, 3 семейств, 2 подотрядов. Среди выявленных видов 24 % (8 видов) являются редкими или относительно редкими и не были найдены в других частях Калининградской области: *Anaphothrips badius* Bagnall, 1923, *Bolothrips dentipes* Reuter, 1880, *Cephalothrips monilicornis* (Reuter, 1885), *Drepanothrips reuteri* Uzel, 1895, *Haplothrips arenarius* Priesner, 1920, *Haplothrips setiger* Priesner, 1921, *Thrips linariae* Priesner, 1927, *Rubiothrips silvarum* (Priesner, 1920). Один вид — *Th. linariae* — отсутствует в перечнях граничащих с Калининградской областью Польши и Литвы. Три вида — *A. badius*, *D. reuteri*,

H. arenarius — не фиксировались на территории Литвы, а в Польше считаются редкими и предложены к включению в список видов, рекомендованных для охраны [6]. Остальные виды в Калининградской области отмечены только на Куршской косе.

***Thrips linariae* Priesner, 1927**

Материал. Россия. Калининградская область, 55°09'06.5"N 20°50'21.1"E, разнотравно-злаковый луг у озера Чайка на *Linaria vulgaris* Mill., 1768, 07.09.21 (В.И. Рожина, О.С. Боклыкова), 1 ♀. Внешний вид представлен на рисунке 1.

Образ жизни. Хортобионт, предположительно, монофаг льянки обыкновенной — *Linaria vulgaris* [12].

Распространен в Европе: в Болгарии, Чехии, Германии, Венгрии, Норвегии, Румынии, Швеции и Нидерландах [13]. В России отмечен только в Курской области [4]. Первая находка в Калининградской области, отсутствует в Литве и Польше, граничащих с Калининградской областью [6; 11].

***Anaphothrips badius* Bagnall, 1923**

Материал. Россия. Калининградская область, 55°09'06.0"N 20°50'19.7"E, разнотравно-злаковый луг у озера Чайка на *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., 14.09.20 (В.И. Рожина, О.С. Боклыкова), 1 ♀; на *Rorippa palustris* Bess. 1822, 01.06.21 (В.И. Рожина, О.С. Боклыкова), 1 ♀. Внешний вид — на рисунке 2.



Рис. 1. *Thrips linariae*,
общий вид



Рис. 2. *Anaphothrips badius*,
общий вид

Образ жизни. Хортобионт, филлофаг, гигрофильный вид.

Распространен в Европе: в Австрии, Великобритании, Чехии, Дании, Эстонии, Германии, Норвегии, Польше, Словакии, Испании, Швеции, Швейцарии, Нидерландах, Украине [13]. В Польше отмечен как редкий и предложен для включения в перечень видов, рекомендованных для охраны в восточной части Польши [6]. В России встречается в Томской области, Якутии и Приморском крае. На территории Калининградской области впервые был выявлен в 1922 г. Приснером на болоте Целау [10].

***Haplothrips arenarius* Priesner, 1920**

Материал. Россия. Калининградская область, 55°13'18.4"N 20°53'12.8"E, авантюна 42 км Куршской косы на *Helichrysum arenarium* (L.) Moench, 1794, 15.08.20 (В. И. Рожина, О. С. Боклыкова), 14 шт. ♀ и 11.07.21 (В. И. Рожина, О. С. Боклыкова), 2 шт. ♀; на *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., 1771 07.09.20 (В. И. Рожина, О. С. Боклыкова), 1 ♀ Внешний вид — на рисунке 3.

Образ жизни. Хортобионт, антофаг, монофаг Бессмертника песчаного *Helichrysum arenarium*.

Распространен главным образом в южной части Европы: в Австрии, Чехии, Франции, Германии, Греции, Венгрии, Италии, Польше, Румынии, Испании, Украине [13]. Указывается как очень редкий и включен в перечень видов, рекомендованных для охраны в восточной части Польши [6]. В России отмечается только в Крыму. Первая находка в Калининградской области.

***Drepanothrips reuteri* Uzel, 1895**

Материал. Россия. Калининградская область, 54°57'59.0"N 20°30'54.1"E, верховое болото Свиное на березе *Betula* sp., 09.07.20 (В. И. Рожина, О. С. Боклыкова), 4 ♀. Внешний вид — на рисунке 4.

Образ жизни. Дендробионт лиственных пород деревьев, филлофаг, гигрофил.

Широко распространен в Европе [13]. Указывается как редкий и включен в перечень видов, рекомендованных для

охраны в восточной части Польши [6]. В России выявлен в европейской части: Смоленская область, Ленинградская область, а также в Башкирии, Красноярском, Краснодарском крае, в Крыму. Первая находка в Калининградской области.



Рис. 3. *Haplothrips arenarius*,
общий вид



Рис. 4. *Drepanothrips reuteri*,
общий вид

Заключение

На основе проведенных исследований можно утверждать, что фауна насекомых отряда *Thysanoptera* Куршской косы весьма разнообразна и имеет свои характерные особенности, связанные с биогеографической структурой данной территории. Наличие редких видов, а также видов, существование которых тесно связано с сохранностью экосистемы болота Свиного и дюнных комплексов, свидетельствует о необходимости особой охраны этой территории.

Список литературы

1. Красная книга Калининградской области / под ред. В. П. Дедкова, Г. В. Гришанова. Калининград : Изд-во РГУ им. И. Канта, 2010. .
2. Мещеряков А. А. Отряд Thysanoptera — Бахромчатокрылые, пузыреногие, или трипсы // Определитель насекомых Дальнего Востока СССР. Л. : Наука, 1986. Т. 1: Первичнобескрылые, древнекрылые, с неполным превращением. С. 380—431.

3. *Синёв С.Ю.* Обзор современных представлений о системе класса насекомых // Труды Зоологического института РАН. 2013. Приложение № 2. С. 155—173.

4. *Schliephake G.* Ein Beitrag zum Vorkommen der Thysanopteren im Kursker Gebiet (Sowjetunion) / Gert Schliephake // Wiss. Hefte Pädagog. Hochschule Köthen. 1977. 14: 125—31.

5. *Kluge N.J.* Cladoendosis and a new look at the evolution of insect metamorphosis / N.J. Kluge // Entomological Review. 2012. Vol. 92, issue 6. P. 622—632.

6. *Kucharczyk H.* The Red List of Threatened Thrips Species (Thysanoptera, Insecta) of Middle-Eastern Poland / H. Kucharczyk, M. Kucharczyk // Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica. 2008. 43 (2). P. 297—305. DOI: 10.1556/APhyt.43.2008.2.13

7. *Mound L.A.* Thysanoptera. An identification guide / L. A. Mound, G. Kibby. CAB International, 1998. P. 70.

8. *Mound L.A.* Thysanoptera / L.A. Mound, G.D. Morison, B.R. Pitkin [et al.] // Handbooks for the Identification of British Insects. 1976. Vol. 1, part 11.

9. *Priesner H.* Ordnung Thysanoptera (Fransen-flügler, Thripse) / H. Priesner, H. Franz // Bestimmungsbücher zur Bodenfauna Europas 1964. 2: 1—242.

10. *Priesner H.* Moor-Thripse / H. Priesner // Konowia. 1922. No. 1. P. 177—180.

11. *Vierbergen G.* Additions to the List of Lithuanian Thysanoptera and Bionomics of Some Species Collected in 1998—2006 / G. Vierbergen, H. Ostrauskas // Acta Zoologica Lituanica. 2009. Vol. 19, iss. 1.

12. *Zur Strassen R.* Die Terebranten Thysanoptera Europas und des Mittelmeer-Gebietes / R. zur Strassen // Die Tierwelt Deutschlands. 2003. P. 1—271.

13. *Fauna Europaea.* URL: fauna-eu.org (дата обращения: 26.11.2021).

Раздел 3

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ, КЛИМАТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ЛАНДШАФТНЫХ КОМПЛЕКСОВ КУРШСКОЙ КОСЫ

УДК 502.58

Н. С. Белов¹, Т. В. Шаплыгина¹, И. И. Волкова¹, А. Р. Данченков²

¹Балтийский федеральный университет им. И. Канта

²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН

Микромасштабные изменения аккумулятивных форм под воздействием внешних факторов (на примере НП «Куршская коса»)

Приведены результаты исследования формирования и изменения ветрового потока в зависимости от его направления и угла наклона наветренного склона авантюны. Рассмотрены и смоделированы различные варианты ветрового потока до и после периода «пяти штормов» в феврале 2022 г. Полученные результаты позволяют говорить о перспективности использования подобного рода данных для проведения восстановительных работ.

The results of the study of wind flow formation and changes depending on its direction and the angle of inclination of the windward slope of the foredune are presented. Different variants of wind flow before and after the period of "five storms" in February 2022 are considered and modeled. The obtained results allow us to talk about the prospects of using this kind of data for restoration work

Ключевые слова: авандюна, шторм, ветер, Куршская коса, давление.

Key words: foredune, storm, wind, kuronian spit, pressure.

Морфометрические характеристики авандюны, включая высоту и ширину, во многом определяют степень защиты от поступления морских вод на сопредельные территории. Считается, что более широкие авандюны могут сохраняться дольше на этапе постоянной эрозии [8]. Наивысший уровень защиты обеспечивает широкий приморский дюнный грядовый комплекс, состоящий из дюнных гряд разной генерации, не менее чем на 5 м превышающих прогнозируемый максимальный штормовой нагон [12]. Авандюна также рассматривается как более устойчивая и экономически эффективная альтернатива жестким инженерным берегозащитным сооружениям. Она смягчает воздействие штормов, снижает риск затопления прибрежных территорий, в том числе населенных пунктов [17]. Однако данная форма рельефа является одной из самых динамичных и подверженных воздействию внешних факторов.

Наиболее опасна комбинация из шторма с сильным нагоном и последующей рекреационной нагрузки без проведения береговосстановительных мероприятий. Подобная ситуация отмечается на Балтийской косе, не имеющей в настоящее время природоохранного статуса, в то время как на территории национального парка (НП) «Куршская коса» подобные явления сразу купируются. Вместе с тем прошедшая в феврале 2022 г. комбинация из пяти штормовых явлений нанесла большой ущерб и практически нивелировала естественные процессы и работу администрации НП по восстановлению и укреплению авандюны на нескольких участках. Самая большая проблема — это формирование так называемых «прорезей», или котловин выдувания, которые способствуют перераспределению песчаного материала как в пределах приморского дюнного грядового комплекса, так и выносу за его пределы. Существует мнение, что данный процесс не является

резко негативным, поскольку формирование котловин выдувания и перенос массы песчаного материала приводит к увеличению потенциала миграции авандюны и повышению эффективности ее защитной функции в условиях роста эвстатического уровня моря или усиления штормовой активности [6]. Отмечаются случаи специального «прорезывания» тела авандюны с целью стимуляции эоловых процессов и, как следствие, расширения площади подвижных песков, являющихся местообитанием для редких видов флоры и фауны [7]. В случае НП «Куршская коса» процессы формирования котловин выдувания рассматриваются исключительно как нежелательные и опасные.

Существует множество исследований, посвященных влиянию ветрового потока на формирование микромасштабных изменений аккумулятивных форм [11; 13; 14]. Они показывают, что котловины выдувания могут способствовать изменению прибрежного ветрового потока и переносу песчаного материала [11], увеличивать площадь незакрепленных песков на участках котловин выдувания [13] и повышать скорость осаждения песка на подветренном склоне [14]. Однако, несмотря на потенциальное понимание морфодинамической эволюции дюнных форм рельефа, закономерности движения ветрового потока слабо изучены. Например, разделение, реверсирование и боковое отклонение песчаного потока в нижней части авандюны, обычно наблюдающиеся в основании пустынных дюн [18], должны влиять на скорость переноса песка через котловины выдувания и характер осаждения его в подветренной части, а значит, и на характер смещения и разрушения наветренного склона авандюны. Тем не менее даже в этих работах присутствует некоторая терминологическая неопределенность: выделяют как «песко-ветровой поток» [11; 1], так и «ветропесчаный поток» [14; 4], что говорит о важности того или иного элемента при описании данного процесса. Кроме того, до сих пор не существует однозначного мнения по поводу взаимосвязи оси котловины выдувания и оси ветрового потока.

Рассматриваемый в работе участок находится на 14 км НП «Куршская коса» и представляет собой участок берега, относящийся по классификации В.Л. Болдырева и др. [3] к типу аккумулятивный песчаный стабильный морской, по мнению Г.С. Харина, И.П. Жуковской [5], — стабильный морской. Наши измерения позволяют говорить о переходе данного участка в категорию «переходного», поскольку намечается тенденция к сокращению запасов песчаного материала в пляжевой зоне при сохранении планиметрических характеристик [2]. В феврале 2022 г. в Калининградском регионе отмечен так называемый сезон «пяти штормов», из которых самым опасным оказался циклон «Цейнеп» (англ. Eunice). На рассматриваемом участке средний размер потерь песчаного материала составил $1,2—1,5 \text{ м}^3/\text{м}^2$ (на Балтийской косе — $4—6 \text{ м}^3/\text{м}^2$).

Для оценки воздействия ветрового потока было проведено наземное лазерное сканирование с пространственным разрешением 30×30 см и последующим построением mesh модели. Моделирование ветрового потока (CFD) проводилось в Ansys Fluent™ v19.0 с использованием SIMPLE (Semi-Implicit Method for Pressure Linked Equations) алгоритма.

На рисунке 1 представлено моделирование ветрового потока по состоянию на начало февраля 2022 г.

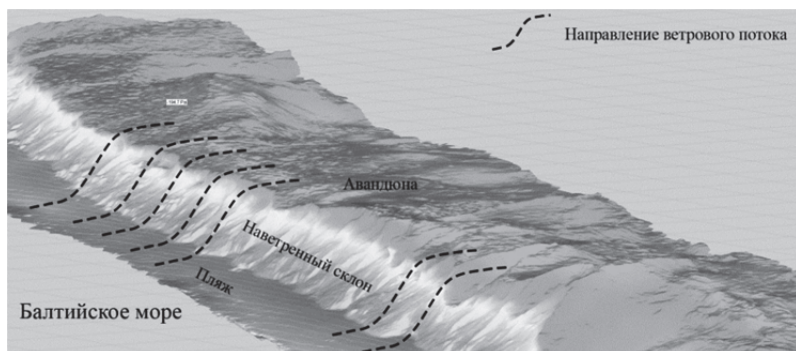


Рис. 1. Распределение давления ветра на наветренный склон авандюны в районе 14 км НП «Куршская коса» (начало февраля 2022 г.)

Результаты моделирования показали относительно низкое удельное давление ветрового потока на наветренный склон авантюны, что связано прежде всего со значительной его пологостью к оси ветра.

На рисунке 2 показано моделирование ветрового потока сразу после прошедших штормов по состоянию на февраль 2022 г.

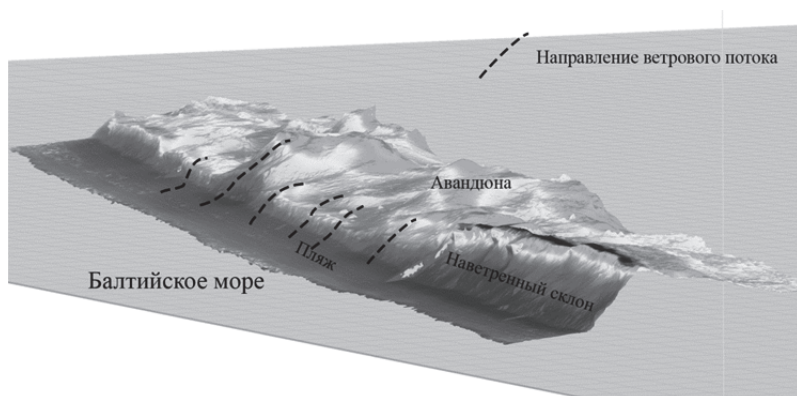


Рис. 2. Распределение давления ветра на наветренный склон авантюны в районе 14 км НП «Куршская коса» (конец февраля 2022 г.)

Результаты моделирования (скорость ветра составляла 24 м/с, порывы моделировались до 27 м/с) показали, что из-за изменения угла наветренного склона авантюны на 14—16 градусов удельное давление увеличилось почти в 2,5 раза, что привело к усилению ветрового потока на вершине авантюны до значений в 30—32 м/с, а это, в свою очередь, способствовало резкому усилению переноса песчаного материала. На рисунке 3 продемонстрировано моделирование по состоянию на март 2022 г.

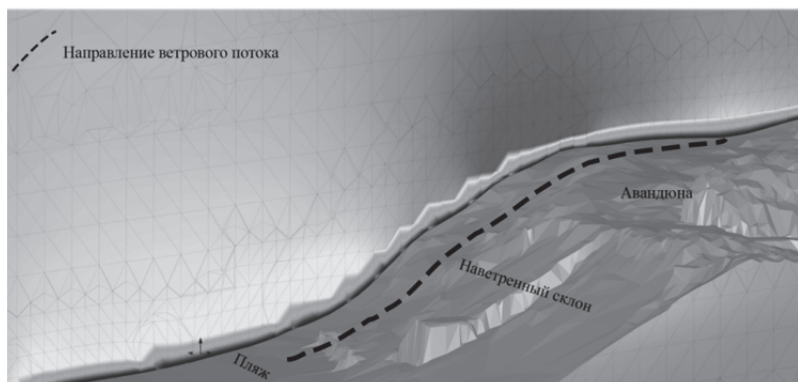


Рис. 3. Участок моделирования давления ветра на наветренный склон авантюны в районе 14 км НП «Куршская коса» (март 2022 г.)

Было обнаружено возвращение удельного давления ветра практически к изначальным величинам при изменении угла всего лишь на 5 градусов под воздействием естественных гравитационных потоков. Нагрузка рассчитывалась по следующей формуле [15; 16]:

$$F = 0,5 \times \rho \times V^2 \times C_d \times A,$$

где F — сила давления ветра (Н); ρ — плотность воздуха ($\text{кг}/\text{м}^3$); V — скорость ветра (м/с); C_d — коэффициент силы сопротивления; A — площадь участка склона авантюны.

Были получены следующие значения:

- для начала февраля удельное давление составило — $4,5 \text{ кг}/\text{м}^2$;
- для конца февраля — $13 \text{ кг}/\text{м}^2$;
- для марта — $5,5 \text{ кг}/\text{м}^2$.

Одновременно с этим было замечено обращение ветрового потока на вершине авантюны с формированием так называе-

мого участка подскока, на котором скорость ветра резко падает, что, в свою очередь, формирует интересные закономерности в перемещении песчаных наносов.

Таким образом, полученные результаты могут быть применены при планировании береговосстановительных работ на аварийных участках приморского дюнного грядового комплекса, и прежде всего авандюны.

Список литературы

1. *Бадюкова Е.Н.* Прибрежные золотые формы и колебания уровня моря / Е.Н. Бадюкова, Г.Д. Соловьева // *Океанология*. 2015. Т. 55, № 1. С. 139—146.

2. *Белов Н.С.* Оценка эффективности восстановления авандюны после шторма (на примере участка авандюны на 14-м км национального парка «Куршская коса») / Н.С. Белов, Т.В. Шаплыгина, А.Р. Данченков, И.И. Волкова // *Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса» : сб. науч. статей / сост. И.П. Жуковская*. Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2021. Вып. 17. С. 95—103.

3. *Болдырев В.Л.* Результаты и дальнейшие перспективы мониторинга берегов Куршской косы / В.Л. Болдырев, В.П. Бобыкина, Е.М. Бурнашов // *Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»*. Калининград : Изд-во РГУ им. И. Канта, 2007. Вып. 5. С. 76—93.

4. *Рябкова О.И.* Современное состояние морских берегов Калининградской области и биологические меры защиты от их разрушения / О.И. Рябкова, М.А. Герб // *Арктические берега: путь к устойчивости : материалы конференции*. Мурманск : МАГУ, 2018. С. 265—268.

5. *Харин Г.С.* Типы осадков и разрезов верхнечетвертичного чехла и геологическая устойчивость Куршской косы (Балтийское море) / Г.С. Харин, И.П. Жуковская // *Литология и полезные ископаемые*. 2013. № 3. С. 215—233.

6. *Castelle B.* Nature based solution along high-energy eroding sandy coasts: preliminary tests on the reinstatement of natural dynamics in reprofiled coastal dunes / B. Castelle [et al.] // *Water*. 2019. Vol. 11(12).

7. *Creer J.* A comment on some of the conclusions made by Delgado-Fernandez et al. (2019). “Is ‘re-mobilisation’ nature conservation or nature destruction? A commentary” / J. Creer [et al.] // *Journal of Coastal Conservation*. 2020. Vol. 24. P. 1—4.

8. *Davidson S.G.* Controls on dune scarping / S.G. Davidson, P.A. Hesp, G.M. da Silva // *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*. 2020. Vol. 44, iss. 6. P. 923—947.

9. *Hesp P.A.* Eolian Environments| Coastal Dunes V2 / P.A. Hesp, I.J. Walker // *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*. 2021.

10. *Martínez L.M.* Coastal dune restoration: trends and perspectives / L.M. Martínez, P.A. Hesp, J.B. Gallego-Fernández // *Restoration of Coastal Dunes*. 2013. P. 323—339.

11. *Nguyen D.* Incident wind angle and topographic steering through excavated foredune notches / D. Nguyen, M. Hilton, S. Wakes [et al.]. *Geomorphology*. 2021. Vol. 395.

12. *Pye K.* Advice on options for sand dune management for flood and coastal defence. Vol. 1: Main report, NRW Evidence report / K. Pye, S.J. Blott, G. Guthrie. 2017. Report №207.

13. *Pye K.* Dune rejuvenation trials overview report. Natural resources Wales Evidence Report Series / K. Pye, S. Blott. 2016. Report №296.

14. *Ruessink B.G.* Coastal dune dynamics in response to excavated foredune notches / B.G. Ruessink, S.M. Arens, M. Kuipers [et al.] // *Aeolian Research*. 2018. Vol. 31, Part A. P. 3—17.

15. *Schwarz C.* Wind and sand transport across a vegetated foredune slope / C. Schwarz [et al.] // *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*. 2021. Vol. 126, № 1. P. e2020JF005732.

16. *Winter W.* Regional versus local wind speed and direction at a narrow beach with a high and steep foredune / W. Winter [et al.] // *Plos one*. 2020. Vol. 15, № 1. P. e0226983.

17. *Nordstrom Karl F., Jackson Nancy L.* Fore dune restoration in urban settings // *Restoration of coastal dunes*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2013. P. 17—31.

18. *Hilgendorf Zach et al.* Assessing geomorphic change in restored coastal dune ecosystems using a multi-platform aerial approach // *Remote Sensing*. 2021. 13.3. P. 354.

УДК 551.4

**Д. В. Ерошенко¹, М. Г. Напреенко¹, Е. В. Дорохова¹, Г. С. Харин¹,
И. П. Жуковская², Л. Д. Баширова¹**

¹Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН

²Национальный парк «Куршская коса»

К вопросу о развитии песчаных отложений южной части Куршской косы

В рамках палеогеографических исследований на Куршской косе (геологический разрез GS 024) изучался береговой разрез со стороны моря в районе пос. Лесной в месте выхода реликтовых лагунных илов. Впервые исследованы гранулометрический, химический и минеральный составы склоновых песков. Подтверждена неоднородность условий формирования песчаных толщ. Выявлена высокая вероятность вторичного изменения составов отложений в результате процессов выветривания. Результаты исследования указывают на постепенное наступление песчаных наносов на прибрежную часть лагуны, которое началось около 10 тыс. лет назад. Дифференциация песчаной толщи на нижнюю и верхнюю часть относительно выделенного в разрезе прослоя-маркера крупнозернистого песка может отражать разные этапы генерации песчаной толщи: от предполагаемого мелководного вала, образованного при поднятии уровня моря, до пляжевых и эоловых песков.

As part of paleogeographic studies on the Curonian Spit (geological section GS 024), a coastal section was studied from the sea in the area of the village Lesnoy in the place where relic lagoon oozes come out. The granulometric, chemical and mineral compositions of slope sands were studied for the first time. The heterogeneity of the conditions for the formation of sand strata was confirmed. A high probability of a secondary change in the composition of sediments as a result of weathering processes was revealed. The results of the study indicate a gradual advance of

sand deposits on the coastal part of the lagoon, which began about 10 thousand years ago. Differentiation of the sand stratum into the lower and upper parts relative to the interlayer-marker of coarse-grained sand identified in the section may reflect different stages of generation of the sand stratum: from the supposed shallow swell formed during sea level rise to beach and eolian sands.

Ключевые слова: Куршская коса, пляжевый песок, палеореконструкция, гиттии, водно-ледниковые суглинки, геохимия, гранулометрия.

Key words: Curonian Spit, beach sand, paleoreconstruction, gyttiae, glacial mud, geochemistry, granulometry.

Введение

В ноябре 2020 г. у пос. Лесной на Куршской косе в рамках палеогеографических исследований проведены геологические изыскания на морском склоне косы, взяты пробы песка по вертикальному разрезу от уреза воды до верхнего почвенного слоя на ст. GS 024. Участок Куршской косы у пос. Лесной представляет собой узкое место в теле косы и интересен сочетанием разных фаций осадков: от позднечетвертичных водно-ледниковых моренных до голоценовых болотных, лагунных, пляжево-морских и эоловых (рис. 1). Именно здесь, на береговом уступе, имеется выход пачки тонкослоистых реликтовых лагунных илов (гиттий), несогласно залегающих по прослою брекчии на моренных суглинках. На соседних участках зафиксированы неоднократно изученные выходы торфа. Перекрывающие гиттии песчаные осадки имеют слоистую неоднородную структуру, осложненную тонкими прослоями темно-коричневых песков, растительными остатками, включая остатки старой и современной корневой системы, а также перекрывающими их в верхней части берегового откоса четко выраженными почвенными слоями.

Данный участок косы подробно рассматривался в работе Е. Н. Бадюковой [2; 3]. Генезис песков, залегающих в верхней части разреза, между двумя прослоями почв, указан как эоловый, на основании доминирования в составе фракции 0,5—

0,25 мм, в то время как генезис нижезалегающих песчаных толщ, перекрывающих слои гиттий, точно не определен, но автор склоняется к гипотезе их водно-ледникового происхождения, оперируя наличием в песках нижней части разреза тонко-алевритовых фракций, а также отсутствием доминирования характерных для эоловых песков фракций. В палеорекострукции, проведенной А. Ю. Сергеевым [5], данный участок косы около 7,5 тыс. лет назад характеризовался намывными процессами, приведшими к формированию со стороны моря трансгрессивных валов, которые перемещались в сторону лагуны, формируя тело палеокосы и уплотняя лагунные осадки.

Цель работы — оценка и сравнение полученных новых данных с опубликованным материалом. А также ответить на вопрос о природе откоса — береговой клиф коренного берега или песчаная намывная коса со стороны моря.

Материал и методика

Вдоль разреза были отобраны пробы песка, ила и глины, проведено литологическое описание разреза. Нами были отобраны 35 проб осадков на 21 горизонте и в лаборатории геологии Атлантики Института океанологии им. П. П. Ширшова были проведены анализы гранулометрического, минерального и химического составов. Для 23 проб были выделены фракции алевритово-пелитового материала (<0,063 мм), тонкозернистого (0,09—0,063 мм), мелкозернистого (0,25—0,09 мм), среднезернистого (0,5—0,25 мм), крупнозернистого (1—0,5 мм) и грубозернистого (2—1 мм) песка, а также гравийного (>2 мм) материала в соответствии со шкалой Ч. Вентворса [10].

Выделены три группы кривых распределения: полимодальная, бимодальная и логнормальная. Для последней группы с помощью программы Gradistat рассчитаны гранулометрические параметры [9]. Анализ минерального состава осуществлялся как для неразделенной фракции, так и для крупноалевритовой фракции с использованием микроскопа Leica DM 2500 POL с цифровой камерой DFX 490 с разрешением 8 мегапикселей и иммерсионной жидкости. В рамках поставленной цели проанализировано 17 проб песка в разных частях разреза.

Химический анализ проводился для 23 проб, включая пробы глин и илов. Были определены следующие элементы: фосфор (P_2O_5), азот ($N_{общ}$), аморфный кремнезём ($SiO_{2ам}$) (спектрометр КФК-3М), формы углерода $C_{орг}$ (экспресс-анализатор углерода АН-7529М), As, Cd, Pb (атомно-абсорбционный спектрометр Квант-Z-ЭТА), Fe, Mn, K, Na, Ca, Mg, Ti, Cu, Zn, Co, Ni, Cr (атомно-абсорбционный спектрометр Varian AA 240 FS).

В целях проверки гипотезы о дифференцированной песчаной толще проведен кластерный анализ по методу одиночной связи («ближайшего соседа») для нормированных к 100 % данных по гранулометрическим параметрам, химическому и минеральному составам песков логнормальной группы. Для химического состава выбраны наиболее полные анализы по элементам, содержание которых выше пределов чувствительности метода определения: $SiO_{2ам}$, $C_{орг}$, K, Na, Ca, Ni, Cr, Pb, As.

Описание геологического разреза у пос. Лесной

Литологическое строение разреза имеет свои особенности, важные для понимания возможной палеореконструкции. Неоднородность самой толщи указывает на неоднократную смену условий накопления осадков. В основании разреза находится двухметровый слой озерно-ледниковых песчанистых суглинков палево-коричневого, серого цвета, с включениями неокатанного гравийного и валунного материала (рис. 1). Выше по разрезу на горизонте 375—365 см (здесь и далее интервалы даны от уровня современной поверхности земли) наблюдается прослой осадочной брекчии, фиксирующей положение горизонта размыва берега водными потоками. Этот горизонт по ровной границе перекрывается пачкой слоистых илов (гиттий) (горизонт 365—339 см), осадками лагунного происхождения темно-коричневого до серого цвета с горизонтальными песчаными прослоями более светлого песка. Четкая слоистая текстура верхней части пачки гиттий позволяет зафиксировать постепенное наступление песчаных наносов на берег сформировавшийся около 11 тыс. лет назад лагуны [5].

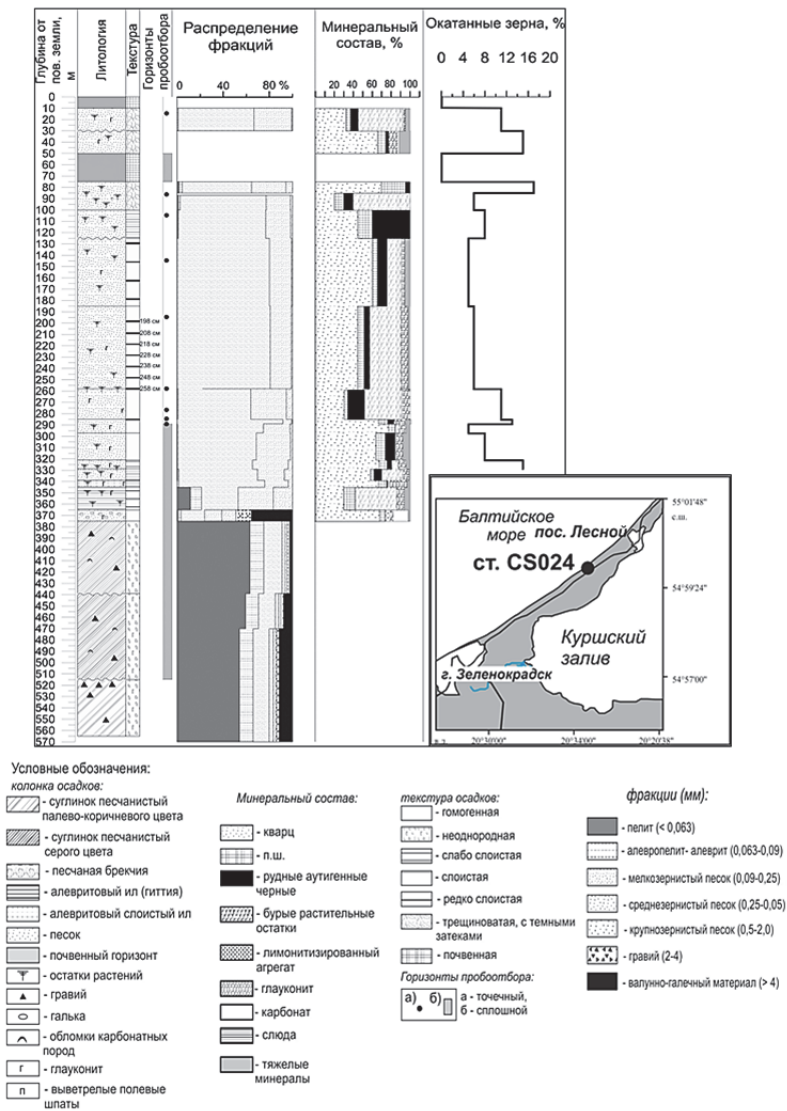


Рис. 1. Литологическая схема разреза на ст. CS 024, Куршская коса

Выше (гор. 339—185 см) они перекрываются пачкой преимущественно среднезернистого песка, которая является целью нашего исследования. На соседних с разрезом участках к нижней части этой толщи приурочены выходы почвенных вод. Данная пачка состоит из нескольких слоев, имеющих горизонтальное простирание, выдержанных по мощностям и отличающихся по цветовым и плотностным характеристикам. Отмечен наклон слоев в сторону залива в пределах видимой глубины разреза, что может указывать на то, что данный участок берега является остатком некоего берегового вала, частично сохранившегося до наших дней. На горизонте 258—259 см присутствует ровный горизонтальный выдержанный по простиранию сантиметровой прослой крупнозернистого темно-коричневого кварцевого песка с обильными включениями растительных остатков. Он может быть маркером зоны уреза воды, в этом случае наклон данного прослоя в сторону залива может маркировать последующее постепенное понижение уровня в лагуне. Но для проверки этого утверждения необходимо дополнительное колонковое бурение. Во вмещающих песках этот прослой, на горизонтах 339—329 см и 289—185 см отмечены шесть четких прослоев песка, более плотных и более темных оттенков, нежели вмещающие его осадки, и они хорошо различаются на склоне разреза (рис. 1).

В верхней части песчаной пачки (185—0 см) расположились два почвенных прослоя, которые разделяются слоем светло-серого кварцевого песка, имеющим эоловое происхождение и подстилающим горизонт современной почвы. Пески этих горизонтов характеризуются наличием густой сети современной корневой системы и представлены хорошо отсортированным кварцевым песком, имеют хорошую степень цементированности и характеризуется более темным оттенком вследствие обильных затёков органики.

Гранулометрический анализ

Гранулометрический анализ выделил основные литотипы разреза, а также позволил дифференцировать состав песков. Отметим ряд особенностей. Изучаемая толща песков по своим гранулометрическим характеристикам представляет собой преимущественно среднезернистые хорошо отсортированные пески. Доминирующей фракцией является 0,5—0,25 мм, ее содержание резко возрастает вверх по разрезу с 20 до 60—80%. При этом содержание тонких фракций (< 0,09 мм) минимально — менее 0,5%, кроме песков верхней части разреза, подстилающих почвенные слои (содержание тонких фракций около 1%) (рис. 2).

С целью попытки дифференциации песчаной толщи этой группы были рассчитаны гранулометрические параметры и выделены горизонты песков с распределением зерен, близким к логнормальному [9]. Их сравнительный анализ показал, что мы все-таки можем выделить как минимум три группы: нижняя (гор. 345—259 см), средняя (гор. 258—75 см), верхняя (гор. 50—10 см). На графике отношения моды к среднему размеру зерен (рис. 2), проведенные для независимых методов расчета, практически идентичны друг другу. Видно, что для горизонтов нижней части разреза эти показатели преимущественно ниже единицы, что указывает на более обильный принос тонкозернистого материала, нежели для перекрывающих их песков.

Таким образом, по гранулометрическим характеристикам песок подвергался волно-динамической обработке, отсюда и хорошая сортированность. Здесь надо учесть, что разрез располагается на береговом склоне, и тонкая фракция могла быть частично вымыта поверхностными водами. Определить настоящую долю тонкодисперсного материала может только дополнительное бурение. Отличием песков нижней части разреза является более низкий коэффициент асимметрии, чуть более высокий разброс значений гранулометрических параметров.

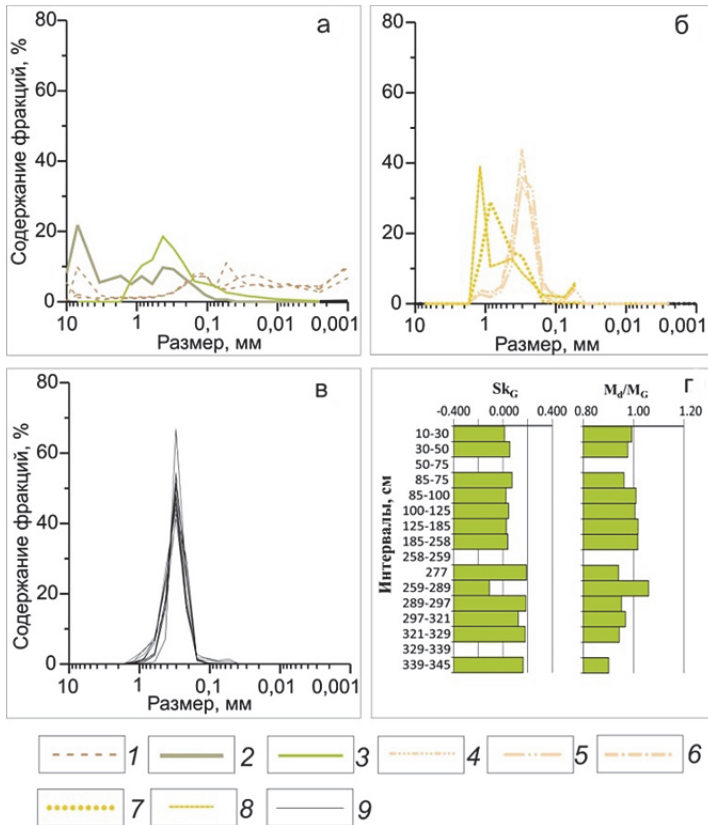


Рис. 2. Кривые распределения фракций и динамика гранулометрических параметров в осадках разреза CS 024. Группы кривых распределений: *а* — полимодальная (горизонты глин, илов); *б* — близкая к бимодальной (к/з—с/з песок); *в* — логнормальная (с/з песок); *г* — распределение гранулометрических параметров проб песков логнормальной группы по разрезу CS 024 (коэффициент сортировки (Sk_G), соотношение моды к среднему размеру зерен (M_d/M_G)) Литологические горизонты: 1 — 375—515 см (глина), 2 — 375—365 см (брекчия), 3 — 365—345 см (ил), 4 — 345—339 см (ил), 5 — 345—339 см (общая проба), 6 — 339—329 см, 7 — 259—258 см, 8 — 75—50 см, 9 — 258—10 см

Минеральный состав

Состав песка достаточно однороден: в неразделенных фракциях доминирует угловатый, угловато-окатанный кварц. В верхней части разреза (выше 75 см) отмечено повышенное содержание окатанных зерен кварца (выше 15% от общего количества зерен) (рис. 1 см. на с. 175). На всем протяжении разреза в пробах зафиксировано присутствие измененного глауконита (5—11,7%), характеризующегося темно-зеленым (до черного) цветом (интервалы 339—185 см и 50—10 см).

В песках обнаружено высокое содержание растительных остатков. Биогенные лигнитизированные остатки играют частично роль цемента, который присутствует на зернах песка практически всех горизонтов (рис. 3, а, б).

Встречаются также и следы вторичных постседиментационных преобразований. Пески в верхней части разреза отличаются наличием сцементированных агрегатов измененных полевых шпатов (рис. 3, в). Их присутствие в пробах коррелируется с увеличением степени сцементированности.

Кроме того, в этих горизонтах фиксируются остатки пыльцы и зерен растений, что указывает на их эоловое происхождение (рис. 3, б). То есть шло наступление песков на берег, покрытый растительностью. В составе тонкопесчаной и алевритово-пелитовой фракций (0,09—0,063 мм и <0,063 мм) на всем протяжении разреза также характерно доминирование угловато-окатанного кварца (20—77,1%) и частично полевых шпатов (3,8—25%) (рис. 3, з, д).

В группе тяжелых минералов отмечены амфиболы, гранат, эпидот, циркон, рутил, дистен, турмалин, слюдяные, черные рудные минералы окатанной и угловато-окатанной формы, что характерно для пляжевых песков Балтики (рис. 3, з, д, е) [8].

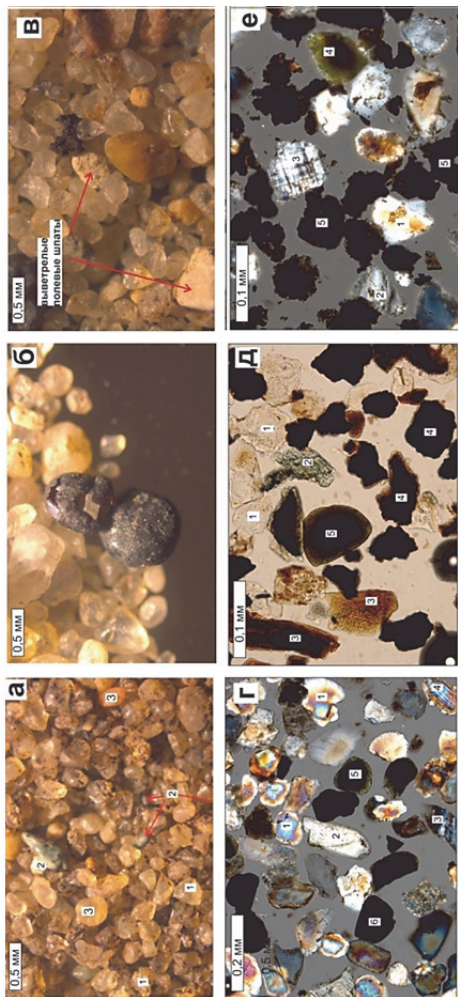


Рис. 3. Минеральный состав осадков разреза CS 024.

Микрофотографии несортированного осадков разреза CS 024. Увеличение 2,5:

a — прослой среднеристотого темно-коричневого песка (гор. 277 см в пачке 289—259 см), в составе: окатаные зернами кварца (1), глауконита (2), полевого шпата (3), остатки темно-коричневого биогенного цемента на зернах; *б* — пыльца растений, горизонт 85—75 см; *в* — сцементированные агрегаты полевых шпатов (зерна белого цвета), горизонт 85—75 см

Минеральный состав мелкопесчаной и крупноалевритовой фракций:

г — фракция 0,250—0,09 мм, гор. 321—297 см: 1 — кварц; 2 — листен; 3 — плагноклаз; 4 — микроклин; 5 — глауконит; 6 — черные рудные; *д* — фракция <0,063 мм, гор. 195 см: 1 — кварц; 2 — амфибол;

3 — литнигитизированные растительные остатки; 4 — аугитиновые черные; 5 — глауконит;

е — фракция <0,063 мм, гор. 85—75 см: 1 — кварц; 2 — полевой шпат; 3 — микроклин; 4 — глауконит;

5 — лимонитизированные растительные остатки

Химический состав песков

Содержание элементов биогенной группы в пробах песка незначительно (содержание азота в большинстве проб ниже 1%, т.е. часто ниже погрешности измерений). Это объясняется интенсивными процессами выветривания, характерными для песков. Максимальное содержание приурочено к прослою песка в пачке гитгий (гор. 345—339 см) и к прослою палеопочвы (гор. 75—50 см): $N_{\text{общ}} = 1,03\%$, $C_{\text{орг}} = 32,7\%$. Соотношение $C_{\text{орг}}/N_{\text{общ}}$ более показательно, и своей динамикой маркирует горизонты максимального содержания растительных остатков на разрезе.

Содержание P_2O_5 в пробах осадков также мало (0,001—0,27%) и по своему распределению отражает динамику глауконита, указывая в качестве источника на терригенное происхождение и маркируя окислительные условия при размыве и накоплении осадка.

Максимальные концентрации Fe, Mn, Ca, Mg, Ti приурочены к нижним горизонтам разреза (глинам, илам, брекчии, 515—365 см). Выше по разрезу в песках их содержание падает в разы (Fe 3,27 до 0,01%; Mn с 0,4 до 0,001%, Ca с 9,27 до 2%; Mg с 2,47 до 0,2%; Ti с 0,2 до 0,01%). Можно заметить, что распределение содержаний данных элементов в песках связано с распределением алевритово-пелитовой фракции [4]. Значения рассчитанных коэффициентов корреляции для этой связи больше 0,72.

Распределение менее устойчивых элементов K и Na не имеет общей прямой зависимости от содержания фракций или минерального состава. Наблюдается постепенное уменьшение содержаний этих элементов вверх по разрезу от максимальных значений в глинах, илах и перекрывающих их прослоях песка до минимальных значений в толще песков верхней части разреза (125—75 см). На распределение этих элементов влияют современные процессы выветривания, включая вынос с по-

верхностными и почвенными водами. Это косвенно подтверждает наличие в песках верхней части разреза (125—10 см) рыхлых агрегатов выветрелых полевых шпатов.

Распределение редких элементов Cu, Zn, Co, Ni, Cr, Cd отражает правило фракций [4], наблюдается их корреляция с распределением песчано-алевритового и алевритово-пелитового материала (фракции 0,09—0,063 мм и менее 0,063 мм соответственно). Исключением являются Pb и As. Максимальные концентрации свинца сосредоточены в верхних горизонтах разреза 75—50; 10—0 см (17 и 7% соответственно).

Минимум содержания Pb наблюдается на горизонте 125—75 см (1—3%). На остальных горизонтах его содержание колеблется от 6 до 2%. Аккумулятором свинца в данном случае выступают осадки с максимальным количеством органики и наличием тонких фракций. Из песчаных хорошо сортированных толщ свинец будет вымываться и транспортироваться в окружающую среду.

Сравнение наших данных по химическому составу проб осадков с кларковыми значениями, по О. А. Анциферовой, для почвообразующих пород Самбийского полуострова показало, что они вполне соответствуют выделенным литологическим типам осадков и отражают фациальные различия [1]. При этом большинство данных по пескам логнормальной группы вполне отвечает кларковым интервалам для эоловых песков Куршской и Балтийской кос либо близки к ним.

Отдельно надо отметить пробу, взятую из прослоя темно-коричневого плотного песка с гор. 277 см (гор. 285—259 см): этот прослой отмечен повышенным (до 39,7%) содержанием бурых растительных остатков, которые дают соответствующий темно-коричневый цвет осадка. При этом по содержанию химических элементов он практически не отличается от вмещающих его песков. Отмечено только повышенное содержание $\text{SiO}_{2\text{ам}}$ и $\text{C}_{\text{орг}}$, что указывает на биогенную природу цемента подобных прослоев.

Обсуждение результатов и выводы

Предварительное сравнение гранулометрического, минерального и химического составов позволило говорить о родстве песков нижней и верхней частей разреза, указывая на их пляжевый генезис. Наличие логнормального распределения фракций в пробах песка, хорошая сортированность, практически отсутствие алевритово-пелитовой фракции — все это указывает на длительное воздействие прибрежных волновых процессов. Минеральный состав песков, состав тонких фракций, наличие глауконита, разной степени измененности, присутствие тяжелых минералов, характерных для пляжевых тел Балтийского моря, также подтверждают пляжевый генезис изучаемых песчаных толщ. Ряд горизонтов характеризуются повышенным содержанием темноцветных минералов (125—100 и 30—10 см) и могут быть маркерами усиления штормов [6; 8]. Учитывая, что данные пески располагаются над толщами гиттии, можно вести речь о наступлении песчаных наносов на пелагическую часть лагуны. Это возможно при усиленных аккумулятивных процессах со стороны моря. Прослой крупнозернистого песка (258—259 см) позволяет предположить наличие уреза воды на этом уровне (238 см выше современного уровня моря). К сожалению, данных, фиксирующих подобный прослой в толще осадков, удаленных от берега моря, нет. В противном случае это может быть маркером временного локального водоема.

Таким образом, предположение о формировании трансберегового песчаного вала на этом участке косы, который неоднократно упоминается в исследовательских работах [2; 3; 5—7], получает косвенное подтверждение. При этом формирование самого песчаного вала подразумевает несколько этапов, включая как формирование прислоненного пляжевого тела в результате волнодинамических процессов, так и формирование эловых наносов.

В целях проверки нашей гипотезы о дифференцированной песчаной толще нами проведен кластерный анализ по методу ближайшего соседа для нормированных к 100% данных (рис. 4).

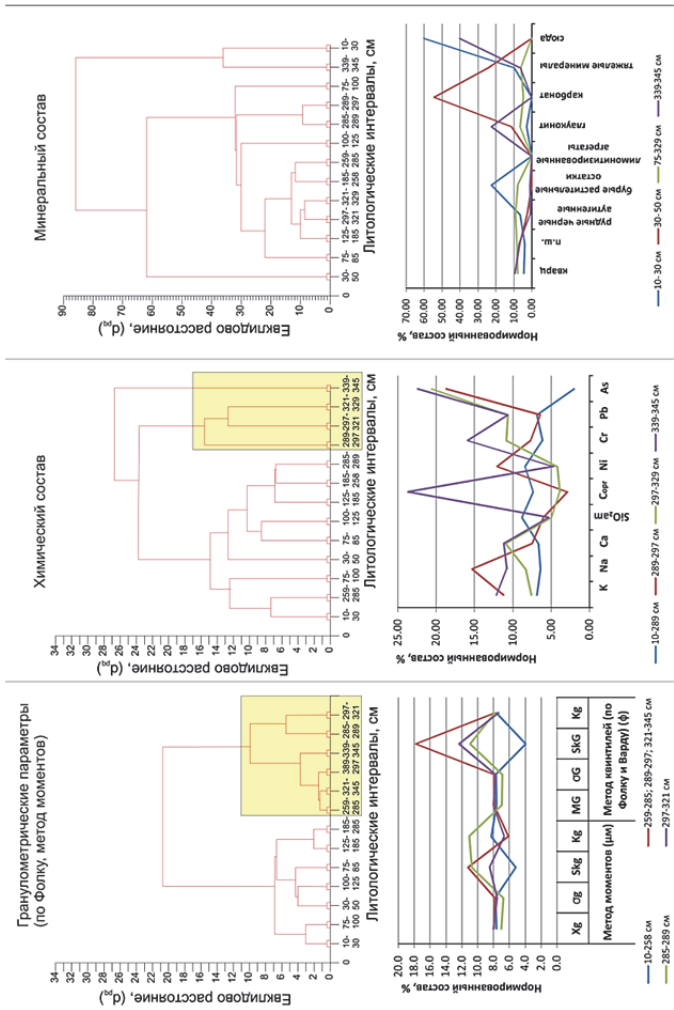


Рис. 4. Кластерный анализ по методу ближайшего соседа песков группы логнормального распределения. Анализ проведен по нормированным к 100% данным.

На графиках в нижней части рисунка отображены средние значения параметров по интервалам

Анализ кластеров данных показал, что по гранулометрическому и химическому составам можно уверенно выделить две группы песков: пески верхней части разреза (10—289 см) и нижней (345—289 см) части разреза. В то же время надо отметить, что группы песков верхней части разреза (гор. 10—30 и 75—50 см), которые у Е. Н. Бадюковой считаются золотыми, не выделяются в самостоятельный кластер на ранних этапах объединения, тогда как пески нижней части разреза представляют собой практически самостоятельные единицы. Пески горизонтов 10—258 см характеризуются относительно пониженными значениями коэффициента асимметрии Sk_g и $Sk_G(3,9—5,2)$ и пониженными содержаниями выделенных элементов ($SiO_{2ам}$, $C_{орг}$, K, Na, Ca, Ni, Cr, Pb, As), в то время как пески нижней части разреза отличаются высокой волатильностью этих показателей (рис. 4). Следовательно, можно предположить, что пески верхней части по составу более однородны и сформированы при устойчивом способе накопления и транспортировки. Вполне вероятно, что именно эта часть разреза представлена пляжевыми наносами, при формировании которых большую роль играл и золотой разнос. То есть они являются маркерами этапов наступления песчаных наносов на берег древней лагуны. Исходя из этого, можно сделать основной вывод: изучаемые пески берегового склона — это пески, подвергшиеся гидродинамической обработке и сформировавшиеся как часть трансгрессивного морского вала. Но для окончательного ответа на вопрос генезиса песчаных толщ данного разреза необходимы дополнительные данные по соседним разрезам, а также бурение в удаленных от берега участках.

Список литературы

1. *Анциферова О.А.* Геохимия элементов в почвах Земландского полуострова. Калининград : Изд-во КГТУ, 2013.
2. *Бадюкова Е.Н., Жиндарев Л.А., Лукьянова С.А., Соловьёва Г.Д.* Геолого-геоморфологическое строение Куршской косы и некоторые этапы истории ее развития // Геоморфология. 2006. № 3. С. 37—48.
3. *Бадюкова Е.Н., Жиндарев Л.А., Лукьянова С.А., Соловьёва Г.Д.* Строение корневой части Куршской косы // Вестник МГУ. 2010. Сер. 5, № 5. С. 53—59.

4. *Емельянов Е. М.* Биогенные компоненты в осадках Балтийского моря // Геология и геохимия нефти и газа. 2014. Т. 55, № 12. С. 1759—1774.

5. *Сергеев А. Ю.* Палеогеографическая реконструкция района Куршской косы в позднем неоплейстоцене-голоцене // Региональная геология и металлогения. 2015. № 62. С. 34—44.

6. *Харин Г. С., Жуковская И. П.* Типы осадков и разрезов верхне-четвертичного чехла и геологическая устойчивость Куршской косы (Балтийское море) // Литология и полезные ископаемые. 2013. № 3. С. 215—233.

7. *Харин Г. С., Жуковская И. П., Ерошенко Д. В.* Новые данные о геологии зоны сочленения Куршской косы и Самбийского полуострова // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса». Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2012. Вып. 8. С. 193—202.

8. *Харин Г. С., Жуковская И. П., Исаченко С. М., Ерошенко Д. В.* Рудоносные пески в осадках Куршской косы (Балтийское море) // Океанология. 2021. Т. 61, № 1. С. 132—140. DOI: 10.31857/S003015742101007X.

9. *Blott S. J., Pye K.* Gradistat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments // Earth Surf. Process. Landforms. 2001. N 26. P. 1237—1248.

10. *Wentworth C. K.* A scale of grade and class terms for clastic sediments // Journal of Geology. 1922. Vol. 30. P. 377—392.

УДК 551.435

И. П. Жуковская, О. В. Рыльков

Национальный парк «Куршская коса»

Результаты мониторинга морского побережья национального парка «Куршская коса», 2021—2022 годы

Приведены результаты ежегодного сплошного мониторинга защитного пляжевого дюнного вала за период 2021—2022 гг. на территории национального парка «Куршская коса».

© Жуковская И. П., Рыльков О. В., 2023

Outcomes of the complete analysis of the protective beach dune rollers can be found in the article. The research was carried out in the year 2021—2022 on the territory of «Curonian Spit» national park.

Ключевые слова: национальный парк «Куршская коса», морское побережье, защитный пляжевый дюнный вал.

Key words: national park Curonian Spit, sea coast, protective beach dune rollers.

Введение

Морское побережье Куршской косы представляет собой динамичную систему, испытывающую дефицит песчаных наносов на подводном береговом склоне, одновременно находясь под интенсивным штормовым воздействием. Степень развития авандюны и ее морфометрические параметры отражают баланс наносов береговой зоны. На участках с дефицитом песчаных наносов она слабо развита или полностью смыта, таким примером является прикорневой участок косы, который испытывает унаследованный размыв и отступление [5]. В средней части косы авандюна имеет полный профиль развития на участке с уравновешенным балансом наносов [4].

В последнее десятилетие происходит активизация штормовой деятельности, в среднем 25—35 штормов в год [1; 2]. Шторма оказывают разрушительное влияние на морской пляж и защитный пляжевый дюнный вал (ЗПДВ) — авандюну Куршской косы. Значительная изменчивость морского побережья Куршской косы предполагает необходимость проведения ежегодных мониторинговых наблюдений и измерений. С этой целью была выбрана методика сплошного картирования защитного пляжевого дюнного вала. Данные исследования позволяют выделить стабильные и размываемые участки морского склона авандюны. При изучении динамики береговой зоны южной части Куршской косы:

— проведен комплекс наблюдений: фотосъемка, визуальное наблюдение, картирование морфологических участков с помощью навигатора GPS map62s;

— выявлены размываемые, переходные и стабильные участки, котловины выдувания;

— составлены схемы стабильных, переходных и размываемых участков ЗПДВ; схемы котловин выдувания. Полученные данные будут использованы для составления рекомендаций по восстановлению целостности авандюны.

Результаты исследований показали, что на значительном протяжении морского побережья продолжаются активные динамические процессы.

По результатам исследований 2021 г. выделено 8 стабильных участков, общей длиной 30,5 км; 5 размываемых участков, общей длиной 7,9 км, 11 переходных участков общей длиной 4,6 км.

В 2022 г. выделено 18 стабильных участков общей длиной 20,75 км, 9 размываемых участков общей длиной 15,45 км, 12 переходных участков длиной 6,9 км.

Обследованы котловины выдувания, общей площадью 27,07 га.

Материалы и методы

Авандюна — природно-антропогенный линейный барьер в тыльной части пляжа, находящийся в зоне размыва морского побережья косы.

В статье приведены результаты продолжающихся ежегодных обследований в 2021—2022 гг. состояния защитного пляжевого дюнного вала Куршской косы. Картирование морского побережья косы по методике В.Л. Болдырева основано на выделении основных типов морфодинамических участков морского побережья: **стабильных, размываемых, переходных** (от стабильного — к размываемому или от размываемого — к стабильному) и **техногенногенных** [3; 9]. На рисунке 1 представлены все типы выделяемых морфодинамических участков морского побережья Куршской косы.

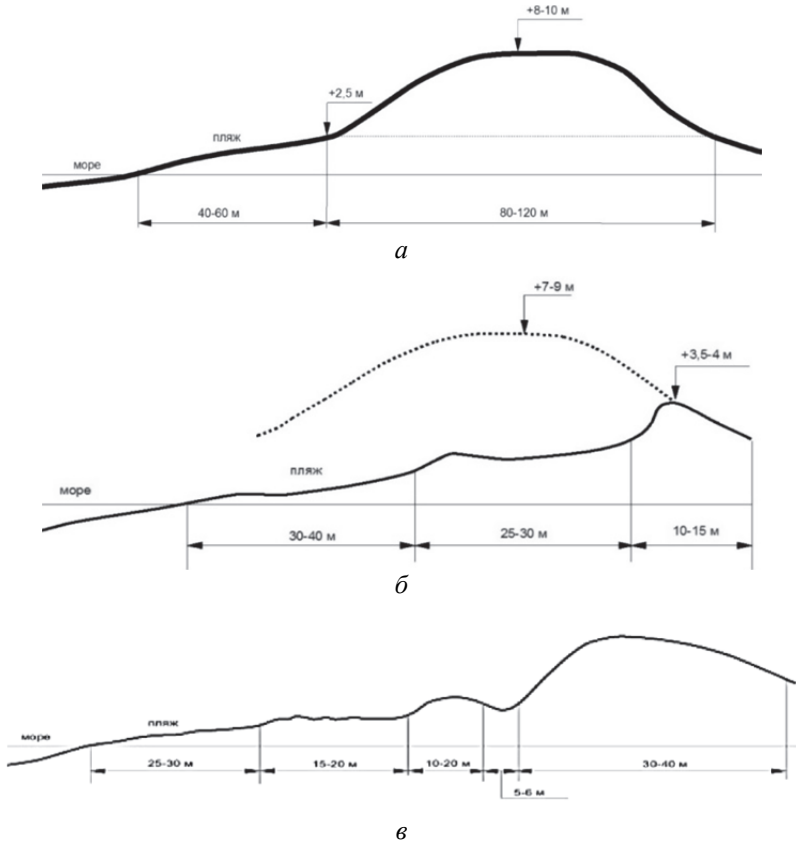


Рис. 1. Поперечные профили пляжа и защитного вала (авандюны) Куршской косы:
a — стабильный берег-авандюна полный профиль;
б — размываемый берег — авандюна размывта на 30—50 %;
в — переходный берег — берег с новой аккумуляцией (эоловый надув)

Стабильные участки берега отличаются широкой развитой эоловой подушкой или наличием прислоненной более молодой авандюны, покрытой песчаными злаками (рис. 1, *a*, 2, *a*). Размываемые участки авандюны имеют четко выраженные отвесные склоны, без какой-либо растительности, такие участки

формируются в период штормовой деятельности моря (рис. 1, б, 2, б). На переходных участках эоловая подушка у основания склона находится в зачаточном или размытом состоянии (рис. 1, в, 2, в), растительность сохраняется на части склона. Кроме вышеперечисленных типов берегов, выделяют техногенные участки: в районе корня косы длиной 1,1 км и в пос. Лесной длиной 0,4 км (рис. 2, г). Техногенными считаются участки побережья, в пляжевой зоне которых размещены берегоукрепительные сооружения (волногасящие проницаемые конструкции различных типов). Необходимость их установки была обусловлена полным размывом защитного вала и опасностью повторения локальных прорывов морских вод на этих участках.



a



б

Рис. 2. Типы морфодинамических участков морского побережья Куршской косы, 2022 г. (первый фрагмент, окончание см. на с. 191):
a — стабильный участок; *б* — переходный участок



б



г

Рис. 2. Окончание (начало см. на с. 190):
б — размываемый участок; г — техногенный участок

Результаты и выводы

В течение двух сезонов (2021—2022) выполнены следующие объемы работ:

— сквозное картирование морфологических участков ЗПДВ;

— выделены размываемые, переходные и стабильные участки авандюны;

— выделены котловины выдувания;

— составлены схемы морфодинамических участков авандюны;

— составлены схемы сопоставления размываемых и стабильных участков 2007, 2021, 2022 гг.

Морской пляж в период проведения работ, как правило, имеет максимальное количества песка и ширину от 30 до 50 метров. На пляже преобладают средне-, мелкозернистые по составу пески, с участками выброса гальки. Выбросы гальки разных размеров и валунов прослеживаются практически от корня косы до литовской границы, что связано с повышенной штормовой активностью моря в последние десятилетия. В 2015 г. был закартирован участок пляжа с валунно-галечными отложениями до 80%. Участок имел длину 2 км, ширина пляжа в период обследования не превышала 40 м. Участок расположен в районе 5—6-го км [7; 11]. В последние 6 лет, начиная с 2017 г., валунно-галечные отложения частично или полностью перекрываются песчаными наносами в период аккумуляции пляжей.

По результатам обследования составлена схема участков аккумуляции и размыва с 1-го по 48-й км Куршской косы (рис. 3, 4) за 2021 г. Проведен сравнительный анализ морфологических участков с данными сплошного картирования 2007 г., для сравнительного анализа взята схема типизации участков берега В. Л. Болдырева.

Сплошной инвентаризацией морского побережья национального парка в 2021 г. установлено 24 чередующихся участ-

ков берега, в том числе 8 стабильных, 5 размываемых, 11 переходных, а также 2 техногенных участка с берегозащитными сооружениями (рис. 3, 4).

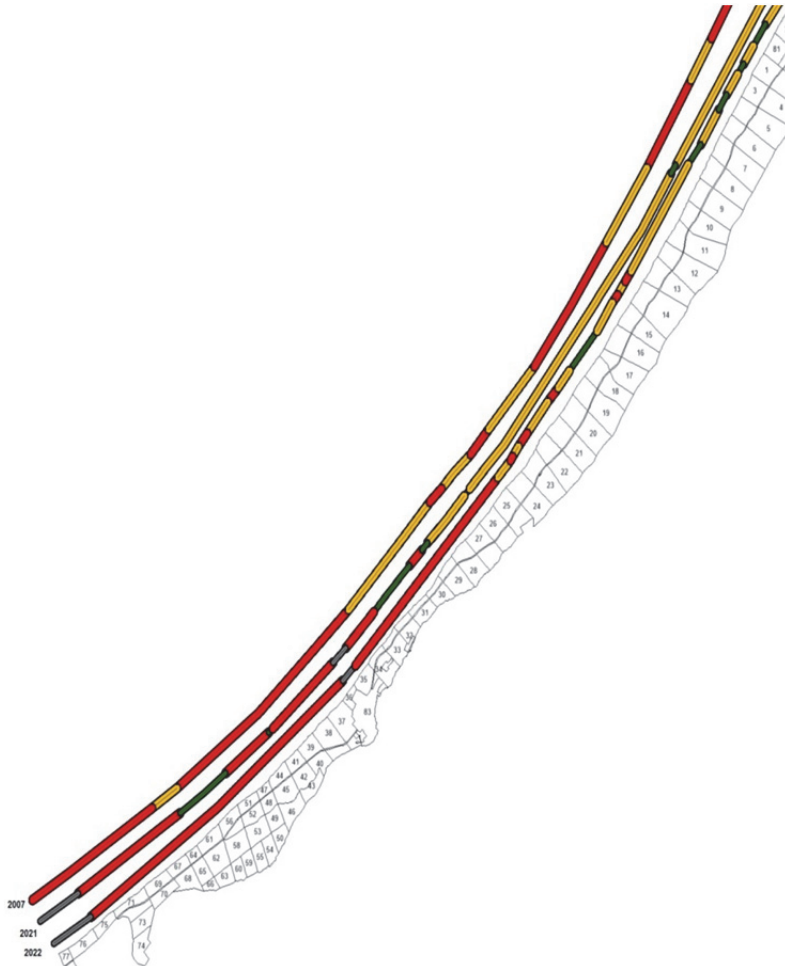


Рис. 3. Сравнительная схема типизации берегов 2007, 2021 и 2022 гг. на участке 1—29-й км Куршской косы



Рис. 4. Сравнительная схема типизации берегов 2007, 2021 и 2022 гг. на участке 29—48-й км Куршской косы

В 2007 г. сотрудниками ИО РАН было установлено 18 чередующихся участков берега, в том числе 9 стабильных и 9 размываемых [3; 6], техногенные и переходные участки не выделялись (рис. 3, 4).

Общая длина морфодинамических участков в 2021 г. составила: стабильных участков 30,5 км, размываемых — 7,9 км, переходных — 4,6 км.

С 1-го по 29-й км косы (рис. 3) в 2007 г. выделено 6 стабильных участков длиной 9,3 км, в 2021 г. — 3 стабильных участка длиной 12,6 км. В 2007 г. выделено 6 размываемых участков общей длиной 14,3 км, а в 2021 г. — 5 участков длиной 7,9 км.

На побережье косы с 29-го по 48-й км косы (рис. 4) в 2007 г. выделено 3 стабильных участка общей длиной 13,5 км, в 2021 г. — 6 стабильных участков общей длиной 17,9 км. В 2021 г. общая длина стабильных участков увеличилась на 4,4 км. По данным 2007 г., сумма размываемых участков на 16—48-м км составила более 9,0 км. В 2021 г. на 16—48-м км размываемых участков не выделено. За последние несколько лет размываемые участки окончательно восстановились с 16-го по 48-й км косы [7; 8].

По итогам мониторинга за 2007 г. выделено 9 размываемых участков общей длиной 23,3 км. В 2021 г. зафиксировано 5 размываемых участков длиной 7,9 км. За последнее 15 лет общая длина размываемых участков на всем побережье в 2021 г. имеет минимальную длину.

Переходные участки, выделенные по итогам 2021 г., составили около 5 км и не рассматривались при сравнении с данными 2007 г.

По итогам 2022 г. выделено 39 участков побережья, среди них 9 размываемых, 12 переходных, 18 стабильных и 2 техногенных остались прежними (рис. 3, 4).

Главная причина активизации процессов размыва берегов, особенно в корневой части косы, — дефицит песчаных нано-

сов [6]. Это подтверждается все продолжающимся увеличением длины участка размыва с 1-го по 15-й км на протяжении последних лет.

За 2022 г. количество и длина отдельных морфодинамических участков претерпели изменения после январских штормов.

Общая длина стабильных участков уменьшились на 9,0 км, их количество увеличилось до 18. Рассмотрим участок в районе 17—25-го км косы: длина стабильного участка в 2021 г. составляла 8,2 км (рис. 5, *а*), в 2022 г. участок в 15—24 кварталах Зеленоградского участкового лесничества представлял собой 10 участков, из которых 5 стабильных участков (рис. 5, *б*), 1 переходный и 4 размываемых. Общая длина разведенных стабильных участков — всего 2,9 км.

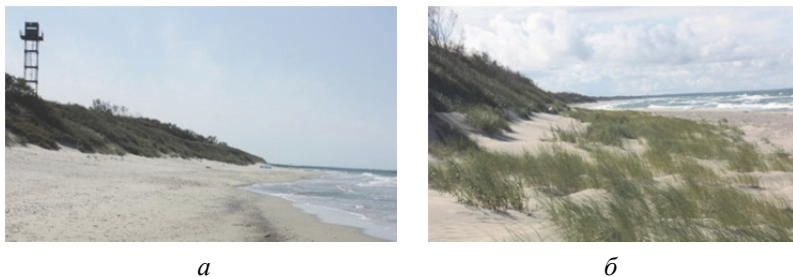


Рис. 5. Стабильный участок:
а — 2021 г.; *б* — 2022 г.

Общая длина размываемых участков выросла в 2 раза: с 7,9 до 15,7 км. Рассмотрим размываемый участок в районе 11—16-го км косы, длина которого в 2022 г. составила 5,6 км (рис. 6, *а*). В 2021 г. этот участок состоял из двух размываемых участков общей длиной 1,4 км (рис. 6, *б*), двух переходных участков общей длиной 1,5 км и одного стабильного участка длиной 2,5 км. Стабилизация северной оконечности рассматриваемого участка происходила после штормов и раз-

мыва предыдущих лет за счет поступления песчаных наносов и самовосстановления склона, а также благодаря проведению работ по укреплению отдельных размываемых участков традиционными методами устилки размываемых склонов. Можно предположить, что при похожих погодных условиях и объемах песчаных наносов стабилизация отдельных участков закончится в течение 3—4 лет.

*а**б*

Рис. 6. Размываемый участок:

а — 2022 г.; *б* — 2021 г.

С 14 по 31 января 2022 г. на Куршскую косу обрушилась серия штормов, которые нанесли серьезный урон всему побережью региона, больше всего пострадала корневая часть косы. В таблице 2 (см. с. 200) представлены основные характеристики штормов. Продолжительное штормовое воздействие вызвало нагонное повышение уровня моря 1—1,5 м при высоте волны 5—7 м. В результате многосуточного нагонного и волнового воздействия на пляж и авантюну практически на всем побережье косы были полностью смыты эоловые подушки в тыльной части пляжа. По морскому склону аванюны образовался отвесный уступ размыва. В кварталах 77—75 разрушены экспериментальные защитные конструкции, пониженные участки рельефа и автодорога оказались подтопленными морской водой. В 2022 г. на этом участке «Балтберегозащита» провела работы по восстановлению аванюны.

Рассмотрим рисунки 3, 4 (см. с. 193—194) и данные базы «Многолетние ряды наблюдения морфодинамических участков ЗПДВ», сравним длину морфологических участков в предштормовой период 2021 г. и постштормовой период 2022 г.

Общая длина стабильных участков в 2021 г. достигала 30,5 км. Стабильные участки уменьшились на 11,25 км и в 2022 г. составили 20,75 км. Длина стабильных участков сократилась почти на 10 км.

Общая длина размываемых участков в 2021 г. была 7,9 км. В постштормовой период 2022 г. увеличилась до 15,7 км, общая длина размываемых участков выросла вдвое. Первые 11 км побережья косы на протяжении последних 15 лет фиксируются как размываемые участки с полным дефицитом песчаных наносов. В 2022 г. размываемый участок длиной 0,15 км выделен на 47-м км косы. При условии достаточного поступления на пляж песчаных наносов процесс восстановления размываемых участков занимает несколько лет. Для полного восстановления размываемых участков 2007 г. длиной 6,2 км потребовалось почти десять лет.

Общая длина переходных участков в 2021 г. составила 4,6 км, в постштормовой период 2022 г. — 6,9 км. Переходные участки увеличились на 2,3 км. Их появление в 2022 г. говорит о тенденции восстановления защитного вала на участке с 15-го по 48-й км после прохождения штормовых зимних погод 2022 г.

За последние 15 лет возникали локальные прорывы морских вод на пальве в 2007, 2012, 2017, 2019, 2022 гг. Последний прорыв произошел 31 января 2022 г. при прохождении над калининградским побережьем активного циклона с ветром северных румбов, со скоростью до 27 м/с, который сопровождался нагонным подтоплением корневой части косы.

В таблице 1 приведены основные характеристики штормов в 2007 и 2021, 2022 гг. [11], по данным АГМС (автоматической гидрометеостанции), установленной на МЛСП D-6, на расстоянии 20 км от берега [9; 10].

Таблица 1

Характеристика штормов Юго-Восточной Балтики 2007, 2021, 2022 гг.

Характеристика штормов	2007											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Количество	11	2	3	2	—	1	1	1	2	2	7	3
Продолжительность, ч	45	59	22	8	—	27	7	6	11	12	24	38
Максимально измеренная скорость, м/с	26	20	20	16	—	21	17	18	18	22	22	23
	2021											
Количество	1	—	1	—	—	—	—	—	—	1	4	1
Максимально измеренная скорость, м/с	17		16,1	—	—	—	—	—	—	25,5	18,8	22,8
	2022											
Количество	8	2	—	2	—	—	3	1	—	5	1	2
Максимально измеренная скорость, м/с	27,3	22,8	—	21,9	—	—	17,9	17	—	17,9	13,9	18,8

В таблице 2 представлены характеристики штормов в январе 2022 г. по данным автоматической метеостанции DAVIS, VANTAGE PRO2, установленной на 15-м км Куршской косы.

Таблица 2

**Характеристика штормов Юго-Восточной Балтики
в январе 2022 г.**

Январь	Направление ветра	Балл	Максимально измеренная скорость, м/с
14	Северо-западный	9	25,0
17	Северный	9	26,4
19	Северо-западный	7	17,0
20	Северный	8	18,8
21	Северный	8	21,9
28	Северный	7	20,6
30	Северный	10	27,3
31	Северный	6 «Надя»	27,3
		Итого: 8 штормов	

Заключение

По итогам проведенных исследований морского побережья в 2021—2022 гг., выделены стабильные, переходные и размываемые участки защитного пляжного дюнного вала — авандюны. Для сравнения изменений в динамике развития морского побережья выбран 2007 г. По итогам сравнения составлена схема типизации морфологических участков.

В 2021 г. размываемые участки за последние несколько лет окончательно восстановились на участке с 16-го по 48-й км косы. Общая длина размываемых участков на всем побережье в 2021 году имеет минимальную длину за последние десятилетия.

В январе 2022 г. на побережье Калининградской области обрушилась серия штормов (табл. 2). В результате нагонного и волнового воздействия на пляж и авантюну на всем побережье косы были полностью смыты эоловые подушки в тыльной части пляжа. По морскому склону авантюны образовался отвесный уступ размыва. Длина размываемых участков увеличились до 15,7 км, размываемые участки встречаются до 23-го км косы. Протяженность стабильных участков уменьшилась на 11,25 км и составила 20,75 км. Стабильные участки располагаются с 23-го по 49-й км. Переходные участки общей длиной 6,9 км выросли на 2,3 км и находятся с 20-го по 48-й км.

Составлены схемы котловин выдувания, в 2022 г. зафиксированы котловины общей площадью 27,07 га, даны рекомендации по их заделке.

Результаты исследований за 2022 г. показали, что на значительном протяжении морского побережья продолжают активные динамические процессы: аккумулятивные — на участках общей длиной 20,75 км, размываемые — на участках общей длиной 15,7 км. В сравнении с 2007 г., когда было выявлено более 20 км стабильных участков и 20 км размываемых участков, общая длина стабильных участков после штормов в январе 2022 г. уменьшилась почти на километр, размываемых — на 4,3 км, остальные участки в 2022 г. были выделены как переходные. Однако размыв морского побережья корневого участка косы вырос на 4,0 км.

Список литературы

1. *Бобыкина В.П., Стонт Ж.И.* Сравнение воздействий на берега Куршской косы сильных штормов 2007 и 2012 годов // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса». Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2014. Вып. 10. С. 173—182.
2. *Бобыкина В.П., Стонт Ж.И., Карманов К.В.* Особенности динамики морского берега Куршской косы в зимний период 2013—2014 годов // Там же. 2015. Вып. 11. С. 69—78.

3. *Болдырев В.Л.* Проблемы сохранения и обустройства берегов Куршской косы // Там же. 2005. Вып. 3. С. 29—38.

4. *Болдырев В.Л.* Морфологические и литологические индикаторы регионов развития вдольбереговых потоков песчаных наносов // Изучение основных закономерностей и тенденций перемещения береговой линии Балтийского моря за последние 100 лет. Таллин, 1992. С. 55—62.

5. *Болдырев В.Л., Тепляков Г.Н.* Формирование, состояние и проблемы сохранения ландшафтов Куршской косы // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия. М.: НИИ-Природа, 2003. С. 20—41.

6. *Жамойда В.А., Рябчук Д.В., Кропачев Ю.П. и др.* Проявления современных литодинамических процессов в береговой зоне Куршской косы // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса». Калининград : Изд-во РГУ им. И. Канта, 2008. Вып. 6. С. 149—166.

7. *Жуковская И.П., Рыльков О.В., Калина А.А.* Результаты мониторинга морского побережья национального парка «Куршская коса» в 2014—2015 годах // Там же. 2016. Вып. 12. С. 190—202.

8. *Жуковская И.П., Калина А.А., Рыльков О.В.,* Результаты мониторинга морского побережья национального парка «Куршская коса» в 2019—2020 годах // Там же. 2021. Вып. 17. С. 103—113.

9. *Обзор* результатов экологического мониторинга морского нефтяного месторождения «Кравцовское» (D-6). Калининград: ООО «Лукойл-КМН», 2020.

10. *Стонт Ж.И., Буканова Т.В., Крек Е.В.* Изменчивость климатических характеристик прибрежной части Юго-Восточной Балтики в начале XXI века // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2020. № 1. С. 81—94.

11. *Жуковская И.П., Харин Г.С.* Грубообломочный каменный материал на пляжах и подводных склонах Куршской косы (распространение, состав, источники, значение) // Проблемы природопользования, сохранения биоразнообразия и культурного наследия на особо охраняемых природных территориях России : сборник материалов всероссийской научно-практической юбилейной конференции, посвященной 30-летию национального парка «Куршская коса» / сост. И.П. Жуковская. Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2017. С. 64—72.

УДК 338.484

А. С. Кузнецова^{1,2}, Э. А. Бикташева^{1,3}

¹Балтийский федеральный университет им. И. Канта

²Калининградский областной музей янтаря

³Калининградский областной детско-юношеский центр экологии, краеведения и туризма

Оценка геоэкологического состояния экологических троп национального парка «Куршская коса» («Королевский бор» и «Высота Эфа»)

Выполнена оценка геоэкологического состояния экологических троп национального парка «Куршская коса» («Королевский бор» и «Высота Эфа»). На основе полученных данных предложены пути оптимизации использования и охраны природных комплексов.

The assessment of the geoecological condition of the ecological trails of the national Park "Curonian Spit" ("Royal Forest" and "Efa Height") was carried out. Based on the data obtained, ways to optimize the use and protection of natural complexes are proposed.

Ключевые слова: туристические маршруты, геоэкологическая оценка.

Key words: tourist routes, geoecological assessment.

Введение

Уникальность ландшафтов национального парка «Куршская коса», признанных на международном уровне, притягивает туристов со всего мира и ежегодно их количество растёт, в связи с чем отмечается рост рекреационной нагрузки на экологические тропы.

Наиболее негативные последствия чрезмерной нагрузки на тропы: их расширение и углубление, появление несанкционированных троп.

рованных сходов с маршрута, вытаптывание подстилки вплоть до минеральной основы, потеря растительности, появление несвойственных рудеральных видов, обнажение корней, эрозия почвы, заболачивание, фрагментация среды обитания и др. [1—7].

Район исследования

В качестве объектов оценки выбрано две экологические тропы национального парка «Куршская коса», отличающиеся разным уровнем и характером посещаемости — «Высота Эфа» и «Королевский бор».

Протяженность тропы «Высота Эфа» составляет 2,4 км от пляжа Балтийского моря до смотровой площадки на вершине дюны Ореховая. На всем протяжении маршрут оборудован деревянным настилом шириной 2 м (рис. 1).

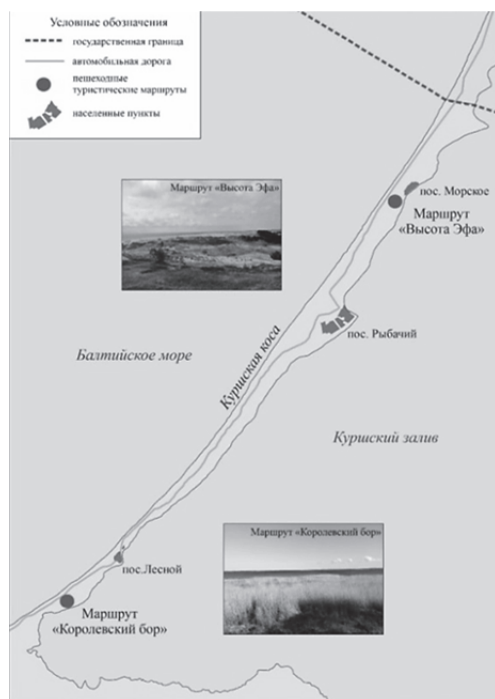


Рис. 1. Район исследования

Протяженность экологической тропы «Королевский бор» — 2,9 км, ширина колеблется в пределах 0,2—1,2 м. Часть маршрута оборудована деревянными настилами, в некоторых местах тропа не имеет покрытия. Маршрут расположен в корневой части Куршской косы в виде круговой экологической тропы от автомобильной дороги до Куршского залива, также имеется выход к Балтийскому морю с противоположной стороны автодороги.

Методы

На тропях фиксировались сходы, измерялась их протяженность и ширина, увлажнение (%) и температура (°C) почвы/песка, характер вытаптывания, проективное покрытие напочвенного покрова. Оценка уровня нарушенности сходов выполнялась согласно матрице, представленной в таблице 1. Данная матрица была разработана на основе анализа методических подходов к оценке влияния вытаптывания на природные комплексы с учетом природных особенностей оцениваемой территории. Также на сходах оценивалась доля площади с наличием обнажения корневой системы древесных растений (%) и количество ТКО (шт./м²).

Таблица 1

Матрица оценки уровня нарушенности сходов с основного маршрута

Уровень нарушенности	Показатели
I (очень слабый)	Проективное покрытие напочвенного покрова > 90 %; доля площади с нарушенной структурой подстилки < 5 %
II (слабый)	Проективное покрытие напочвенного покрова 50—90 %; доля площади с нарушенной структурой подстилки 5—20 %, подстилка с признаками уплотнения; доля площади, лишенной подстилки, < 5 %

Окончание табл. 1

Уровень нарушения	Показатели
III (средний)	Проективное покрытие напочвенного покрова 10—49 %; доля площади с нарушенной структурой подстилки 19—75 %, местами отмечаются деструктивные изменения подстилки (уплотнение, местами фрагментация); доля площади, лишенной подстилки, 5—10 %
IV (сильный)	Проективное покрытие напочвенного покрова 5—9 %; доля площади с нарушенной структурой подстилки может достигать 100 %, повсеместно отмечаются деструктивные изменения подстилки (сильное уплотнение, нарушение целостности, измельчение, фрагментация); доля площади, лишенной подстилки, 9—50 %
V (очень сильный)	Проективное покрытие напочвенного покрова < 5 %; сохранившиеся фрагменты подстилки отмечены в основном по краям тропинок, остальная часть мелкофракционная, измельченная; доля площади, лишенной подстилки, > 50 %

Результаты

Для экологической тропы «Высота Эфа» характерны незначительное количество (6 шт.) и плотность сходов (2,5 схода на 1 км длины маршрута), отличающихся невысокой протяженностью (45—154 м) и шириной (0,3—0,4 м — в лесной части маршрута); в приморской части маршрута ширина сходов — 0,9—2,2 м. Обнажения корневой системы древесных растений отсутствуют, ТКО единичны. IV уровень нарушения (сильный) отмечен для сходов № 4.1—4.2 и 5, расположенных в районе волнистой пальмы. На них доля площади с нарушенной структурой подстилки составляет 90—95 %, проективное покрытие напочвенного покрова колеблется от 5 до 10 %. Изменения на сходах IV уровня нарушения схожи, что говорит об однородности как самих троп, так и степени воздействия на них. V уровень нарушения (очень сильный)

выявлен на сходах № 1—3, размещенных в районе авантюны и волнистой пальме. На данных сходах проективное покрытие напочвенного покрова не превышает 5%, на сходах № 2 и 3 доля площади, лишенной подстилки, достигает 95—100% (рис. 2).

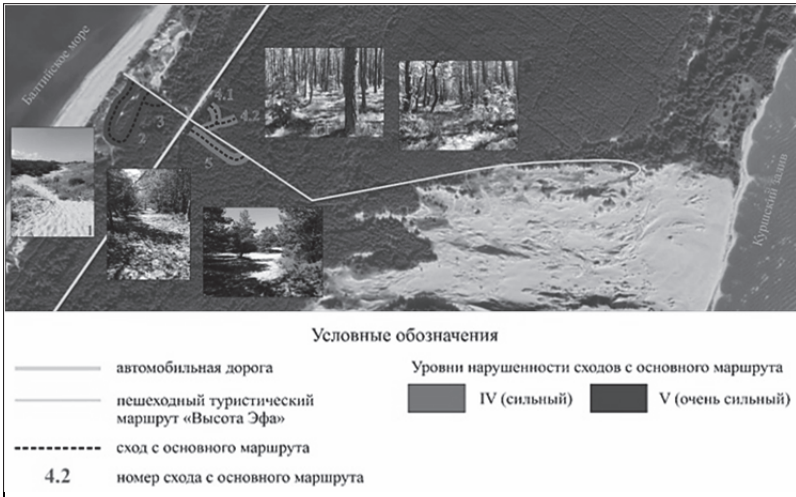


Рис. 2. Уровни нарушенности сходов с пешеходного туристического маршрута «Высота Эфа»

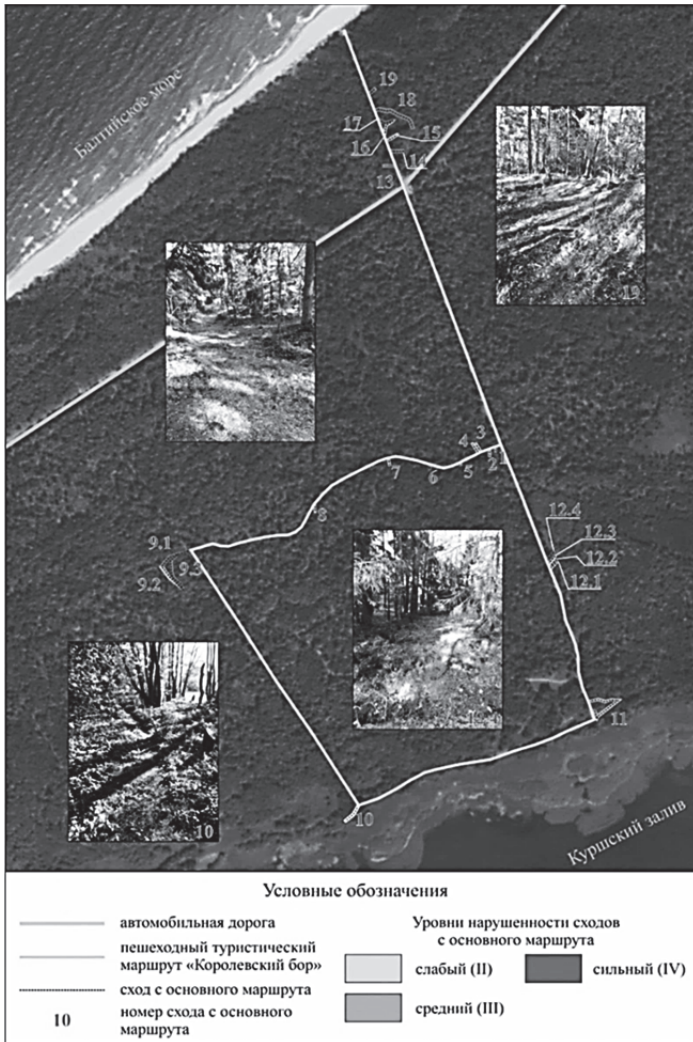
Для экологической тропы «Королевский бор» характерно большее количество (24 шт.) и более высокая плотность сходов (8,3 на 1 км маршрута), однако в большинстве случаев их протяженность невелика (менее 30 м), а ширина не превышает 0,5 м (только на сходе № 3 ширина — 1,0—1,2 м). Обнажения корневой системы древесных растений единичны, ТКО отсутствуют. Ко II уровню нарушенности (слабый) отнесены два схода (№ 10; 12.1), к III (средний) — 13 (№ 1—5; 7—8; 9.2; 11; 12.2—12.3; 15—16), к IV (сильный) — 9 (№ 6; 9.1; 9.3; 12.4; 13—14; 17—19). Доля площади с нарушенной структурой подстилки для троп II уровня — 15—20%, III уровня — 35—75%, IV уровня — 50—100%. Доля площади, лишенной под-

стилки, присутствует только на четырех сходах (12.1—12.4) и отличается в зависимости от уровня: II — менее 5%, III — 5%, IV — 10%. Площадь проективного покрытия напочвенного покрова имеет следующее распределение: II уровень нарушенности — 65—75%, III — 10—45%, IV — 5—7%. На экологической тропе «Королевский бор» преобладает III уровень нарушенности. IV уровень нарушенности характерен преимущественно для сходов в приморской части маршрута, что обусловлено повышением аттрактивности ландшафтов вследствие смены смешанно-елового типа леса на сосновый. Особенностью большинства сходов в призаливной части тропы «Королевский бор» является их незначительная протяженность (преобладают сходы протяженностью менее 30 м, они не заходят далеко в лес) и ширина (в среднем 0,2—0,4 м), сезонность использования для сбора грибов и ягод (черники, брусники), вследствие чего в период отсутствия рекреационных нагрузок они успевают частично восстановиться (рис. 3).

Анализ геоэкологического состояния экологических троп «Высота Эфа» и «Королевский бор» показал, что они находятся в удовлетворительном состоянии и принимаемые национальным парком меры в целом достаточны.

В настоящее время сотрудниками национального парка «Куршская коса» реализуется комплекс мероприятий по ограничению прохода отдыхающих в непредназначенных для этого местах: туристско-рекреационный мониторинг, контроль (обеспечение) соблюдения посетителями режима ООПТ, оборудование маршрутов деревянными настилами, посадка в районе сходов естественных препятствий, установка в районе сходов знака «проход запрещен» и др.

К основным рекомендациям можно отнести: установку указателей направления движения на тропе при пересечении основной тропы с лесными просеками или тропами, образовавшимися в результате сходов нарушителей с основного маршрута; «признание» несанкционированных троп и обустройство их поверхности деревянными настилами, смотровой площадкой; установку информационных щитов «сквозной проход отсутствует/запрещен» и деревянных ограждений.



a

Рис. 3. Уровни нарушенности сходов с пешеходного туристического маршрута «Королевский бор»:
a — общий план маршрута со сходами
 (первый фрагмент, окончание см. на с. 210)

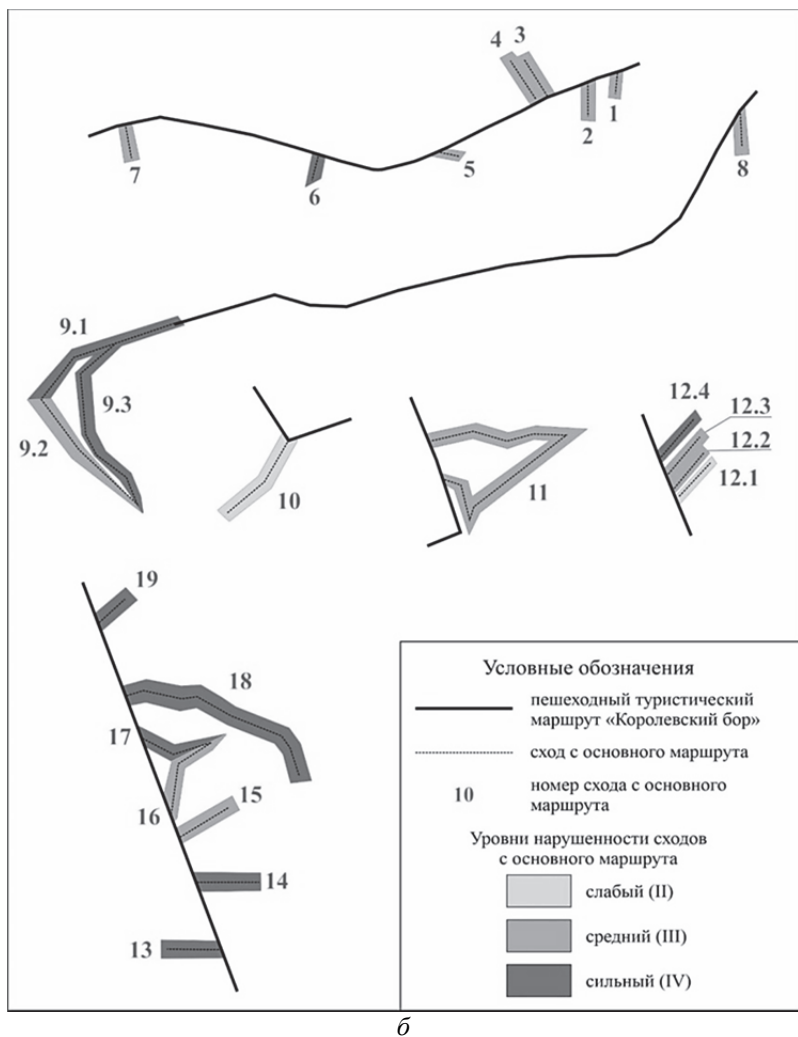


Рис. 3. Окончание (начало см. на с. 209):
б — фрагменты маршрута со сходами

Список литературы

1. *Дыренков С.А.* Изменение лесных биогеоценозов под влиянием рекреационных нагрузок и возможности их регулирования // Рекреационное лесопользование в СССР. М. : Наука, 1983. С. 20—34.
2. *Казанская Н.С.* Рекреационные леса (состояние, охрана, перспективы использования) / Н.С. Казанская, В.В. Ланина, Н.Н. Марфенин. М. : Лесная промышленность, 1977.
3. *Шаплыгина Т.В.* Геоэкологические аспекты рекреационного природопользования в национальном парке «Куршская коса» / Т.В. Шаплыгина, И.И. Волкова // Проблемы природопользования, сохранения биоразнообразия и культурного наследия на особо охраняемых природных территориях России : сборник материалов всероссийской научно-практической юбилейной конференции, посвященной 30-летию национального парка «Куршская коса» / сост. И.П. Жуковская. Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2017. С. 128—134.
4. *Evju M.* Effects of mountain biking versus hiking on trails under different environmental conditions / M. Evju [et al.] // Journal of Environmental Management. 2021. Т. 278.
5. *N. GIS-based* spatial prediction of recreational trail susceptibility in protected area of Sikkim Himalaya using logistic regression, decision tree and random forest model / N. Sahani N, T. Ghosh // Ecological Informatics. 2021. Т. 64.
6. *Tomczyk A.M.* Recreational trails in the Poprad Landscape Park, Poland: the spatial pattern of trail impacts and use-related, environmental, and managerial factors / A.M. Tomczyk, M.W. Ewertowski // Journal of Maps. 2016. Т. 12, №5. P. 1227—1235.
7. *Wimpey J.A.* spatial exploration of informal trail networks within Great Falls Park, VA / J. Wimpey, J.L. Marion // Journal of Environmental Management. 2011. Т. 92, №3. P. 1012—1022.

УДК 502.05, 502.4, 504.03

Ю. А. Майорова, О. Н. Ефремова, И. П. Жуковская

Национальный парк «Куршская коса»

**Результаты учета рекреационной нагрузки
в национальном парке «Куршская коса»
в период с 2018 по 2023 год**

В статье приведены результаты учета количественных параметров рекреационной нагрузки в национальном парке «Куршская коса» с 2018 по 2023 г.

The article presents the results of taking into account the quantitative parameters of recreational load in the National Park «Kurshskaya kosa» (Curonian Spit) from 2018 to 2023.

Ключевые слова: рекреационный мониторинг, рекреационная нагрузка, национальный парк, Куршская коса, посетители, познавательный туризм, пешеходная тропа.

Key words: recreational monitoring, recreational load, national park, Curonian Spit, visitors, educational tourism, trail.

Введение

Представление значений параметров фактической рекреационной нагрузки на природные комплексы особо охраняемой природной территории (далее ООПТ) необходимо для корреляции с состоянием природных комплексов и социокультурной среды с целью определения режима допустимого рекреационного использования.

Учеты количественных параметров рекреационной нагрузки в национальном парке «Куршская коса» (далее — НП) — часть комплексного рекреационного мониторинга [1].

В связи с высокой посещаемостью НП учеты фактической рекреационной нагрузки проводятся ежегодно и включают в себя прямые, непрямые (косвенные, автоматизированные) и социологические учеты: выборочные стационарные учеты посетителей на въезде в НП (КПП 1) и на объектах туризма и рекреации (экотропах, маршрутах), в том числе методом экспресс-анкетирования в наиболее оптимальные для рекреации дни — так называемые учеты пиковой нагрузки, а также учеты общего количества посещений НП в год (по данным о выданных разрешениях на посещение). Учеты пиковых нагрузок проводятся в НП с 2007 г. [2]. Основные параметры: значения количества посетителей и транспортных средств в единицу времени, «портрет» туриста, распределение нагрузки по объектам. Хранение и анализ данных учетов рекреационной нагрузки осуществляется с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel.

Результаты и обсуждение

Национальный парк посещают преимущественно неорганизованные (самостоятельные) туристы на легковом транспорте, продолжительность пребывания которых составляет 1 день.

Посещаемость национального парка ежегодно увеличивается (рис. 1). Из графика видно, что общая посещаемость в период с 2018 по 2022 г. возросла в 1,7 раз: с 526 100 посещений в 2018 г. до 893 900 в 2022 г. За 9 месяцев 2023 г. уже более 900 000 посещений.

Несмотря на общую тенденцию роста посещаемости, в 2020 г. наблюдалось незначительное снижение общей годовой посещаемости, вызванное ограничениями, введенными в целях предотвращения распространения новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Рост посещаемости поддерживается в том числе увеличением турпотока граждан Российской Федерации в Калининградскую область, а также благоприятными погодными условиями и привлекательностью морских пляжей национального парка.

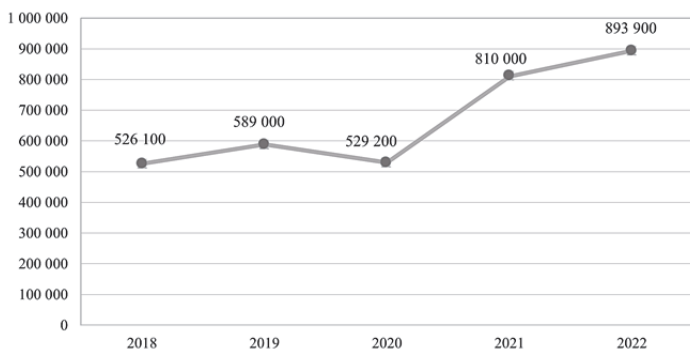


Рис. 1. Динамика годовой посещаемости национального парка «Куршская коса» в период с 2018 по 2022 г. (количество посещений в год)

Выборочные учеты посещений и экспресс-анкетирование в дни пиковых нагрузок дают более подробную информацию о посещаемости. Результаты учетов количественных параметров пиковой нагрузки НП представлены в таблице 1.

Таблица 1

Значения пиковой посещаемости и автотранспортной нагрузки в день по данным учетов в период с 2018 по 2023 г.

Год	Автомобили, ед.	Автобусы, ед.	Посетители, чел.	
			Неорганизованные	Организованные
2018	1900	27	5500	770
2019	2020	25	6250	640
2020	3875	32	9421	1014
2021	2205	27	5175	717
2022	2192	32	5974	968
2023	1439	45	3943	1150

Абсолютный максимум пиковой нагрузки НП зарегистрирован во время учетов в 2020 г. — 10435 чел. в день. В 2023 г. в дни учетов пиковых нагрузок зафиксировано 5093 чел. — наименьшее количество посетителей в период учетов с 2018

по 2023 г. Так как учеты пиковых нагрузок проводятся выборочно, в течение нескольких дней в году, то не всегда удается зарегистрировать максимальные значения дневной пиковой нагрузки. На результаты учетов влияет множество факторов, в том числе косвенных и случайных, среди которых погодные условия, состояние ближайших пляжей, наличие свободного времени у потенциальных посетителей, развлекательные мероприятия за пределами НП.

Таким образом, показатели общей годовой посещаемости и значения посещаемости в дни пиковых нагрузок могут значительно отличаться. К примеру, в 2020 г. при относительно невысоком значении общей годовой посещаемости зарегистрирована рекордно высокая пиковая посещаемость.

Динамика численности посетителей национального парка в дни пиковых нагрузок показана на рисунке 2.

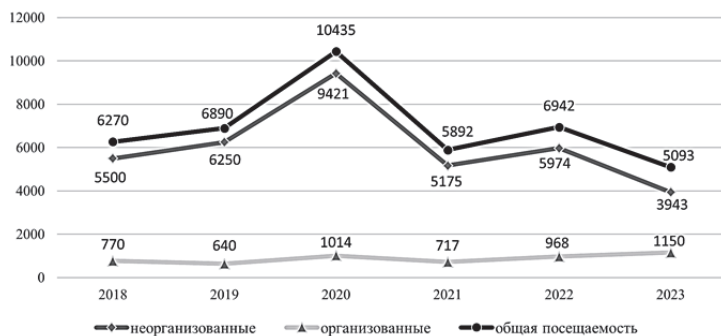


Рис. 2. Максимальное количество посетителей национального парка за день с пиковой нагрузкой (2018—2023), чел.

Спрос на экскурсионные услуги на территории национального парка постоянно растет. В 2023 г. доля организованных посетителей достигла максимальных значений за все время наблюдений — 22,6% от общего числа посетителей в день, в то время как в 2018 г. этот показатель был равен 12,8%.

В таблице 2 приведены результаты распределения рекреационной нагрузки по пешеходным экологическим тропам согласно данным ежегодных учетов пиковых нагрузок.

**Распределение туристических потоков по экотропам НП в дни учета пиковых нагрузок
в период с 2018 по 2023 г.**

Год	«Высота Эфа»				«Танцующий лес»				«Высота Мюллера»				«Королевский бор»			
	Автомобили	Автобусы	Неорганизованные	Организованные	Автомобили	Автобусы	Неорганизованные	Организованные	Автомобили	Автобусы	Неорганизованные	Организованные	Автомобили	Автобусы	Неорганизованные	Организованные
2018	220	17	855	690	255	15	735	600	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
2019	240	29	755	620	160	31	580	685	170	9	315	160	85	0	275	0
2020	198	18	624	539	228	26	668	631	92	8	261	188	115	2	284	104
2021	195	43	736	618	223	45	735	600	91	9	269	164	89	3	305	60
2022	468	55	1287	953	292	43	818	510	221	13	538	415	74	7	217	86
2023	392	52	1173	1115	293	55	882	1113	166	14	476	193	110	12	432	114

Примечание. н/д — нет данных (учет не проводился).

С 2021 г. наблюдается увеличение числа организованных групп, посещающих экотропы, при этом размеры организованных групп (количество экскурсантов) изменились. Если ранее организованных посетителей привозили турфирмы/туроператоры в составе группы из порядка 45 человек, то сегодня встречаются и меньшие группы в сопровождении гида: по 6—20 человек и до 5 человек. Набирает популярность индивидуальное сопровождение. Так, в 2023 г. доля групп до пяти человек в общем объеме организованных посетителей в пиковые нагрузки на экотропах составила: «Высота Эфа» — около 8%, «Танцующий лес» — 12%, «Высота Мюллера» — 66%, «Королевский бор» — 27%.

Рекреационная нагрузка распределяется по экотропам неравномерно (рис. 3). Наиболее посещаемые из исследуемых троп в период учетов с 2018 по 2023 г. — «Высота Эфа» и «Танцующий лес», наименее посещаемая — «Королевский бор». Туроператоры в программу посещения НП чаще всего включают наиболее популярные тропы — «Высота Эфа», «Танцующий лес»; реже — «Высота Мюллера» и «Королевский бор». В 2023 г. в дни учетов количество организованных посетителей экотроп «Высота Эфа» и «Танцующий лес» составило порядка 1115 чел., при этом на экотропе «Высота Эфа» количество неорганизованных посетителей выше, чем организованных, — 1173 чел.), а на экотропе «Танцующий лес» количество неорганизованных посетителей ниже числа организованных — 882 чел.

Наблюдается общая тенденция роста посещаемости экотроп в период с 2018 по 2023 г. Пиковая посещаемость экотроп «Высота Эфа» и «Танцующий лес» за последние 6 лет выросла в 1,5 раза, экотропы «Высота Мюллера» — в 1,4 раза, «Королевский бор» — в 2 раза. Значительное увеличение посещений экологических троп «Высота Мюллера» и «Высота Эфа» в 2022 г. обусловлено ограничением посещения экотропы «Танцующий лес» группами, прибывшими на больших автобусах (45—50 мест), в связи с реконструкцией экотропы. На экологической тропе «Высота Мюллера» в 2022 г. зарегистрировано максимальное количество посетителей за 6 лет наблюдений — 953 человека.

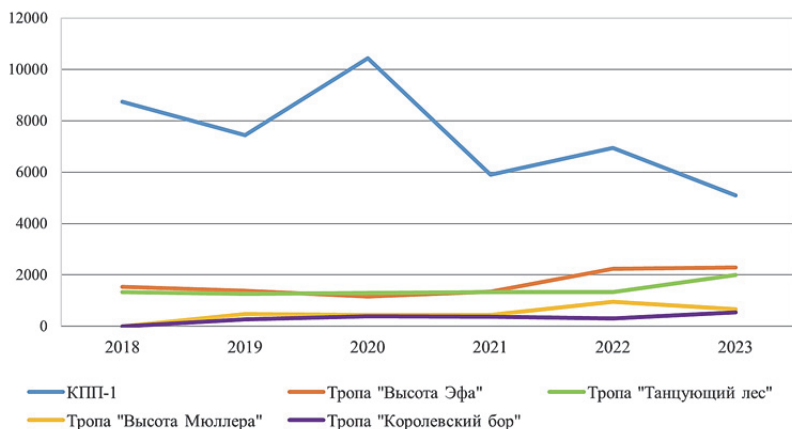


Рис. 3. Распределение посетителей по объектам в дни пиковых нагрузок, чел.

В последние годы количество организованных посетителей экологической тропы «Королевский бор» возросло до 114 человек в день в связи с открытием интерактивных объектов, двухэтажной смотровой площадки для наблюдения за птицами, а также организацией доступной среды. Общее число посетителей тропы увеличилось в 2 раза.

Неравномерное распределение посетителей по экотропам обусловлено различной степенью их привлекательности для туристов, пейзажной и историко-культурной ценностью ландшафта, через который проходит экотропа, и уровнем ее инфраструктурного обустройства. Инфраструктурное обустройство не только повышает привлекательность экотроп для туристов но и их рекреационную емкость.

В связи с вышеизложенным, в условиях высокой, продолжающей рост посещаемости, небольшой площади и высокой хозяйственной освоенности НП, регулярные учеты рекреационной нагрузки необходимы для своевременного принятия управленческих решений по сохранению уникальных экосистем и развитию туристско-рекреационной деятельности.

Список литературы

1. *Майорова Ю.А.* О рекреационном мониторинге в национальном парке «Куршская коса» // Экологическая безопасность в условиях антропогенной трансформации природной среды : материалы всероссийской научной конференции молодых ученых, посвященной памяти Н.Ф. Реймерса и Ф.Р. Штильмарка, Пермь, 20—21 апреля 2023 года / под ред. С.А. Бузмакова. Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2023. С. 146—148.

2. *Майорова Ю.А., Жуковская И.П.* Особенности туристско-рекреационного мониторинга в национальном парке «Куршская коса» // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса» : сб. науч. статей / сост. И.П. Жуковская. Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2019. Вып. 15. С. 119—133.

УДК 502.572

Е. В. Моданова, Г. С. Михневич

Балтийский федеральный университет им. И. Канта

Природные факторы экологической опасности на территории национального парка «Куршская коса»

Природная среда, ее свойства могут стать источниками риска, препятствующими развитию хозяйственной деятельности или представляющими опасность благосостоянию, жизни и здоровью людей. Для организации управления рисками необходимо разработать классификацию факторов экологической опасности, позволяющую выявить всю совокупность причин, которые обуславливают или потенциально могут вызвать негативные изменения в параметрах качества компонентов окружающей среды. Выполнена подробная ха-

рактеристика природных факторов экологической опасности на территории национального парка «Куршская коса» и предложена их классификация.

The natural environment, its properties can become sources of risk that hinder the development of economic activity or pose a danger to the well-being, life and health of people. To organize the management of environmental risks, it is necessary to develop a classification of environmental hazard factors, which makes it possible to identify the entire set of reasons that cause or suggest negative changes in the quality parameters of environmental components. A detailed description of natural environmental hazards in the territory of the national park "Curonian Spit" has been carried out and their classification has been proposed.

Ключевые слова: экологическая опасность, Куршская коса, природное воздействие, Калининградская область, классификация.

Key words: environmental hazard, Curonian Spit, natural impact, Kaliningrad region, classification.

Как известно, факторы экологической опасности представляют собой любой процесс или явление, приводящие к изменению параметров качества компонентов окружающей среды за границы установленных нормативов [14]. Риск возникновения чрезвычайных ситуаций, нарушение ритма хозяйственной деятельности, материальный ущерб и вред здоровью человека зачастую являются следствием проявления факторов экологической опасности.

Помимо хозяйственной деятельности человека, природная среда и ее особенности также могут стать источниками опасности. Как следствие, нарушаются отдельные компоненты природного комплекса, происходит его трансформация. Таким уязвимым природным комплексом является Куршская коса. В связи с этим необходимо анализировать и прогнозировать негативные изменения качества окружающей среды в результате природных и антропогенных воздействий. В работе обобщены материалы, дающие представление о природном

воздействии на национальный парк (НП) «Куршская коса», выполнена систематизация природных факторов, негативно влияющих на состояние экосистемы Куршской косы.

Выделение природного типа экологически опасных факторов базируется на природных явлениях и процессах, которые могут оказывать негативное воздействие на природные и антропогенные компоненты окружающей среды. Причина возникновения данного типа факторов — фундаментальные процессы эволюции Космоса и планеты Земля [14].

Анализ существующих природных факторов экологической опасности на территории НП «Куршская коса» позволил предложить их классификацию, представленную на рисунке 1. Тип природных факторов включает классы геологических, гидролого-гидрогеологических, метеорологических, биологических, гидрометеорологических процессов. Каждый класс включает несколько видов факторов, рассмотрим основные из них.



Рис. 1. Классификация природных факторов экологической опасности

Геологические факторы экологической опасности — это прежде всего эоловые процессы и ветро-волновая деятельность. Результаты исследования потенциала геологической опасности на побережье Калининградской области подробно охарактеризованы в [17]. Согласно данным, приведенным в этой работе, Куршская коса по уровню геологической опасности относится к территориям опасной и потенциально опасной береговой эрозии.

Ветро-волновая деятельность включает размыв пляжа и авандюны на морском берегу, а также склона дюн и призаливной террасы на лагунном берегу (рис. 2). Некоторые значительные участки морского и лагунного берега Куршской косы во время сильных штормов подвергаются наиболее активной абразии. Во время этих явлений береговая линия отступает; ожидается дальнейшая деградация пляжей и усиление прорыва косы во время штормов [18].

В целом по характеристикам динамики российская часть морского берега Куршской косы разделена на три участка [4]. Первый участок занимает 12-й км морского берега у корня Куршской косы. Это участок дефицита песчаных наносов и повсеместных, активных размывов морского берега и дюнного вала [2]. Авандюна почти на всем протяжении сильно размыта. Отступление берега происходит со средней скоростью 1,25 м/год [4]. Второй участок (12—33-й км косы, до пос. Рыбачий). Участок транзита наносов с признаками слабого дефицита [2]. Авандюна на локальных участках размыта. Средняя для участка скорость абразии 1,63 м/год [4]. Третий участок (33—49-й км Куршской косы). Участок транзита и частичной аккумуляции песчаных наносов. Общее состояние берега стабильное, что подтверждается показателем динамики берега +0,4 м/год [4]. Соответственно, можно сказать, что на Куршской косе протяженность участка размыва составляет 34 км (от Зеленоградска — до пос. Рыбачий) при скорости отступления берега 1—1,8 м/год [6].

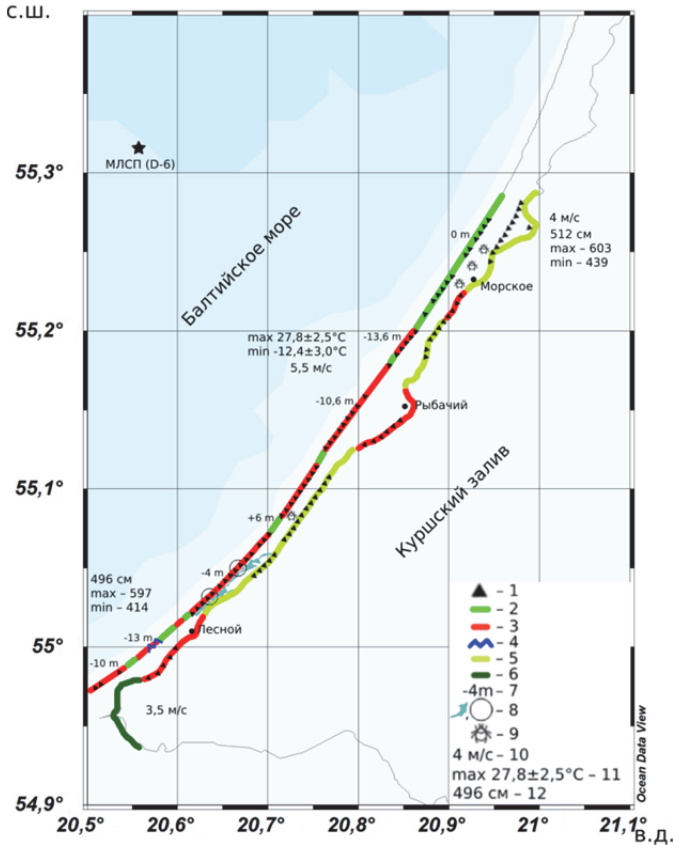


Рис. 2. Схема проявлений различных факторов экологической опасности на территории НП «Куршская коса»:
 1 — геологический фактор; 2, 3, 4, 5, 6 — состояние береговой линии Куршской косы [18] (2 — устойчивый песчаный берег, 3 — песчаный размывтый берег, 4 — место возможного будущего штормового прорыва косы, 5 — золовый аккумулятивный берег, 6 — илесто-аккумулятивный берег с водными растениями в прибрежной зоне); 7 — динамика берегов Куршской косы по 5-летним данным [1]; 8 — гидролого-гидрогеологический фактор [5]; 9 — биологический фактор;
 10, 11 — климатический фактор (10 — средняя скорость ветра [10], 11 — средняя температура воздуха по данным МЛСП (D-6) в 2004—2018 гг.);
 12 — гидрометеорологический фактор (средние годовые уровни моря (см) по данным наблюдений береговых ГМС Пионерский и Нида)

Лагунный берег Куршской косы в отличие от морского характеризуется недостаточной изученностью его динамики. Лагунные берега отличаются узкими пляжами, незначительными параметрами волнения и, как следствие, отсутствием возможности подпитки береговой зоны песком. В целом отмечается активный размыв на северном отрезке лагунного берега: расчеты показали, что в последнее столетие лагунные берега Куршской косы размывались со средней скоростью до 2,5—3,3 м/год [7], что говорит о необходимости организации системы мониторинга береговых процессов на лагунном берегу. В некоторых случаях могут понадобиться мероприятия по искусственному намыву утраченной территории, как это было в 90-е гг. в районе пос. Морское, где работы так и не были завершены [7].

Опасные **эоловые процессы** влияют на рельеф как прибрежной зоны, так и массива Большой дюнной гряды. Разрушительная деятельность ветра (дефляция) приводит к образованию в теле авандюн котловин выдувания. Дефляционные процессы зависят от природно-климатических условий, а на интенсивность их протекания в значительной степени влияет антропогенная деятельность [3]. Почти на всем протяжении морского берега Куршской косы рельеф осложнен котловиной дефляции. Их размеры составляют 40—60 м, реже встречаются 80—100 м [12].

На территории национального парка есть несколько «живых» дюн, которые активны и движутся в сторону лагуны со скоростью 5 м/год, местами образуя песчаные мысы в районе Морского и Рыбачьего. В настоящее время в пределах Большой дюнной гряды на территории национального парка сохранилось несколько полос подвижных дюн общей длиной 21,9 км. Развитие береговой линии залива в значительной степени определяется продвижением дюн в Куршский залив [16; 18].

Сравнительные исследования, проведенные для измерения развития Большой дюнной гряды, показывают, что ежегодная

скорость миграции эоловых отложений на гребне гряды снизилась с 4—5 м/год в 1909—1954 гг. до 2—3 м/год в 1954—1990 гг. Некоторые дюны за тот же период потеряли до 53 % объема песка. Белые дюны потеряли больше всего объема песка и на настоящий момент высота вершины дюны составляет всего лишь 15 м против 35 м в 1909 г. Причиной стабилизации и выравнивания подвижных дюнных гряд во второй половине XX века является отсутствие поступления морского песка из-за активной стабилизации дюн и лесонасаждения, которые проводились как на российской, так и литовской стороне косы [15; 16].

Подвижные системы дюн обычно оказывают значительное воздействие на чувствительные прибрежные экосистемы и инженерную инфраструктуру. Переувлажнение песчаного материала дюн в прошлом уже приводило к засыпанию песком поселков, поэтому скорость миграции эоловых отложений и изменения морфологии дюн должны быть предметом постоянного наблюдения [9; 16]. Подробно динамика и перемещение подвижных дюн рассмотрены в [16].

Гидролого-гидрогеологические факторы включают процессы подтопления и заболачивания. Подтопление и заболачивание в первую очередь характерны для палеве и призаливных территорий.

Абразия авандюны может создавать условия для интрузии морских вод на территорию косы, например, на участках 13,5 и 15 км Куршской косы [5] (рис. 2 см. на с. 223). Деградация авандюны на указанных участках потенциально может стать фактором, вызывающим опасность подтопления морскими водами территории площадью 370 тыс. м², занятой лесопосадками и дорогой. Кроме того, вероятен сток морских вод в пресноводный Куршский залив в объеме 1,2—5,5 тыс. м³ [5]. Также подтопление может вести за собой гибель некоторых биоценозов и экосистем, привести к нанесению вреда социально-экономической и природной значимости территорий, занятых автодорогой и укрепляющими лесопосадками [2; 5].

Заболачивание палеве происходит из-за расположенного близко к дневной поверхности уровня грунтовых вод. Общая площадь заболоченных территорий на Куршской косе составляет 550 га, и в настоящее время ее увеличение не наблюдается [13]. Аномально большое количество атмосферных осадков вызывает эпизодические подъемы уровня грунтовых вод, избыточное увлажнение и как следствие может вызвать гибель древостоя на значительных площадях. Затопление и подтопление низинных участков берега кос со стороны залива обусловлено нагонным повышением уровня вод Куршского залива [13].

Метеорологические факторы включают в себя аномальные состояния атмосферы: экстремальные температуры и осадки, скорости ветра и т.п. Ветровой режим и количество выпадающих осадков оказывают наибольшее влияние на формирование и развитие эоловых форм рельефа. Ветровой режим определяет характер волнения. Экстремальные ветры провоцируют опасность вывала деревьев. Средняя скорость ветра на побережье Куршской косы достигает 5,5 м/с и 3,5—4 м/с в южных и восточных районах Куршского залива [10]. Высокие температуры в сочетании с длительным засушливым периодом в теплое время года создают предпосылки для возникновения природных пожаров или усугубляют характер антропогенных пожаров. Дефицит осадков также может привести к обмелению Куршского залива, как это было в апреле 2019 г., а избыточное их количество значительно повышает уровень грунтовых вод.

Биологические факторы — это прежде всего вспышки численности опасных насекомых и вредителей растений (рис. 1 см. на с. 221). Вспышки численности насекомых-вредителей (непарный и походный шелкопряд, ольховый листоед, короед-типограф и др.) связаны как с климатическими факторами, так и с увеличением объемов кормовой базы в отдельные годы. Особую опасность для ухудшения лесопатологической ситуации представляют ветровалы, загущенные посадки, сухостой и др. [13].

Вредитель леса — сосновый походный шелкопряд (лат. *Thaumetopoeidae*) — обитает в редколесье и на прогалинах, вдоль дорог и просек, на отдельных деревьях приморских песчаных дюн в культурах сосны обыкновенной, горной, крымской. Питаясь хвоей, он повреждает деревья. Опасность для человека заключается в возникновении аллергических реакций от попадающих на их кожу ядовитых волосков гусениц старшего возраста [8]. Опасен для человека и иксодовый клещ — переносчик боррелиоза или энцефалита (лат. *Ixodidae*).

Биологический фактор чаще всего распространен в молодых сосновых лесах, произрастающих на песчаных грунтах. Встречается в окрестностях полевого стационара «Фрингилла», различных туристических маршрутов, (например, «Высота Эфа» и «Озеро Лебедь») и в пос. Морское (рис. 2 см. на с. 223). Наибольшую опасность представляют в мае, конце июля, августе.

Гидрометеорологические факторы — это изменчивость уровня моря и залива под воздействием атмосферной циркуляции, повышение температуры воздуха и воды, увеличение количества атмосферных осадков и речного стока и др. Наиболее ярко проявляются сгонно-нагонные колебания уровня моря — непериодические изменения уровня Балтики и Куршского залива, которые возникают из-за воздействия ветра и атмосферного давления. Ветровые потоки приводят в движение поверхностный слой воды, что в свою очередь провоцирует колебания уровня моря у берега. Рост атмосферного давления понижает уровень, понижение давления приводит к росту уровня моря. При северном штормовом нагонном ветре повышается уровень Балтийского моря, наблюдается экстремальный размыв прикорневой части Куршской косы. Ветра южных направлений вызывают сгон воды и резкое понижение уровня в районе музейного комплекса НП «Куршская коса». При штормовых ветрах северных направлений фиксируется нагон воды в залив и подъем уровня Куршского залива на 1—1,5 м и более (рис. 2), что вызывает размыв берега и подтопление призаливных низинных территорий [11].

Выводы. Комплексный анализ природных факторов опасностей на территории Куршской косы позволяет сделать следующие выводы. Геологический фактор имеет основополагающее значение для формирования ландшафтной структуры Куршской косы, определяет особенности геологического строения и характер динамики рельефообразующих процессов, по настоящую пору активно протекающих вдоль морского и лагунного берегов и на Большой дюнной гряде. Наибольшую опасность представляют процессы абразии и дефляции, перевевание «живых» дюнных массивов. Интенсивность проявления гидролого-гидрогеологического фактора (заболачивания и подтопления), зависит как от геологических, так и метеорологических и гидрометеорологических факторов (количества осадков, колебаний уровня Балтийского моря и Куршского залива). Наиболее сложные условия складываются на морском берегу в местах развития дефляционных котловин, на пальве и на участках низинных берегов залива. Развитие биологического фактора (появление опасных для человека насекомых и вредителей растений) зависит от метеорологических характеристик. Для некоторых факторов характерна сезонность их проявления. Так, для силы ветра, штормовой активности, количества осадков, температурных характеристик, уровня залива, факторов биологической опасности можно выделить сезоны наибольшей или наименьшей активности их проявления.

Анализ активности факторов экологической опасности и текущего состояния природной среды НП показывает сложность и взаимозависимость процессов, протекающих на его территории, что требует проведения постоянных комплексных мониторинговых наблюдений, включающих исследование динамики рельефообразующих процессов, метеорологических параметров, уровня Балтийского моря и Куршского залива, грунтовых вод, состояния растительности и др., внедрения ГИС-технологий для сбора, анализа данных и прогнозирования состояния Куршской косы и Куршского залива.

Список литературы

1. Бобыкина В.П., Болдырев В.Л. Тенденция развития берегов Калининградской области по пятилетним данным мониторинга // Ученые записки Русского географического общества (Калининградское отделение). Калининград : Изд-во РГУ им. И. Канта, 2008. Т. 7, ч. 1.
2. Бурнашов Е.М., Карманов К.В. Дефляционные процессы на морском побережье Куршской косы // Ученые записки РГГМУ. 2016. № 45. С. 180—191.
3. Бурнашов Е.М., Карманов К.В. Котловины выдувания на морском берегу Куршской и Вислинской кос (на российской территории) // Геоморфология. 2021. Т. 52, № 1. С. 44—50.
4. Бурнашов Е.М. Современная динамика морского побережья Калининградской области по данным ежегодных мониторинговых исследований // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2011. № 2 (33). С. 10—17.
5. Данченков А.Р., Белов Н.С. Оценка эколого-геоморфологических опасностей на аккумулятивном морском берегу с использованием комбинированного подхода на примере Куршской косы // Успехи современного естествознания. 2021. № 9. С. 39—45.
6. Жамойда В. А. и др. Проявление современных литодинамических процессов в береговой зоне Куршской косы // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса» : сб. науч. ст. Калининград : Изд-во РГУ им. И. Канта, 2008. Вып. 6. С. 149—166.
7. Жиндарев Л.А. Современная динамика лагунных берегов Куршской и Вислинской кос (Юго-Восточная Балтика) // Балтийский регион — регион сотрудничества-2019 : материалы III международной научно-практической конференции : в 2 ч., Калининград, 27—31 августа 2019 года / под ред. Г.М. Федорова [и др.]. Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2020. Ч. 2. С. 278—291.
8. Маслов А.Д. и др. Сосновый походный шелкопряд в лесах национального парка «Куршская коса» // Лесоведение. 2009. № 4. С. 66—71.
9. Михневич Г.С., Лосева В.М. Классификация геологических и инженерно-геологических факторов экологического риска в при-

брежной зоне Калининградской области // Геопространственные исследования общественных и природных систем: теория и практика : сб. ст. Чебоксары : ООО «Издательский дом «Среда», 2019. С. 115—123.

10. *Географический атлас Калининградской области* / Калининград : Изд-во КГУ ; ЦНИТ, 2002.

11. *Стонт Ж. И., Чурин Д. А., Ульянова М. О.* Влияние метеопараметров на изменчивость уровня моря в Куршском заливе в 2017 г. // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса». Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2018. С. 127—135.

12. *Стонт Ж. И., Ульянова М. О.* Роль метеорологических условий в формировании эоловых форм Куршской косы (Юго-Восточная Балтика) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 3. С. 169—177.

13. *Шаплыгина Т. В., Волкова И. И.* Современные природно-антропогенные предпосылки трансформации эоловых прибрежно-морских природных комплексов // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2013. № 1. С. 39—46.

14. *Шмаль А. Г.* Факторы экологической опасности и экологические риски. Бронницы : Изд-во МП «ИКЦ БНТВ», 2010.

15. *Povilanskas R., Chubarenko B. V.* Interaction between the drifting dunes of the Curonian barrier spit and the Curonian lagoon // Baltica. 2000. Vol. 13, No. 1. P. 8—14.

16. *Povilanskas R., Satkūnas J., Taminskas J.* Results of cartometric investigations of dune morphodynamics on the Curonian Spit // Geologija. 2006. Nr. 53. P. 22—27.

17. *Spiridonov M. et al.* Geological Hazard Potential at the Baltic Sea and Its Coastal Zone: Examples from the Eastern Gulf of Finland and the Kaliningrad Area // The Baltic Sea Basin. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2011. P. 337—364.

18. *Zhamoida V. A. et al.* Recent sedimentation processes in the coastal zone of the Curonian Spit (Kaliningrad region, Baltic Sea) // Z. dt. Ges. Geowiss. 2009. Vol. 160, No. 2. P. 143—157.

УДК 504(470.26)(1-21)

**А. Ю. Романчук, Г. М. Баринаова, † Е. В. Краснов,
Д. В. Гаева, О. И. Рябкова**

Балтийский федеральный университет им. И. Канта

Экологический аудит в системе управления национального парка «Куршская коса»

Эффективность природопользования в условиях ООПТ во многом зависит от внедрения в систему их деятельности независимого экологического аудита как альтернативы традиционным надзорно-контрольным функциям государственных органов управления природоохранными объектами. Экологическая доктрина РФ, последующие федеральные и региональные законодательные акты в сфере экоаудита могут быть основанием для территориального экоаудита национальных парков, однако этому должна предшествовать детальная разработка конкретного механизма его проведения. В данной работе обсуждаются основные цели и задачи экоаудита и концепция его проведения в условиях национального парка «Куршская коса».

The efficiency of environmental management in protected areas largely depends on the introduction of an independent environmental audit into the system of their activities as an alternative to the traditional supervisory and control functions of state bodies managing environmental sites. The environmental doctrine of the Russian Federation, subsequent federal and regional legislative acts in the field of eco-audit can be the basis for a territorial eco-audit of national parks, but this must be preceded by a detailed development of a specific mechanism for its implementation. This paper discusses the main goals and objectives of the environmental audit and the concept of its implementation in the conditions of the Curonian Spit National Park.

Ключевые слова: экоаудит территории, организация, управление, конфликтные ситуации, концепция проведения.

Key words: environmental audit of the territory, organization, management, conflict situations, the concept of conducting.

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) — наиболее ценные и уязвимые геоэкосистемы. Усиление антропогенного воздействия на их природные комплексы, необходимость более устойчивого развития в условиях разнообразных современных вызовов, включая сокращение биоразнообразия, загрязнение сред обитания, изменения климата и др., обуславливают необходимость комплексного анализа и обоснования первоочередных возможностей и перспектив развития ООПТ.

В качестве одного из эффективных инструментов оценки состояния и выбора путей решения возникающих проблем ООПТ, способов реализации инвестиционных проектов выступает экологический аудит, который рассматривается как систематизированный, документированный процесс получения, изучения и оценки существенно значимой информации в целях оптимизации природопользования [2; 5; 6].

Экологический аудит как альтернатива надзорно-контролирующим институтам зародился в странах Западной Европы на рубеже 1970—1980-х гг. [7], и предпосылкой его возникновения стало осознание глобальных экологических проблем, связанных с деятельностью человека, признание приоритетности их решения наряду с экономическими и социальными проблемами. В России появление экологического аудита было обусловлено с попытками ее интеграции в мировое сообщество, а также с переходом страны на путь экологически более безопасного развития.

В соответствии с Экологической доктриной РФ и решением Правительства РФ от 31.08.2002 № 1225-р, содействие развитию экологического аудита, предпринимательству в сфере охраны окружающей среды было определено в качестве необходимого инструмента развития экономических и финансовых

механизмов — основных средств реализации государственной политики в области экологизации производства. В Основах государственной политики в области экологического развития РФ до 2030 г., утвержденных Президентом РФ 30.04.2012, проведение экологического аудита признано одним из основных механизмов реализации государственной политики в области экологически более безопасного развития.

Нормативно-правовую основу экологического аудита России составляют: ФЗ от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», в ст. 1 которого понятие «экологический аудит» означает независимую, комплексную, документированную оценку соблюдения юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды, требований международных стандартов и подготовка рекомендаций по улучшению такой деятельности [9].

Основная и все еще неразрешенная проблема заключается в отсутствии нормативно-правового механизма, регламентирующего проведение экоаудита. Проект федерального закона «Об экологическом аудите, экологической аудиторской деятельности и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» все еще обсуждается на разных уровнях, хотя ранее предполагалось, что закон будет принят и вступит в силу 01.01.2013.

Пробелы в нормативно-правовой базе экологического аудита на федеральном уровне привели к тому, что субъекты РФ стали принимать законы и постановления регионального уровня. Нормативные акты по проведению экологического аудита приняты в Башкортостане, Хакасии, Татарстане, Удмуртии, Амурской, Астраханской, Московской, Кировской, Костромской Пермской, Томской областях [4].

В законе «Об основах региональной экологической политики Калининградской области» от 30 декабря 2010 г. № 533 (изм. на 29 декабря 2021 г.) определены основные направления экологического аудита: для повышения эффективности комплексного управления природопользованием на основе природно-ландшафтного подхода, разработки системы терри-

ториального зонирования земель по их функциональному назначению, минимизации сугубо хозяйственного освоения новых территорий и ресурсов, разработки комплексных эколого-экономических программ и др. [10].

Интерес к аудированию территорий как инструменту оптимизации природопользования на муниципальном уровне значительно возрос и рассматривается нами наряду с региональными природоохранными приоритетами при анализе риска неблагоприятных воздействий на состояние природных экосистем и здоровье населения с целью выбора наиболее рациональных управленческих решений, в том числе для обоснования расходов привлекаемых инвестиций [1; 3].

Общесоюзный национальный парк «Куршская коса» был учрежден Постановлением Совета Министров РСФСР №423 от 6 ноября 1987 г. В 2000 г. этот объект включен в список Всемирного природно-культурного наследия ЮНЕСКО в номинации «уникальный культурный ландшафт».

Основные цели и задачи экоаудита в условиях национального парка можно сформулировать следующим образом: сохранение биологического и ландшафтного разнообразия; экологически ориентированная рекреационная деятельность; независимая оценка экологического состояния предприятий, поселков, их водообеспечения, способности природных и производственных систем к саморазвитию; обоснование перспективных направлений рекреации; минимизации конфликтных ситуаций; финансового обеспечения экологически ориентированной хозяйственной деятельности (берегоукрепления, минимизации отходов, водопотребления, промыслы, лесоразведения, аквакультура).

Однако методика проведения экологического аудита в условиях ООПТ разработана еще недостаточно. В большинстве случаев он проводится с целью контроля за антропогенным воздействием и в меньшей степени для обеспечения рационального использования и воспроизводства природных ресурсов, выявления территорий с наибольшими антропогенными и природными рисками и конфликтами природопользования [8]. Основные природные риски на приморские ланд-

шафты связаны со штормовой деятельностью, разрушением авантюн, загрязнением поверхностных вод, атмосферы, морских берегов, почв, сокращением биоразнообразия и трансграничным переносом загрязняющих веществ. Антропогенное воздействие преимущественно обусловлено нарушением правил охраны и использования природных ресурсов, незаконной добычей водных животных и растений, добычей полезных ископаемых (янтарь и др.), незаконным строительством, уничтожением или повреждением лесных биогеоценозов и представителей фауны и флоры, занесенных в Красную книгу, нарушением режима ООПТ рекреантами и местными жителями (табл. 1).

Таблица 1

**Конфликты природопользования в НП «Куршская коса»
и пути их решения**

Характеристики конфликта	Основные признаки
Описание	Размыв прикорневой части косы, неравномерная антропогенная нагрузка на донные ландшафты, формирование котлов выдувания и др. эоловых форм; несоблюдение правил функционирования ООПТ, незаконная застройка, загрязнение прилегающей акватории, подъем уровня грунтовых вод, подтопление пониженных участков, пожары и др.
Вид	Реальный, потенциальный
Категория	Острый
Продолжительность	Долговременный, сезонный
Пути решения	Экологический аудит территории, совершенствование схемы функционального зонирования Контроль за соблюдением природоохранного законодательства и правил посещения Регламентация архитектурно-планировочной структуры застройки. Снижение нагрузок автотранспорта, ограничение парковок

При анализе возникновения природных и антропогенных рисков и конфликтов в прибрежной зоне НП «Куршская коса» особое внимание уделяется изучению влияния штормовой деятельности на пляжи и дюнные комплексы.

В системе рекреационного освоения приморской территории оценены геоэкологические предпосылки здоровьесбережения. На их основе возможна алгоритмизация проведения экоаудита, учитывающая природные, социальные и экономические особенности национального парка (табл. 2).

Таблица 2

**Концептуальная схема экологического аудита
в условиях НП «Куршская коса»**

Подсистема		
Геоэкологическая	Социальная	Экономическая
Функциональные зоны: естественные, культурные и туристско-рекреационные ландшафты Геоэкологический мониторинг Оценка результатов Прогнозные сценарии развития	Правовая и социально-экономическая база повышения качества жизни и здоровьесбережения социосистем, Зрелость гражданского общества	Источники финансирования Кадровая обеспеченность Инвестиционная активность Государственно-частное партнерство

Внедрение инструментов экологического аудита и менеджмента для более сбалансированного природопользования и туристско-рекреационной деятельности в НП «Куршская коса», несомненно, будет способствовать: улучшению качества управления по ключевым правовым аспектам общероссийской и региональной экологической политики в сфере жизнеобеспечения и здоровьесбережения местного населения; повышению уровня экологической культуры, образования и воспитания граждан.

Список литературы

1. Барсола И.С., Сидоренко С.Н. Территориальный экологический аудит — первый шаг к эколого-экономическому управлению территорией // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: экология и безопасность жизнедеятельности. 2009. № 2. С. 104—107.

2. Ботоева Н.Б. Организация экологического аудита территории в условиях особого статуса природопользования // Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование, Москва, 29 ноября — 01 декабря 2018 г. : сб. тр. конф. М. : Буки-Веди, 2018. С. 123—128.

3. Гаврилова Е.А., Лопаточкина Э.С., Аббасова Е.В. Экологический аудит как один из социо-эколого-экономических аспектов реализации крупных инвестиционных проектов в регионе // Научный ежегодник центра анализа и прогнозирования. 2018. № 2. С. 241—244.

4. Крючков А.Н. Муниципальный экологический аудит как инструмент обеспечения экологических прав и интересов граждан городского округа Тольятти // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2018. Т. 27, № 1. С. 225—228.

5. Михеева А.С., Ботоева Н.Б. Эколого-экономический аудит Центральной экологической зоны Байкальской природной территории // Экономика и предпринимательство. 2017. № 3-2(80-2). С. 447—451.

6. Петрова Е.Н., Камерилова Г.С., Арефьева С.В. Экологический аудит территории как эффективный инструментарий экополитики в области устойчивого развития города // Приволжский научный журнал. 2014. № 3(31). С. 171—177.

7. Пинаев В.Е. Обзор зарубежных публикаций по экологическому аудиту // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы». 2016. Т. 3, № 4. DOI: 10.15862/01RRO416

8. Романчук А.Ю., Баринова Г.М., Краснов Е.В. Конфликтогенные проблемы и пути их преодоления в муниципальных образованиях Калининградской области // Материалы V всероссийской межведомственной научно-практической конференции «Муниципальные образования регионов России: проблемы исследования, развития и управления», Воронеж, 10—12 ноября 2022 г. Воронеж : Цифровая полиграфия, 2022. С. 379—382.

9. *Об охране* окружающей среды : федеральный закон. URL: <https://base.garant.ru/12125350/> (дата обращения: 25.02.2023)

10. *Об основах* региональной экологической политики Калининградской области : закон Калининградской области от 30 декабря 2010 г. № 533. URL: <https://base.garant.ru/9758234/>

УДК 502.3/.7

Т. В. Сукманова, В. А. Ставникова

Балтийский федеральный университет им. И. Канта

Перспектива использования цифровых двойников для сохранения природного наследия на примере национального парка «Куршская коса»

В статье обсуждается проблема применения метода цифровых двойников в природопользовании с точки зрения сохранения природного наследия на примере авантюны Куршской косы. Рассмотрены основные достоинства данного метода на примере последствий шторма в зимний период 2021—2022 гг. с использованием цифровой модели, сделанной осенью 2022 г.

The article discusses the problem of application of the digital twin method in nature management in terms of preservation of natural heritage on the example of the Curonian Spit foreland. The main advantages of this method are considered using the example of the consequences of the winter storm of 21/22 using a digital model made in autumn 2022.

Ключевые слова: цифровой двойник, фотограмметрия, сохранение наследия, Калининградская область, Куршская коса.

Key words: digital twins, photogrammetry, heritage conservation, Kaliningrad region, Curonian Spit.

Введение

На протяжении времен в истории человечества одни уникальные природные и культурные объекты сменялись другими под воздействием природного или антропогенного фактора. Сейчас, в эпоху развития информационных технологий, существует множество методов для сохранения и изучения объектов наследия на цифровых носителях. Фотограмметрия — один из таких методов, получивший широкое применение в настоящее время, а был создан в XX веке. С помощью метода оцифровки в будущем у каждого человека будет возможность посмотреть на объекты природного и историко-культурного наследия до их изменения, чтобы сравнить с той картиной, которая предстанет перед ними, или же узнать об объектах, которые были разрушены.

На сегодняшний день фотограмметрия представляет собой использование разных видов изображений, получаемых с помощью фотокамер, цифровых камер, телевизионных камер, сканерных съемочных систем, радиолокационных и систем мобильного лазерного сканирования и т. д. Продуктами фотограмметрии являются цифровые модели местности (ЦММ), цифровые модели рельефа (ЦМР), цифровые модели объектов местности (ЦМО), 3D-видеосцены и цифровые двойники.

Основная часть

Цифровой двойник (англ. Digital Twin) — это цифровая копия физического объекта или процесса, помогающая оптимизировать эффективность бизнеса. Первый цифровой двойник создан в 2003 г., а большой интерес к концепции и методу появился в 2018—2019 гг. [2].

Digital Twin — цифровая модель конкретного физического элемента или процесса с подключениями к данным, которая обеспечивает конвергенцию между физическим и виртуальным состояниями с соответствующей скоростью синхронизации (ISO 23247-3-2021).

Концепция «цифрового двойника» — часть четвертой промышленной революции и призвана помочь предприятиям быстрее обнаруживать физические проблемы, точнее, предсказывать их результаты и производить более качественные продукты. Цифровые двойники получили свое развитие и использовались в основном в промышленности.

В природопользовании цифровые двойники применяются для экологического мониторинга (оценка радиоэкологического состояния радиоактивной местности, распространение и влияние загрязняющих веществ, прогнозирование загрязняющего процесса и т. д.) и изучения воздействия на окружающую среду природных катаклизмов (наводнения, пожары, вулканизм и т. д.).

В настоящее время цифровые двойники в природопользовании и в сохранении природного наследия повсеместно не используются, но есть глобальный проект по созданию цифрового двойника Земли. В итоге будет создана модель Destination Earth (DestinE), на которую станут воздействовать различными сценариями климатических изменений для прогнозирования будущего состояния планеты. Цифровые двойники можно применять на региональные природные объекты. С их помощью специалисты смогут более детально изучить и проанализировать все факторы, которые когда-либо оказывали влияние на данный объект, а также спрогнозировать вероятные изменения объекта в будущем.

Технология создания «цифрового двойника» природного объекта, включает несколько этапов.

1. Сбор данных (используют различные данные об объекте: спутниковые снимки, аэрофотосъемка, лазерное сканирование, геодезические и гидрологические измерения, а также данные о климате, почве и биологическом разнообразии).

2. Обработка геоданных (для обработки применяют специализированные программы: Geographic Information System (GIS) и Computer-Aided Design (CAD)).

3. Создание виртуальной модели (используют следующие программы для создания и обработки моделей: Agisoft MetaShape Professional (платная), Meshroom (бесплатная), VisualSFM (бесплатная) и др.).

4. Тестирование и анализ (позволяет оценить достоверность модели и выявить ее сильные и слабые стороны. Также проводится анализ влияния различных факторов на природный объект, что может помочь в предотвращении негативных последствий).

5. Использование.

Важно отметить, что создание цифрового двойника природного объекта требует совместной работы специалистов из различных областей знаний, таких как геология, экология, геодезия, гидрология, программирование и др.

Как у любого метода, у цифровых двойников есть сильные и слабые стороны. Следующие параметры являются общими для различных областей научного знания и применения (таб.).

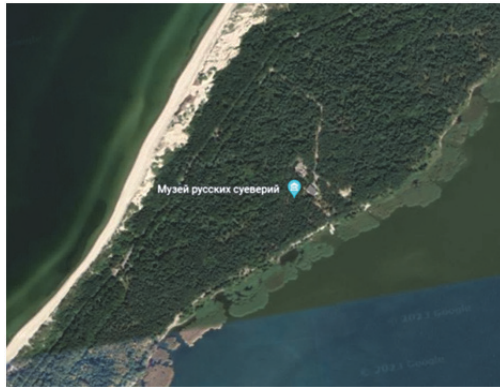
Сильные и слабые стороны метода «Цифрового двойника»

Сильные стороны	Слабые стороны
Увеличение точности (создание цифрового двойника позволяет получить более точные данные и модели)	Ограниченность точности (несмотря на то что создание цифрового двойника может увеличить точность данных и моделей природных объектов, некоторые параметры могут быть трудными для измерения и требовать большей точности, чем это возможно при использовании современных технологий)
Экономия времени и средств (уменьшение риска и затрат при тестировании природоохранных мероприятий, так как все планируемые сооружения будут проходить тестирования с помощью виртуальных воздействий на цифровой двойник)	Необходимость большого количества данных (создание цифрового двойника требует большого количества данных для создания ситуационного моделирования, что может осложнять сбор и обработку)

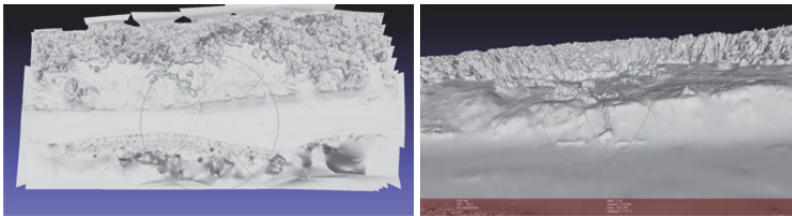
Окончание табл.

Сильные стороны	Слабые стороны
Улучшение прогнозирования (цифровой двойник может использоваться для прогнозирования изменений в окружающей среде и планирования действий для предотвращения негативных последствий)	Сложность создания (создание цифрового двойника требует специальных знаний и навыков, а также применение специализированного оборудования и программ, которые не всегда находятся в открытом доступе, т.е. данное программное обеспечение является корпоративной подпиской или платной для одного пользователя)
Обеспечение доступности данных (цифровой двойник может быть доступен для использования широкому кругу пользователей)	Ограниченность применяемости (созданный цифровой двойник может быть ограничен в применении, так как может использоваться только для конкретных задач, не позволяя использовать его в других сферах деятельности, т.е. цифровой двойник, созданный для промышленных нужд, не может быть преобразован в природоохранный, на данном этапе развития цифровых технологий подобная манипуляция невозможна)
Улучшение безопасности (созданный цифровой двойник может применяться для обнаружения и прогнозирования неблагоприятных условий)	Высокая стоимость (создание цифрового двойника на сегодняшний момент — это дорогостоящий процесс, особенно если требуется большое количество данных и специализированное оборудование. Средняя объявленная стоимость составляет 100 тыс. дол.) (NVIDIA GTC 2021)
Возможность моделирования (создание цифрового двойника позволяет моделировать различные сценарии и ситуации на природном объекте)	Сложность моделирования (природный объект, в отличие от промышленного, не поддается определенным алгоритмам, не зависит от чертежей и т.п., поэтому в данный момент нельзя с точностью рассчитать все изменения природного объекта)

Для визуализации метода был выбран участок морской части в районе Визит-центра (14-й км) на территории национального парка «Куршская коса» (рис. 1, *а*). Съемка и цифровое моделирование проводилось осенью 2022 г. Основным устройством для съемки стал беспилотный летательный аппарат DJI Mavic pro, программа для 3D моделирования Agisoft Metashape, программа для демонстрации готовой модели MeshLab.



а



б

Рис. 1. Авандюна Куршской косы:

а — спутниковый снимок исследуемого участка (онлайн сервис Google Earth)

б — цифровая модель исследуемого участка (осень 2022 г.)

Модель охватывает авандюну, пляж и зону заплеска, что помогает рассмотреть с разных сторон изучаемый объект, это главное преимущество цифровой модели над другими фото- и

видеометодами. На модели, представленной на рисунке 1, б, можно проследить разрушения авандюны, которые произошли в зимний период 2021—2022 гг. (шторма, порывы ветра до 25 м/с).

Данную цифровую модель можно развить до цифрового двойника. Тогда на виртуальный двойник авандюны можно будет воздействовать различными факторами — как природными, так и антропогенными, или даже совокупностью этих факторов. С помощью указанной технологии можно обмениваться исследованиями с различными научными группами. Это позволит воспроизвести более точный цифровой двойник с более реалистичными показателями после воздействия на него. С использованием данного метода можно сократить временные, экономические и социальные ресурсы. Можно рассчитать ущерб с разной мощностью и направленностью, и это даст возможность выбрать оптимальное решения поставленной задачи/проблемы. Этот метод позволит администрации национального парка принимать решения оперативно и более эффективно совместно с научными группами региона и ГБУ КО «Балтберегозащита» с помощью воздействия различными факторами на цифровой двойник. Данные манипуляции позволят принимать решения по защите природных объектов в экстренных ситуациях (шторм, аномальное количество осадков) при ограниченности во времени. Но как было указано выше, у метода есть и слабые стороны. Основной минус — высокая стоимость вычислительного оборудования и специализированного программного обеспечения. Также не стоит забывать, что цифровой двойник объединяет в себе множество параметров, поэтому для точного создания цифрового двойника необходима работа специалистов из разных сфер науки (геоэкологи, программисты, геологи, метеорологи и др.).

Заключение

Таким образом, на основе обзора научных материалов и открытых источников информации, а также на примере участка береговой зоны Куршской косы показано, что цифровые

двойники можно использовать не только на промышленных объектах, которые имеют очень важное значение для природы и человека (влияние на окружающую среду и людей, социальные и экономические издержки), но и на природных объектах. Построение цифрового двойника участка авандюны, располагающейся на территории национального парка «Куршская коса», обойдется в среднем около 7—8 миллионов рублей (средняя объявленная стоимость создания цифрового двойника — 100 тыс. дол. (NVIDIA GTC 2021)). Смоделировать цифровой двойник природного объекта намного сложнее, чем промышленного, ведь в отличие от промышленных объектов природные не строятся по детальным чертежам, и их нельзя перестроить, изменив алгоритм действий. В перспективе развития технологий администрация национального парка и группы исследователей сможет использовать цифровой двойник авандюны для изучения, восстановления и охраны природных объектов за счет воздействия на виртуальную копию. Это даст возможность оптимизировать процессы проведения берегозащитных мероприятий (финансовые, временные аспекты).

В перспективе развития научных исследований появится возможность применения цифровых двойников, на которые можно будет воздействовать различными факторами и ситуациями для проектирования возможных изменений на природном объекте. Мы сможем проследить не только влияние на будущее, накладывая различные сценарии, например установку защитных сооружений или полностью разрушение, но и историческую перспективу, которая была до этого, смоделировав первоначальный вид объектов. В дальнейшем авторы будут проводить работу (сбор, обработка, моделирование и др.) по созданию простейшего цифрового двойника Калининградского побережья.

В цифровых двойниках природных объектов важно сохранить возможность соединения влияния двух факторов — природного и антропогенного, а также важно разделить влияние этих факторов, чтобы проанализировать, с какой скоростью и

какой силой будет оказывать влияние только природное воздействие или только антропогенное. Цифровой двойник поможет смоделировать различные варианты изменения объекта, если остановить или не останавливать воздействие на него, варианты защиты этого природного объекта, а также цифровой двойник может спроецировать то, как объект выглядел раньше, и что могло повлиять на его изменение.

Более объективными и точными являются цифровые модели, построенные на основе фото- и видеоматериалов, а также на основе данных сканирования. На протяжении всех этапов развития фотограмметрии фотография остается главной составляющей, основой для построения цифровых моделей, а в будущем и цифровых двойников. За цифровыми двойниками будущее науки, в том числе в управлении прибрежной территорией, как это было показано на примере.

Список литературы

1. Ежегодная конференция GTC 2021 компании «NVIDIA». URL: <https://www.youtube.com/watch?v=2winsqMwBwg>
2. Jones D. et al. Characterising the Digital Twin: A systematic literature review // CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology. 2020. Т. 29. P. 36—52.
3. Liu M. et al. Review of digital twin about concepts, technologies, and industrial applications // Journal of Manufacturing Systems. 2021. Т. 58. P. 346—361.
4. ISO 23247-3-2021 Automation systems and integration — Digital twin framework for manufacturing — Part 3: Digital representation of manufacturing element.

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1

ИССЛЕДОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ КУРШСКОЙ КОСЫ

- Губарева И.Ю.* Видовое разнообразие порядка *Ericales* —
Верескоцветные национального парка «Куршская коса» 6
- Губарева И.Ю.* Видовое разнообразие рода *Rosa* L. (Роза,
шиповник) национального парка «Куршская коса» 22

Раздел 2

ИССЛЕДОВАНИЯ ЗООЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ КУРШСКОЙ КОСЫ

- Алексеев В.И.* Охраняемая энтомофауна национального парка
«Куршская коса» и ее мониторинг 33
- Андреева А.П., Куркина М.В., Калашиникова О.Б.* Морфоло-
гический и жирно-кислотный состав липидного комплекса
микроводорослей Балтийского моря (Куршский залив) 52
- Гришанов Г.В., Гришанова Ю.Н., Астафьева Т.В.* Оценка
состояния уязвимых видов позвоночных животных в экосисте-
мах Куршской косы 65
- Иванюков К.А.* Опыт использования фотоловушек при учете
кабана на подкормочных площадках национального парка
«Куршская коса» 79
- Кузьмин С.Ю., Авдеева Е.В., Моисеева А.И.* Оценка экологи-
ческого состояния озера Чайка в национальном парке «Курш-
ская коса» по гидробиологическим и гидрохимическим пока-
зателям в 2021—2022 годах 87
- Ланге Е.К., Ежова Е.Е., Багиров Н.Э., Володина А.А.,
Герб М.А., Полунина Ю.Ю., Шартон А.Ю.* Характеристика
состояния биоты на основе результатов мониторинга при-
брежной зоны Куршского залива в пределах национального
парка «Куршская коса» в 2021 году 100
- Манаков Д.В.* Редкие брюхоногие моллюски Куршского за-
лива и близлежащих к нему водоемов 134

Манаков Д. В. Краткие итоги изучения водных моллюсков из танатоценозов западного берега Куршского залива в осенний период 145

Рожина В. И., Боклыкова О. С. Новые и интересные находки трипсов (Insecta, Thysanoptera) на Куршской косе Балтийского моря (Калининградская область) 156

Раздел 3
ИЗУЧЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ,
КЛИМАТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ
И ЛАНДШАФТНЫХ КОМПЛЕКСОВ КУРШСКОЙ КОСЫ

Белов Н. С., Шаплыгина Т. В., Волкова И. И., Данченков А. Р. Микромасштабные изменения аккумулятивных форм под воздействием внешних факторов (на примере НП «Куршская коса»)..... 163

Ерошенко Д. В., Напреенко М. Г., Дорохова Е. В., Харин Г. С., Жуковская И. П., Баширова Л. Д. К вопросу о развитии песчаных отложений южной части Куршской косы..... 171

Жуковская И. П., Рыльков О. В. Результаты мониторинга морского побережья национального парка «Куршская коса», 2021—2022 годы 186

Кузнецова А. С., Бикташева Э. А. Оценка геоэкологического состояния экологических троп национального парка «Куршская коса» («Королевский бор» и «Высота Эфа»)..... 203

Майорова Ю. А., Ефремова О. Н., Жуковская И. П. Результаты учета рекреационной нагрузки в национальном парке «Куршская коса» в период с 2018 по 2023 год..... 212

Моданова Е. В., Михневич Г. С. Природные факторы экологической опасности на территории национального парка «Куршская коса»..... 219

Романчук А. Ю., Барина Г. М., †Краснов Е. В., Гаева Д. В., Рябкова О. И. Экологический аудит в системе управления национального парка «Куршская коса»..... 231

Сукманова Т. В., Ставникова В. А. Перспектива использования цифровых двойников для сохранения природного наследия на примере национального парка «Куршская коса»..... 238

CONTENTS

Chapter 1 FLORISTIC RESEARCH

<i>Gubareva I.</i> Species diversity of the order <i>Ericales</i> of the national park "Curonian Spit"	6
<i>Gubareva I.</i> Species diversity of the genus <i>Rosa</i> L. of the national park "Curonian Spit"	22

Chapter 2 FAUNISTIC RESEARCH

<i>Alekseev V.</i> Red-listed entomofauna of the national park "Curonian Spit" and its monitoring	33
<i>Andreeva A., Kurkina M., Kalashnikova O.</i> Morphological and fatty acid composition of the lipid complex of microalgae in the Baltic Sea (Curonian Spit)	52
<i>Grishanov G., Grishanova IA., Astafieva T.</i> Assessment of the state of vulnerable vertebrate species in the ecosystems of the Curonian Spit	65
<i>Ivaniukov K.</i> The experience of using camera traps when taking into account of wild boar on the feeding grounds of the National Park "Curonian Spit"	79
<i>Kuzmin S., Avdeeva E., Moiseeva A.</i> Assessment of the ecological state of Lake Chaika in the Curonian Spit National Park by hydrobiological and hydrochemical indicators in 2021—2022.....	87
<i>Lange E., Ezhova E., Bagirov N., Volodina A., Gerb M., Polunina J., Sharton A.</i> Biota state characterization based on the results of monitoring the coastal zone of the Curonian Lagoon within the NP "Curonian Spit" in 2021	100
<i>Manakov D.</i> Rare gastropod molluscs of the Curonian Lagoon and adjacent water bodies	134
<i>Manakov D.</i> Brief results of the study of thanatocoenoses aquatic molluscs of the Curonian Lagoon western shore in the autumn period	145

<i>Rozhina V., Boklykova O.</i> New and interesting records of thrips (Insecta, Thysanoptera) of the Curonian Spit, Baltic Sea (Kalinin-grad region).....	156
---	-----

Chapter 3

CLIMAT, GEOLOGY AND LANDSCAPES RESEARCH

<i>Belov N., Shaplygina T., Volkova I., Danchenkov A.</i> Microscale changes of accumulative forms under the influence of external factors (on the example of National Park "Curonian Spit").....	163
<i>Eroshenko D., Napreenko M., Dorohova E., Kharin G., Zhukovskaya I., Bashirova L.</i> On the issue of the development of sandy deposits in the southern part of the Curonian Spit.....	171
<i>Zukovskaya I., Rylkov O.</i> Results of Sea Coast Monitoring of the National Park "Curonian Spit" 2021—2022.....	186
<i>Kuznetsova A., Biktasheva E.,</i> Geocological assessment of the ecological trails of the National Park "Curonian Spit" ("Royal Forest" and "Efa Height").....	203
<i>Maierova Iu., Efremova O., Zhukovskaya I.</i> The results of taking into account the recreational load in the Curonian Spit National Park in the period from 2018 to 2023.....	212
<i>Modanova E., Mikhnevich G.</i> Natural factors of environmental hazard on the territory of the National Park "Curonian Spit".....	219
<i>Romanchuk A., Barinova G., †Krasnov E., Gaeva D., Ryabkova O.</i> Environmental audit in the management system of National Park "Curonian Spit".....	231
<i>Sukmanova T., Stavnikova V.</i> The prospect of using digital doubles to preserve natural heritage on the example of the "Curonian Spit" National Park.....	238

Научное издание

ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ И ОХРАНЫ
ПРИРОДНОГО И КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «КУРШСКАЯ КОСА»

Сборник научных статей

Выпуск 18

Составитель

Жуковская Ирина Петровна

Редактор *Н. Н. Мартынюк*. Корректор *Н. Н. Генина*

Верстка *Л. В. Миловидовой*

Подписано в печать 29.12.2023 г.

Формат 60×90¹/₁₆. Усл. печ. л. 15,7

Тираж 100 экз. Заказ 12

Полиграфический центр
Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта
236001, г. Калининград, ул. Гайдара, 6