

## ОСТРОВ КОЛГУЕВ КАК ОБЪЕКТ МОНИТОРИНГА БИОТЫ ЗАПАДНОГО СЕКТОРА РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

П. М. Глазов, Ю. А. Лощагина, А. Г. Шматова, А. Е. Гнеденко, А. А. Тишков  
Институт географии РАН (Москва, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 21 октября 2023 г.

### Для цитирования

Глазов П. М., Лощагина Ю. А., Шматова А. Г. и др. Остров Колгуев как объект мониторинга биоты западного сектора российской Арктики // Арктика: экология и экономика. — 2024. — Т. 14, № 2. — С. 261—273. — DOI: 10.25283/2223-4594-2024-2-261-273.

*Представлены результаты исследований динамики арктической биоты острова Колгуев в условиях изменений климата в XXI в. Обосновываются перспективы использования острова как модельной территории для изучения динамики биоты западного сектора российской Арктики. Показано, что он отвечает всем требованиям к объекту мониторинга ввиду относительной репрезентативности климата, растительности и ландшафтов, пространственной целостности, разнообразия биоты, изменчивости структуры, функционирования и динамики, а также наличия многолетних рядов наблюдений. Предложены система индикаторов для мониторинга состояния биоты, почв и экосистем острова и методы их наблюдения.*

**Ключевые слова:** АЗРФ, остров Колгуев, биота, наземные экосистемы, динамика, изменения климата, мониторинг.

### Введение

Изучение биогеографических последствий современных изменений климата для наземных экосистем Арктики является чрезвычайно сложной задачей, так как синтез данных о климатогенных перестройках с оценкой инвариантной и мобильной составляющих в динамике биоты требует значительных пространственных (региональный охват) и временных (продолжительные ряды полевых наблюдений) масштабов. Все это особенно актуально для Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ), составляющей половину всех арктических территорий мира.

Предпринимавшиеся попытки оценить последствия влияния климата на арктическую биоту и на биогеографию Европейского сектора Арктики были,

на наш взгляд, неудачными<sup>1</sup>. Назрела острая необходимость в обобщающих публикациях, анализирующих влияние изменения климата на биоту различных регионов российской Арктики. Одна из причин отсутствия циркумполярных обобщений по климатогенной изменчивости арктической биоты — недостаток систематических мониторинговых данных именно в регионах АЗРФ. О необходимости наладить систему мониторинга в российской Арктике высказывались многие специалисты [1—3].

Наиболее действенными в настоящее время являются Циркумполярная программа мониторинга биоразнообразия (CAFF/CBMP) Рабочей группы по биоразнообразию Арктического совета, програм-

<sup>1</sup> Отчет Европейского агентства по окружающей среде об арктическом биогеографическом регионе. — URL: [https://www.eea.europa.eu/publications/report\\_2002\\_0524\\_154909/biogeographical-regions-in-europe/ArcticReg.pdf/view](https://www.eea.europa.eu/publications/report_2002_0524_154909/biogeographical-regions-in-europe/ArcticReg.pdf/view).

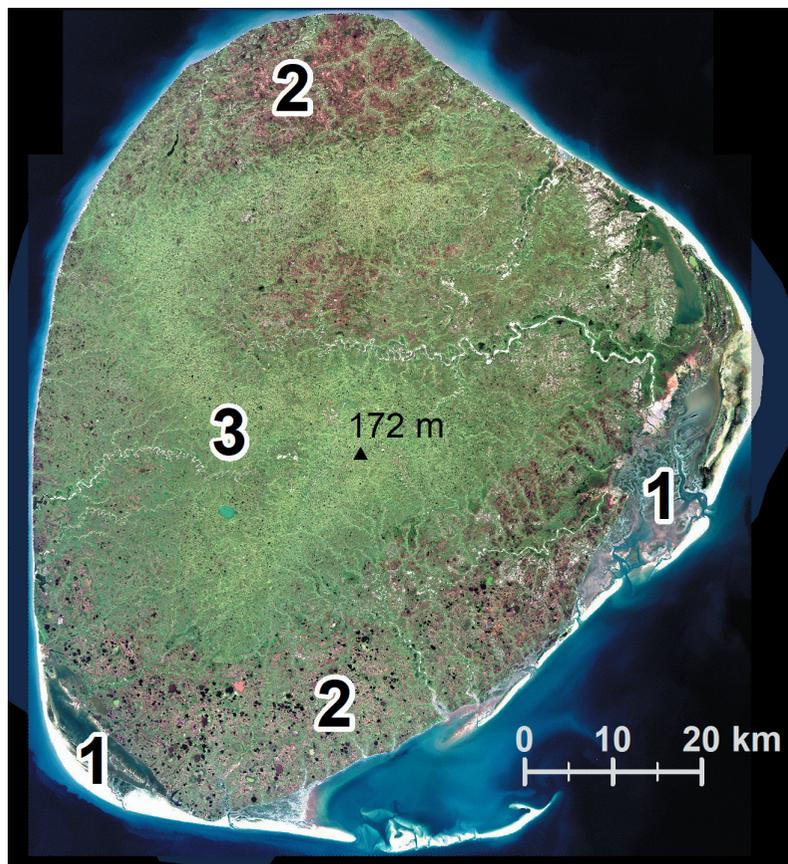


Рис. 1. Остров Колгуев как объект экологического мониторинга (космический снимок Sentinel-2, дата съемки: 2016.08.20, пояснения в тексте)  
 Fig. 1. Kolguev Island as an object of environmental monitoring (Sentinel-2 satellite image, shooting date: 08/20/2016, explanations in the text)

ма Arctic Terrestrial Biodiversity Monitoring и подготовка ее обзоров, например, «Arctic biodiversity assessment. Status and trends in Arctic biodiversity»<sup>2</sup>. Однако в связи с приостановкой участия России в рабочих группах Арктического совета эта программа становится менее информативной и репрезентативной без современных данных о состоянии биоты российской Арктики.

Ввиду ограниченности многолетних данных по состоянию биоты российской Арктики в последние десятилетия синтез сведений о биогеографических последствиях изменений климата не проводился. В публикациях представлены в основном результаты точечных наблюдений за отдельными группами организмов [4], на основании которых описать общую картину изменений биоты в конце XX — начале XXI в. на разных пространственных уровнях — локальном, региональном и субконтинентальном (север Евразии) — не представляется возможным.

<sup>2</sup> Отчет по оценке биоразнообразия Арктики Арктического совета. — URL: <https://www.caff.is/assessment-series/arctic-biodiversity-assessment/233-arctic-biodiversity-assessment-2013>.

Цель статьи — кратко обобщить результаты полевых и дистанционных исследований лаборатории биогеографии Института географии РАН в регионе за последние 18 лет и на их основе обосновать использование острова Колгуев (Ненецкий автономный округ — НАО, юго-восток Баренцева моря) как тестового объекта экологического мониторинга биоты и экосистем западного сектора российской Арктики в условиях глобальных изменений климата.

### Район и материалы исследований

Модельной территорией для мониторинга биоты западного сектора российской Арктики мы предлагаем остров Колгуев (рис. 1), который отвечает требованиям фонового мониторинга — обладает репрезентативностью климата, растительности и ландшафтов, пространственной целостностью, разнообразием биоты, а также наличием многолетних рядов наблюдений.

Остров Колгуев (68°41'—69°30' N, 48°12'—50°18' E) имеет площадь 5020 км<sup>2</sup>. Он расположен в 70—80 км от континента в Печорском море, в юго-восточной части Баренцева моря. Западный и северный берега абразионные, восточный и южный — аккумулятивные: обширные пространства занимают пляжи, косы (так называемые кошки) и марши (лайда) (см. рис. 1, область 1). В геологическом плане остров относительно молодой, сложен четвертичными отложениями морского, ледникового и ледниково-морского генезиса, а также водно-ледникового и аллювиально-морского. В рельефе выделяются несколько террасовидных уровней с характерными высотами 8—20, 30—50 и 50—80 м ниже уровня моря. Нижний из них (аккумулятивная морская терраса) наиболее выражен в рельефе, отличается преобладанием плоских поверхностей, занятых полигональными и плоскобугристыми торфяниками, озерами и хасыреями (см. рис. 1, область 2). Более высокие уровни не так четко прослеживаются в рельефе. Наиболее возвышенная часть острова от 80 до 172 м (наивысшей точки) представлена холмистой и холмисто-котловинной равниной, для которой характерны густая сеть ручьев и многочисленные термокарстовые озера (см. рис. 1, область 3).

Поверхностными отложениями на водоразделах преимущественно являются суглинки. Песчаные породы небольшими массивами встречаются на всей

территории острова, а наибольшее распространение имеют в его восточной части.

Климат острова субарктический морской с мягкими теплыми зимами и прохладным летом, межсезонные колебания температуры не столь значительны, как на материке. Биотически значимыми изменениями климата в последние десятилетия можно считать увеличение продолжительности вегетационного периода (в среднем 138 дней) и изменение сроков фенологических явлений, в том числе схода снежного покрова, повторяемость зимних оттепелей и летних засух, возвраты холодов в период начала вегетации и размножения птиц и млекопитающих, сезонное запаздывание фенологических процессов и др. [5]. С конца 1990-х годов в климате острова определились следующие тренды [6]: рост среднегодовой температуры (+0,5°C/10 лет), температуры августа (+0,1°C/10 лет) и февраля (+0,5°C/10 лет), увеличение высоты снежного покрова (4,0—6,0 см/10 лет), увеличение годового количества осадков (+50 мм). По данным [7], за 10-летний период наблюдений (2000—2009 гг.) 52,5% площади Колгуева имеют положительный тренд изменений индекса NDVI<sub>max</sub>, что указывает на рост продуктивности растительности [8].

**Флора и растительность** как объекты мониторинга по сути уже учитываются в этом качестве, так как периодически происходит ревизия их разнообразия. Во флоре острова Колгуев выявлено 270 видов сосудистых растений, 116 видов листовых мхов и печеночников, 130 видов лишайников [9]. Это вполне «динамичная» группа биоты, для которой можно сделать вывод об ее природной и антропогенной изменчивости, например, в отношении инвазий чужеродных видов в Арктике [10]. На водоразделе представлены зональные ивовые и ерниковые осоково-кустарничково-моховые тундры, разнотравные луга на склонах, ивняки по днищам ложбин и по долинам рек и ручьев, травяно-моховые, плоскострустные и полигональные болота, на низких морских террасах в устьях рек формируются приморские марши. Основы мониторинга флоры и растительности острова заложены публикациями И. А. и О. В. Лавриненко [11; 12].

**Фауна наземных позвоночных животных** острова небогатая. Здесь обитают 3 вида наземных млекопитающих: домашний северный олень (*Rangifer tarandus*), песец (*Vulpes lagopus*) и обыкновенная лисица (*V. vulpes*), отмечены редкие заходы белого медведя (*Ursus maritimus*) [13] и 114 видов птиц, из которых 59 гнездящихся. Популяции индикаторных видов, а это все млекопитающие и часть фауны птиц (в первую очередь обладающие повышенной чувствительностью к изменениям климата — водоплавающие, околоводные и хищные), можно отнести к обязательным объектам мониторинга, что подтверждено многолетними исследованиями [14; 15]. Высокая численность и плотность гнездящихся на острове птиц позволяет также оценивать в мно-

голетнем ряду их влияние на состояние почв, водоемов и растительности.

Экосистема острова уникальна как объект экологического мониторинга именно климатогенных изменений ввиду полного отсутствия здесь арктических грызунов — леммингов и связанных с динамикой колебаний их численности других групп животных. Среди наземных хищников наиболее многочисленным является типично арктический вид — песец. Менее обычна обитающая на ограниченной территории и конкурирующая с песцом в условиях потепления климата обыкновенная лисица. Из пернатых хищников характерным обитателем острова является зимняк (*Buteo lagopus*) [16]. На острове сохраняется популяция домашнего северного оленя на свободном выпасе, резко сократившая численность (с почти 12 тыс. голов до 153) в 2013—2014 гг. после серии мягких зим с оттепелями и образованием ледяных корок [17]. В настоящее время популяция восстанавливается (около 2 тыс. голов в 2021 г.).

**Почвенный покров** острова вследствие пространственной неоднородности почвообразующих пород и мерзлотных процессов отличается высоким разнообразием как на уровне почв [18], так и их сочетаний в микро- и мезорельефе [19]. Благодаря различиям в локальных экологических условиях на острове могут формироваться почвы, свойственные как более южным, так и более северным районам Арктики. Таким образом, почвы острова также можно считать репрезентативным объектом мониторинга.

**Водоемы** острова играют важную роль, как и во всех тундровых сообществах. Это местообитания водоплавающих и околоводных птиц. Гидрологический и геохимический режим водоемов определяет основные кормовые ресурсы для этих групп птиц. В свою очередь, численность водоплавающих птиц может определять геохимию водоемов, состав бентоса, фито- и зоопланктона. В настоящее время видовое богатство водоемов представлено 102 видами макрофауны, в том числе: 47 видов хирономид, 19 видов жуков, 8 видов ручейников, 7 видов двусторчатых моллюсков, 5 видов листоногих ракообразных. Средняя суммарная численность макрозообентоса в изученных озерах составляет 1021 экз./м<sup>2</sup>, биомасса — 20,3 г/м<sup>2</sup> [20].

В 2019 г. на острове на площади 186 тыс. га создан государственный природный заказник регионального значения «Колгуевский». Более половины суши острова находится теперь под государственной охраной, что облегчает задачи мониторинга состояния биоты.

### Методы исследований

В связи с тем, что одной из задач статьи является обоснование использования острова Колгуев как тестового объекта экологического мониторинга, более детально индикаторы состояния биоты и методы их наблюдений представлены ниже в разделе

«Результаты и их обсуждение» Так, изменения почвенного покрова, рельефа и скоростей криогенных процессов можно измерить, анализируя детальные космические снимки и/или съемку с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [21—24]. Изменение мерзлотного режима почв может привести к сокращению криотурбационных процессов и изменениям в микрорельефе, что выявляется, как показали наши исследования, только при повторных полевых обследованиях с применением 3D-съемки ключевых участков [25]. Наблюдение за проявлениями термокарста оказалось возможным с использованием космической съемки высокого разрешения [26], наземных наблюдений и БПЛА [27].

Изучение флоры и растительности острова проводилось стандартными геоботаническими методами посредством учета, описания и картографирования, в том числе с применением дистанционных методов высокого разрешения.

Исследование фауны наземных позвоночных осуществлялось стандартными зоогеографическими методами учета численности на модельных площадках и маршрутах.

### Результаты и их обсуждение

Результатами исследований стали: обобщение полевых и дистанционных материалов, полученных коллективом лаборатории биогеографии Института географии РАН в регионе с 2006 г., обоснование использования острова Колгуев как тестового объекта экологического мониторинга биоты западного сектора российской Арктики и предложение по набору информативных индикаторов состояния биоты и методов их наблюдений.

**Мониторинг состояния микрорельефа, ландшафтов, почв и почвенного покрова.** Объектами мониторинга должны стать все элементы ландшафта от плакоров с зональными и интрозональными экосистемами до маршей, на которых идут заболачивание, формирование аллювиальных и мерзлотных форм рельефа, сукцессии почв и растительности и пр.

В результате глобальных климатических изменений заметно меняется мерзлотный режим почв и грунтов, оттаивание многолетнемерзлых пород приводит к деградации мерзлых торфяников, расчлененных сетью полигонально-жильных льдов, и мерзлотных бугров плоскобугристых болот. Однако климатические изменения могут привести и к обратным процессам. При пересыхании плоскобугристых болот может происходить консервация мерзлоты с образованием новых бугров.

Процессы эрозии на острове связаны в первую очередь с термокарстовым и нивальным процессами. Первые проявляются в образовании просадок и термоцирков. Они распространены в возвышенной части острова. На их активное развитие указывает тот факт, что некоторые из геодезических знаков, поставленных в середине XX в., сейчас нахо-

дятся на дне термокарстовых провалов или близко к ним. В отличие от других арктических территорий, где термокарстовые озера имеют большую площадь и широкое распространение, на Колгуеве они имеют небольшие размеры в силу специфики геоморфологии острова и его плейстоценовой истории.

На северо-западном побережье острова объектами мониторинга могут стать береговые обрывы. В них вскрываются залежи пластовых льдов, что приводит к активному отступанию стенок термоцирков со скоростью до 2,6 м/год [28].

Процессы дефляции на Колгуеве приурочены к песчаным породам, имеющим на острове ограниченное распространение, и определенным геоморфологическим позициям: бровкам долин рек или отдельно стоящим холмам с крутыми склонами. Такое положение предполагает два фактора развития дефляции: биоклиматический (скорость ветра, развитие или трансформация растительности) и зоогенный (пастбищные нагрузки). Они фиксируются по космическим снимкам, снимкам с БПЛА и по наземным описаниям.

Анализ серии снимков Landsat за 33-летний период позволил выявить следующие климатически обусловленные изменения в структуре ландшафтов острова: зарастание осоковых ложбин ивняками, пересыхание обводненных территорий, «озеленение» мохово-лишайниковых тундр, слабое сокращение площади открытых песков [29].

**Долговременный мониторинг состояния флоры и растительности.** А. И. Толмачев [30] отмечал, что флора и растительность острова близки к таковым низовой реки Печоры и полуострова Канин, а от флоры Новой Земли и острова Вайгач отличаются отсутствием восточных (сибирских) видов. Кроме того, на острове не представлены и многие виды, распространенные южнее в Большеземельской тундре. Данные по флоре острова представлены в [11; 31; 32], а итоговый список сосудистых растений для локальных флор насчитывает всего 270 видов из 137 родов и 53 семейств [9] (для сравнения: на острове Вайгач 260 видов из 112 родов и 44 семейств). Доля таксонов с азиатскими ареалами около 3%.

Инвентаризация флоры сосудистых растений острова Колгуев 2016 г. позволила уточнить списки видов, которые в перспективе могут служить основой долгосрочного мониторинга [9]: в трех изученных локальных флорах (Средняя Песчанка, Нижняя Песчанка и Бугрянка) от 174 до 209 таксонов. В систематическом спектре на первом месте семейство *Poaceae*, что присуще большинству арктических флор. Второе и третье места занимают *Asteraceae* и *Cyperaceae*, а далее — *Caryophyllaceae*, *Ranunculaceae*, *Salicaceae*, *Rosaceae*, *Juncaceae*, *Scrophulariaceae* и *Saxifragaceae*. Доля видов в 10 ведущих семействах, отражающая степень «арктичности» флор, — около 70%. Наиболее богаты видами роды *Carex*, *Salix*, *Ranunculus*, *Poa*, *Luzula*, *Pedicularis*.

Локальные флоры острова по составу и доле географических фракций относятся к низкоарктическим (арктические виды составляют 43—45%), большинство (53—56%) — циркумполярные [32; 33].

Флористический мониторинг может быть дополнен наблюдениями за состоянием популяций редких видов растений, занесенных в Красную книгу Ненецкого АО [34], находки которых фиксированы с помощью GPS. Речь идет о 7 видах лишайников, 3 видах мохообразных и 12 видах сосудистых растений.

Подробный анализ растительного покрова как объекта мониторинга представлен ранее [33]. Имеется детальная карта растительных сообществ (рис. 2), их разнообразие оценено на хронологической [12] и синтаксономической основах. Важной составляющей многолетних наблюдений должно стать изучение сукцессий растительности на приморских молодых равнинах и маршах, испытывающих эффекты неотектонических поднятий суши со скоростью до 13,0—18,0 мм в год.

**Многолетние наблюдения за состоянием популяций млекопитающих.** Уникальность «безземминговой» островной фауны дает возможность для анализа климатогенных изменений популяций хищных млекопитающих — песца и лисицы обыкновенной. Ареал песца окончательно оформился здесь в среднем голоцене после серии морских трансгрессий [5]. На Колгуеве лимитирующим фактором помимо климата, кормовой базы и качества субстрата для создания нор следует считать конкуренцию с лисицей, которая появилась на острове недавно. Последствия потепления могут стать благоприятным фактором для роста плотности населения обыкновенной лисицы.

Песец на острове в летнее время, как и лисица, питается главным образом птицами, их кладками и птенцами, а зимой переходит на питание выбросами моря и павшими северными оле-

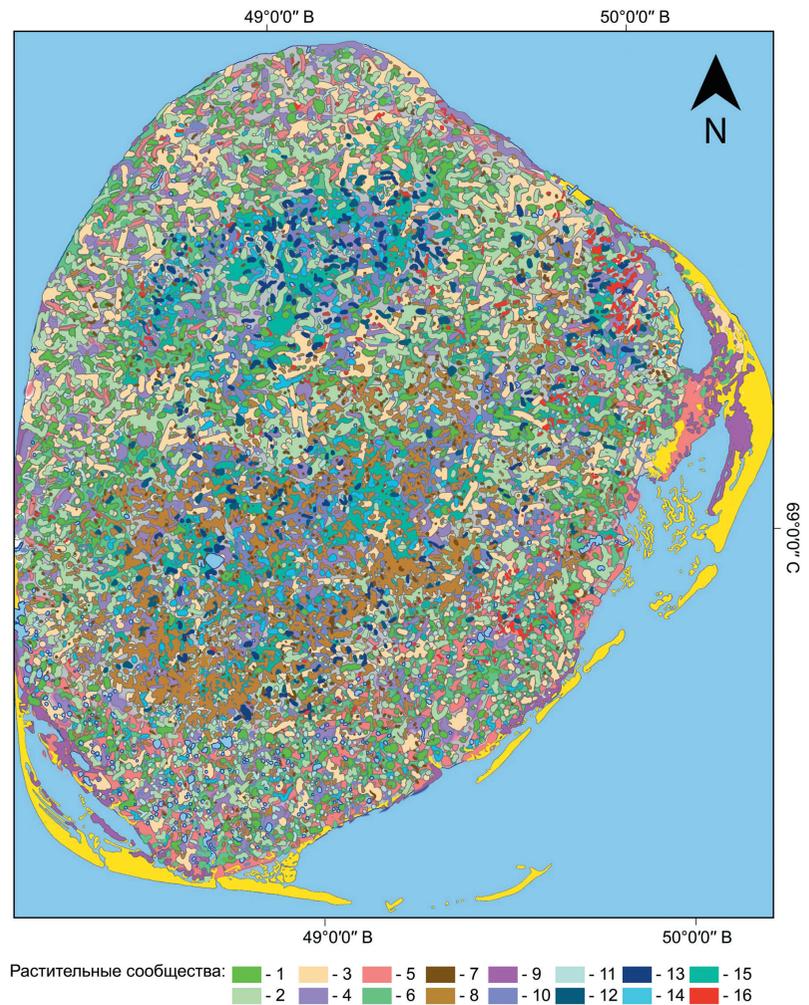


Рис. 2. Карта растительности острова Колгуев (по [35]). Сообщества: 1 — сочетание кочкарников с *Eriophorum vaginatum* и плоскобугристых болот, 2 — осоково-сфагновые, 3 — плоскобугристые и полигональные болота, 4 — кочкарники морошково-моховые с *E. vaginatum*, 5 — осоково-гипновые, 6 — гигрофильные травяно-моховые и травяные, 7 — ивняки разнотравно-моховые, 8 — склоновые травяно-кустарничково-моховые и разнотравно-злаковые (луга), 9 — засоленные луга на маршах, 10 — стланиковые ерники (*Betula nana*) редкоивовые осоково-кустарничково-моховые с голыми и зарастающими пятнами суглинка, 11 — сочетание ерничково-ивовых осоково-кустарничково-моховых и редкоивовых дриадово-моховых, 12 — стланиковые ерники вокруг песчаных раздувов, 13 — кустарничковые с подушками *Racomitrium lanuginosum* на песчаных почвах, 14 — кустарничково-лишайниковые на песчаных почвах, 15 — кустарничковые выбитые тундры, 16 — сочетание травяно-кустарничковых псаммофитных и кустарничковых выбитых тундр

Fig. 2. Vegetation map of Kolguev Island (according to [35]). Plant associations: 1 — combination of hummocks with *Eriophorum vaginatum* and palsa mires, 2 — sedge-sphagnum, 3 — palsa mires and polygonal bogs, 4 — cloudberry-moss hummocks with *E. vaginatum*, 5 — sedge-hypnum, 6 — hygrophilous grass-moss and grass, 7 — forb-moss willows, 8 — slope grass-low-shrub-moss and forb-gramineous (meadows), 9 — saline meadows on the marches, 10 — dwarf birch (*Betula nana*) sparse-willow-sedge-low-shrub-moss with bare and overgrown patches of loam, 11 — combination of dwarf birch-willow sedge-low-shrub-moss and sparse-willow-dryad-moss, 12 — dwarf birch around sandy blowouts, 13 — low-shrub with cushions of *Racomitrium lanuginosum* on sandy soils, 14 — low-shrub-lichen on sandy soils, 15 — low-shrub overgrazed tundra, 16 — combination of grass-low-shrub psammophytic and low-shrub overgrazed tundra

ниями [13]. До 2013—2014 гг. в среднем в год на острове погибало 400 оленей, причем падеж происходил зимой из-за недостатка корма и формирования наста.

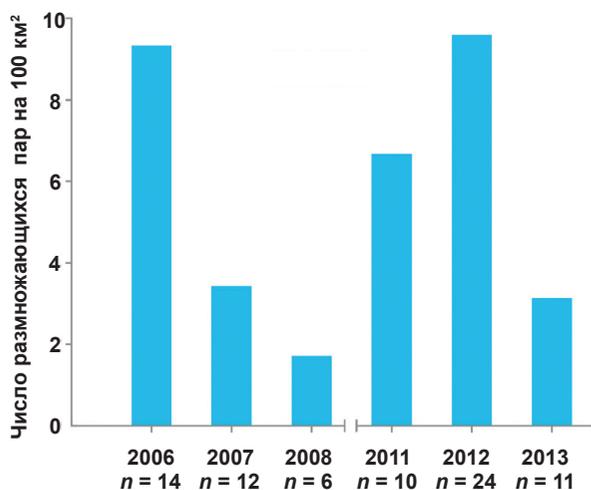


Рис. 3. Динамика плотности населения песца в 2006–2013 гг. по результатам полного учета (по [15])

Fig. 3. Dynamics of Arctic fox population density in 2006–2013 based on the results of complete counts (according to [15])

Численность песца на Колгуеве составляет до 1000 особей. До массовой гибели северных оленей плотность размножающихся пар островной популяции песца варьировала от 1,7 до 9,6 на 100 км<sup>2</sup> (рис. 3). Летом 2015 г. после серии зим с массовой гибелью северных оленей наблюдалась самая высокая плотность населения песца — 7,7 пар/100 км<sup>2</sup> [16].

Обыкновенная лисица появилась на острове, вероятно, с началом развития оленеводства в конце XIX в. Ее численность была невелика и остается такой и сейчас (не более 100 пар на весь остров) [36]. За последние десятилетия обнаружено всего 16 нор. Плотность размножающихся пар составляла 0,29—0,67 на 100 км<sup>2</sup> [16]. Такая ситуация довольно необычна, так как во многих областях Арктики обыкновенная лисица активно распространяется на север, успешно конкурируя с песцом, и даже вытесняет его.

#### Долговременный мониторинг населения птиц.

На Колгуеве зарегистрировано 114 видов птиц, из них 59 гнездящихся. Отсутствие грызунов и относительно стабильный пресс хищников привели к высокой численности многих видов: белой куропатки (*Lagopus lagopus*), нескольких видов гусей, куликов и воробьиных. Остров является «родильным домом» для воспроизводства трети всей европейской популяции трех видов гусей: белолобого гуся (*Anser albifrons*), гуменника (*Anser fabalis*) и белошею казарки (*Branta leucopsis*). Не менее велика роль острова и в поддержании численности белой куропатки, чернозобика (*Calidris alpina*) и тулеса (*Pluvialis squatarola*), а также таких редких видов, как сапсан (*Falco peregrinus*) и малый лебедь (*Cygnus bewickii*).

За более чем столетнюю историю орнитологических исследований орнитофауна острова претерпела существенные изменения: сократилась доля арктических видов (с 69% до 48%) за счет увеличения

доли широкоареальных (с 12% до 22%), сибирских (с 12% до 19%) и европейских (с 2% до 7%) видов, идет активное расселение птиц и появляются новые гнездящиеся виды [15]. Так, численность белошею казарки резко возросла с момента первой регистрации ее гнездования на острове в 1980-х годах [37; 38], а к середине 1990-х она стала одним из многочисленных гнездящихся видов [38; 39].

С 2006 г. Институт географии РАН проводит мониторинг состояния орнитофауны Колгуева. Пролежена динамика плотности населения отдельных видов и групп птиц [14; 15]. Здесь отмечена одна из самых высоких плотностей (среднегодовой оценивается в 60 особей/км<sup>2</sup>) населения белой куропатки с ярко выраженной циклической динамикой численности с периодом около 12 лет. Хотя динамика численности этого вида определяется межгодовыми колебаниями, тренды плотности населения других видов могут отражать глобальные изменения их численности. Так, на Колгуеве численность некоторых куликов (тулеса, чернозобика) снизилась, в то время как численность некоторых видов гусеобразных — белошею казарки, морской чернети (*Aythya marila*), турпана (*Melanitta fusca*) — возросла [15].

За время наших исследований значительно выросла плотность населения зимняка. В конце XIX — начале XX в. вид на острове отсутствовал. Впервые он обнаружен в 1994 г. [40]. С 2006 г. его гнездование стало регулярным, а с 2013 г. отмечалась стабильная и низкая плотность гнездования ( $2,6 \pm 0,7$  пары на 100 км<sup>2</sup>), что контрастирует с динамикой этого вида в арктических экосистемах с наличием популяций грызунов, в том числе леммингов. В 2006—2013 гг. средняя плотность составляла  $2,6 \pm 0,7$  пары на 100 км<sup>2</sup> [16], а в 2017—2019 гг. она увеличилась более чем вдвое и составила 6,0 пар на 100 км<sup>2</sup> (рис. 4). Увеличение численности зимняка можно объяснить увеличением численности гусей, в первую очередь белошею казарки, которые наравне с белой куропаткой составляют основу рациона зимняка на Колгуеве [16].

Мониторинговые исследования птиц острова Колгуев подтвердили индикаторные качества этой группы животных для оценки влияния изменений климата.

**Выбор показателей и индикаторов мониторинга биоты и методы их наблюдений.** Первые шаги в организации мониторинговых наблюдений за биотой острова Колгуев сделаны. На основе имеющихся данных предлагаются следующие подходы и методы для мониторинга состояния биоты острова (табл. 1) в соответствии с рекомендациями по мониторингу биоразнообразия [41].

#### Заключение и выводы

В российской Арктике за счет роста температур, продолжительности вегетационного периода и других биотически значимых изменений климата [5] по данным многолетних наблюдений выявляются трен-

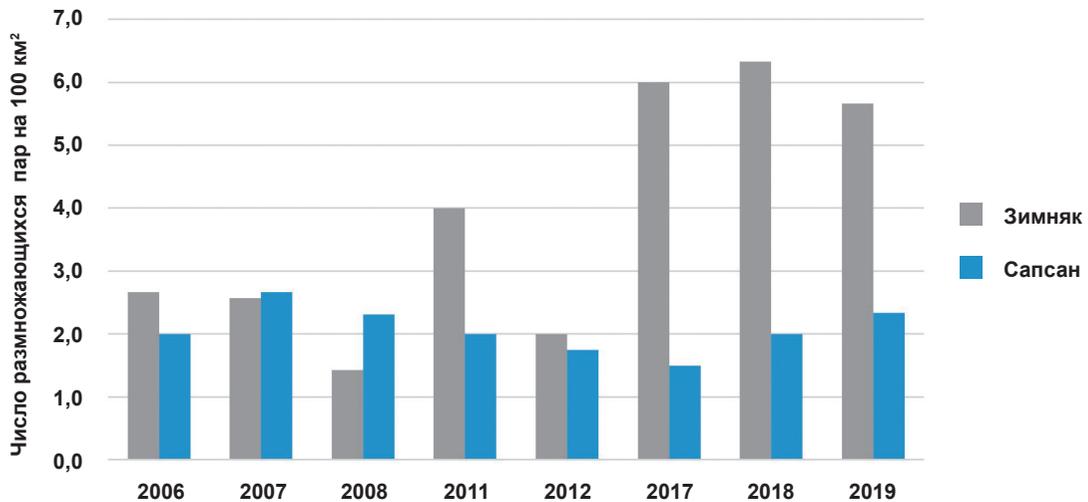


Рис. 4. Динамика плотности гнездования зимняка и сапсана в 2006–2019 гг. по результатам полного учета гнезд (по [15])  
 Fig. 4. Dynamics of nesting densities of Rough-legged buzzard (gray) and Peregrine falcon (blue) in 2006–2019 based on the results of complete nest counts (according to [15])

ды разнообразия биоты, продуктивности растительности, численности отдельных групп позвоночных животных, изменений их кормовых предпочтений и пр. [3]. Используя предложенные в статье биотические индикаторы и методы, на модельной территории можно получить относительно полную картину современных климатогенных изменений биоты и экосистем.

В процессе исследований установлено, что не все тренды биоты и экосистем на острове связаны только с изменениями (потеплением) климата. Так, по-видимому, на востоке острова немаловажную роль могут играть процессы формирования «новых» продуктивных поверхностей (маршей) в результате опережающего рост уровня океана поднятия суши в областях аккумулятивных берегов [42].

Проведенные многолетние исследования на острове Колгуев и обоснование его использования для получения индикативной информации о состоянии арктической биоты показали *высокое соответствие выбранного объекта целям и задачам экологического мониторинга для европейского сектора АЗРФ, прежде всего островных безземминговых экосистем с арктическим морским климатом.* Для этого предложены соответствующий набор индикаторов и методы их наблюдения в многолетнем цикле.

Продолжение долговременного мониторинга биоты острова на следующем этапе синтеза должно подтвердить высокую информативность фиксируемых изменений, эффективность природоохранных действий в этом регионе и повысить значимость острова в системе циркумполярного мониторинга и сохранения природы Арктики.

#### Финансирование

Статья подготовлена в рамках гранта РНФ № 22-17-00168 «Биогеографические последствия изменений климата в российской Арктике»

#### Литература/References

1. Рожнов В. В., Лавриненко И. А., Разживин В. Ю. и др. Ревизия биоразнообразия крупного арктического региона как основа его мониторинга и охраны в условиях активного хозяйственного освоения (Ненецкий автономный округ, Россия) // Заповед. наука. — 2019. — Т. 4, № 2. — С. 1—28. — DOI: 10.24189/ncr.2019.015.
2. Rozhnov V. V., Lavrinenko I. A., Razzhivin V. Yu. et al. Biodiversity revision of a large Arctic region as a basis for its monitoring and protection under conditions of active economic development (Nenetsky Autonomous Okrug, Russia). *Nature Conservation Research*, 2019, vol. 4, no. 2, pp. 1—28. DOI: 10.24189/ncr.2019.015. (In Russian).
3. Волкодаева М. В., Володина Я. А., Ломтев А. Ю. и др. О необходимости развития системы экологического мониторинга окружающей среды Крайнего Севера // Рос. Арктика. — 2019. — № 6. — С. 37—43. — DOI: 10.24411/2658-4255-2019-10065.
4. Volkodaeva M. V., Volodina Ya. A., Lomtev A. Yu. et al. On the necessity of the Far North environmental monitoring system development. *Russian Arctic*, 2019, no. 6, pp. 37—43. DOI: 10.24411/2658-4255-2019-10065. (In Russian).
5. Тишков А. А., Белоновская Е. А., Вайсфельд М. А. и др. Региональные биогеографические эффекты «быстрых» изменений климата в российской Арктике в XXI в. // Арктика: экология и экономика. — 2020. — № 2 (38). — С. 31—44. — DOI: 10.25283/2223-4594-2020-2-31-44.
6. Tishkov A. A., Belonovskaya E. A., Waisfeld M. A. et al. Regional biogeographic effects of “fast” climate changes in the Russian Arctic in the 21st century. *Arctic: Ecology and Economy*, 2020, no. 2 (38), pp. 31—44. DOI: 10.25283/2223-4594-2020-2-31-44. (In Russian).

Таблица 1. Индикаторы и методы, предлагаемые для мониторинга состояния биоты, почв и экосистем острова Колгуев в условиях изменений климата

Table 1. Proposed indicators and methods for monitoring the state of biota, soils and ecosystems of Kolguev Island under climate change

Индикатор	Показатель	Индицируемые климатогенные тренды и циклы	Методы наблюдений и рекомендуемая периодичность
<i>Почвенный покров</i>			
Переход полигональных торфяников в плоскобугристые; соотношение доли мочажин и бугров	Ширина трещин; соотношение площадей (%)	Деградация мерзлых торфяников	Анализ прошлых и текущих космических и БПЛА снимков, раз в 3—5 лет
Влажность автономных и торфяных почв	Качественные показатели влажности	Динамика увлажненности территории	Анализ космических снимков, верификация на постоянных площадках, ежегодно
Увеличение числа термоцирков, площади термокарстовых озер	Число термоцирков, площадь озер (км <sup>2</sup> )	Развитие (ускорение) термокарста	Анализ данных ДЗЗ, БПЛА, наземных наблюдений, раз в 3—5 лет
Площадь открытых песков	Доля площади (%; км <sup>2</sup> )	Развитие дефляции	Анализ ДЗЗ, БПЛА и наземных наблюдений, раз в 3—5 лет
Оползни, солифлюкция и другие склоновые процессы	Площадь и количество проявлений на территорию (%)	Процессы эрозии	Маршрутные исследования, анализ космических снимков и БПЛА, ежегодно
Распространение различных форм криогенного микрорельефа	Тип микрорельефа, его площадь и доля	Изменение пространственной и плановой формы микрорельефа	Описания на пробных площадках, съемка с БПЛА, раз в 3—5 лет
Мерзлотный режим почв	Глубина сезонного протаивания и промерзания	Рост/снижение глубины сезонного протаивания на минеральных почвах и торфах	Установка логгеров температуры, наблюдения на площадках, ежегодно
<i>Водоемы</i>			
Видовое разнообразие и численность зоопланктона и бентоса	Число видов, суммарная численность (экз./м <sup>2</sup> ) и биомасса (г/м <sup>2</sup> )	Изменение видового состава и численности зоопланктона и бентоса в условиях потепления	Отбор проб зоопланктона и бентоса на модельных озерах, раз в 3 года
Гидрологический и гидрохимический режим озер и водотоков	Гидрологические и гидрохимические характеристики водоемов	Изменения гидрологических и гидрохимических характеристик	Отбор проб воды для анализов, раз в 3 года
<i>Флора и растительность</i>			
Видовое разнообразие аборигенной флоры сосудистых растений	Число видов	Рост богатства флоры в условиях потепления	Сплошное и маршрутное флористическое обследование, ежегодно
Видовое разнообразие чужеродных видов	Число видов	Рост числа чужеродных видов, в том числе натурализовавшихся в результате потепления и расширения хозяйственной деятельности	Фиксация инвазий и натурализовавшихся видов, ежегодно
Видовое разнообразие и состояние популяций редких видов	Встречаемость, проективное покрытие (%), обилие (особей/га и др.)	Рост/сокращение обилия растений отдельных популяций	Геоботанические описания, учеты на постоянных пробных площадях, раз в 5 лет

Индикатор	Показатель	Индицируемые климатогенные тренды и циклы	Методы наблюдений и рекомендуемая периодичность
Продуктивность растительного покрова	Запас надземной фитомассы в зональных тундрах, лугах и маршах (т/га)	Тренды и флуктуации продуктивности, показатели NDVI вегетационного периода	Полевые измерения на постоянных площадках методом укосов, анализ архивов космических и БПЛА снимков, ежегодно
Проективное покрытие эдификаторных групп растений (кустарников и др.)	Доля в границах контуров растительных сообществ на пробных площадках (%)	Тренды и флуктуации проективного покрытия	Геоботанические описания, анализ архивов космических и БПЛА снимков, раз в 3—5 лет
<b>Фауна насекомых</b>			
Видовое разнообразие фауны насекомых	Число видов	Рост богатства фауны насекомых в условиях потепления	Ревизия фауны насекомых, раз в 5 лет
<b>Фауна млекопитающих</b>			
Домашний северный олень	Поголовье (количество голов); природная смертность (%)	Динамика численности поголовья, динамика смертности	Ежегодные учеты, весенние учеты естественной гибели
Песец, обыкновенная лисица	Количество особей, в том числе размножающихся (плотность нор) и выводков	Тренды и циклы, связанные с обилием кормовой базы, репродуктивность	Ежегодные весенне-летние и зимние учеты, мечение
Морские млекопитающие	Количество лежбищ, численность особей на них	Изменения состояния прибрежно-литоральной полосы, расширение площади новой суши в условиях изменения климата	Маршрутные пешие, авиационные и БПЛА учеты и съемка, ежегодно
<b>Фауна птиц</b>			
Видовое разнообразие орнитофауны	Число видов, число гнездящихся видов, плотности населения (особей/км <sup>2</sup> ) и гнездования (гнезд/км <sup>2</sup> )	Тренды видового разнообразия, соотношение численности и плотности гнездового населения групп птиц как показатель климатогенных перестроек	Ревизия фауны птиц (раз в 5 лет), учеты на постоянных пробных площадях и маршрутах, ежегодно
Состояние популяций редких видов птиц	Плотность населения (особей/км <sup>2</sup> ), плотность гнездования (гнезд/км <sup>2</sup> )	Динамика численности редких видов птиц в условиях потепления	Учеты численности популяций и плотности гнезд, использование БПЛА, ежегодно
Водоплавающие (гуси и казарки), околотовные (кулики) и хищные птицы	Численность и плотность популяций, плотность гнезд, успех размножения и т. п. (количество особей на км <sup>2</sup> , количество гнезд на км <sup>2</sup> )	Соотношение параметров популяций, индицирующее воздействие климата, освоение новых местообитаний в границах острова, изменения путей миграций (по данным мечения)	Учеты численности, оценки плотности популяций, в том числе на постоянных пробных площадях и маршрутах, оценка успеха размножения, ежегодно
Формирование «грейзинг-газона» и инициация «орнитогенной сукцессии» в местах концентрации гусей	Запасы надземной фитомассы (т/га, г/м <sup>2</sup> )	Тренды продуктивности и ход зоогенной сукцессии, определяемой концентрацией помета и интенсивностью питания	Учеты на специальных площадках, укосы, использование БПЛА, эксперименты по изоляции тундры от птиц

4. Макарова О. Л., Рожнов В. В., Лавриненко И. А. и др. Изученность биоты Ненецкого автономного округа: аналитический обзор // Комплекс. исслед. природы Шпицбергена и прилегающего шельфа. — 2016. — Вып. 13. — С. 240—248. Makarova O. L., Rozhnov V. V., Lavrinenko I. A. et al. The study of the biota of the Nenets Autonomous Okrug: an analytical review. Complex studies of the nature of Svalbard and the adjacent shelf, 2016, vol. 13, pp. 240—248. (In Russian).
5. Тишков А. А., Вайсфельд М. А., Глазов П. М. и др. Биотически значимые тренды климата и динамика биоты российской Арктики // Арктика: экология и экономика. — 2019. — № 1 (33). — С. 71—87. — DOI: 10.25283/2223-4594-2019-1-71-87. Tishkov A. A., Vaisfeld M. A., Glazov P. M. et al. Biotic significant climate trends and biota dynamics of the Russian Arctic. Arctic: Ecology and Economy, 2019, no. 1 (33, pp. 71—87. DOI: 10.25283/2223-4594-2019-1-71-87. (In Russian).
6. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. — СПб.: Научном. технологии, 2022. — 124 с. The third assessment report of Roshydromet on climate change and its effects on the territory of the Russian Federation. Technical summary. Moscow, Roshydromet, 2022, 124 p. (In Russian).
7. Елсаков В. В., Телятников М. Ю. Межгодовые изменения индекса NDVI на территории европейского северо-востока России и западной Сибири в условиях климатических флуктуаций последних десятилетий // Соврем. проблемы дистанц. зондирования Земли из космоса. — 2013. — Т. 10, № 3. — С. 260—271. Elsakov V. V., Telyatnikov M. Yu. Effects of interannual climatic fluctuations of the last decade on NDVI in north-eastern European Russia and Western Siberia. Current problems in remote sensing of the Earth from space, 2013, vol. 10, no. 3, pp. 260—271. (In Russian).
8. Тишков А. А., Кренке-мл. А. Н. «Позеленение» Арктики в XXI в. как эффект синергизма действия глобального потепления и хозяйственного освоения // Арктика: экология и экономика. — 2015. — № 4 (20). — С. 28—37. Tishkov A. A., Krenke Jr. A. N. "Greening" of the Arctic in the 21st century as a synergistic effect of global warming and economic development. Arctic: Ecology and Economy, 2015, no. 4 (20), pp. 28—37. (In Russian).
9. Лавриненко О. В., Петровский В. В., Лавриненко И. А. Локальные флоры островов и юго-восточного побережья Баренцева моря // Ботан. журн. — 2016. — Т. 101, № 10. — С. 1144—1190. Lavrinenko O. V., Petrovskii V. V., Lavrinenko I. A. Local flora of the islands and the southeastern coast of the Barents Sea. Botanicheskii zhurnal, 2016, vol. 101, no. 10, pp. 1144—1190. (In Russian).
10. Morozova O. V., Tishkov A. A. Alien Plant Species in the Russian Arctic: Spatial Patterns, Corridors, and Local Invasions. Russian J. of Biological Invasions, 2021, vol. 12, no. 4, pp. 377—386. DOI: 10.1134/S2075111721040093.
11. Лавриненко И. А. Типология территориальных единиц растительности для целей крупномасштабного картографирования (на примере острова Колгуев) // Геоботан. картографирование. — 2015. — С. 95—119. — DOI: 10.31111/geobotmap/2015.94. Lavrinenko I. A. Typology of territorial vegetation units for the purposes of large-scale mapping (at an example of Kolguev Island). Geobotanical mapping, 2015, pp. 95—119. DOI: 10.31111/geobotmap/2015.94. (In Russian).
12. Лавриненко И. А. Типологическая схема территориальных единиц растительности на примере острова Колгуев // Сб. науч. тр. ГНБС. — 2016. — Т. 143. — С. 86—94. Lavrinenko I. A. Typological scheme of the territorial units of vegetation on the example of Kolguev Island. Works of Nikitsky Botanical Garden, 2016, vol. 143, pp. 86—94. (In Russian).
13. Anufriev V. V. Terrestrial Mammals on Islands Located in the Pechora Sea. Biological Bull., 2019, vol. 46, no. 9, pp. 1192—1197. DOI: 10.1134/S1062359019090024.
14. Кондратьев А. В., Глазов П. М., Зайнагутдинова Э. М. и др. Современное состояние и динамика орнитофауны острова Колгуев // Орнитология. — 2019. — Т. 43. — С. 24—44. Kondratyev A. V., Glazov P. M., Zaynagutdinova E. M. et al. The current state and dynamics of bird fauna of Kolguev Island. Ornithologia, 2019, vol. 43, pp. 24—44. (In Russian).
15. Glazov P. M., Loshchagina J. A., Kondratyev A. V. et al. The long-term monitoring of bird populations on Kolguev Island in the Barents Sea. Arctic, 2021, vol. 74, no. 5, pp. 23—40. DOI: 10.14430/arctic73845.
16. Pokrovsky I., Ehrich D., Ims R. A. et al. Rough-Legged Buzzards, Arctic Foxes and Red Foxes in a Tundra Ecosystem without Rodents. PLoS One, 2015, vol. 10, no. 2. DOI: 10.1371/journal.pone.0118740.
17. Михайлова Г. В. Основы жизни ненцев арктического острова Колгуев // Арктика и Север. — 2015. — № 21. — С. 144—150. — DOI: 10.17238/issn2221-2698.2015.21.144. Mikhaylova G. V. Basis of Nenets life on the Arctic Island of Kolguev. Arctic and North, 2015, no. 21, pp. 144—150. DOI: 10.17238/issn2221-2698.2015.21.144. (In Russian).
18. Шматова А. Г. Разнообразие автоморфных почв центральной части острова Колгуев как отражение разнообразия почвообразующих пород // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. — 2019. — Вып. 6. — С. 177—183. — DOI: 10.24411/2687-1092-2019-10627. Shmatova A. G. Diversity of automorphic soils of the central part of Kolguev Island as a reflection of the variety of parent material. Relief and Quaternary deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia, 2019, iss. 6,

- pp. 177—183. DOI: 10.24411/2687-1092-2019-10627. (In Russian).
19. Лобков В. А., Шматова А. Г. Литолого-геоморфологические закономерности дифференциации почвенного покрова восточной части острова Колгуев // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. — 2022. — Вып. 9. — С. 160—166. — DOI: 10.24412/2687-1092-2022-9-160-166.
- Lobkov V. A., Shmatova A. G. Lithological and geomorphological patterns of differentiation of soil cover in eastern part of Kolguev Island. Relief and Quaternary deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia, 2022, iss. 9, pp. 160—166. DOI: 10.24412/2687-1092-2022-9-160-166. (In Russian).
20. Чертопруд М. В., Крыленко С. В., Лукиных А. И. и др. Особенности сообществ макрозообентоса малых арктических озер Евразии // Биология внутрен. вод. — 2021. — № 4. — С. 378—391. — DOI: 10.31857/S0320965221030050.
- Chertoprud M. V., Krylenko S. V., Lukinych A. I. et al. Specific Features of the Macrozoobenthic Communities of Small Arctic Lakes in Eurasia. Inland Water Biology, 2021, no. 4, pp. 378—391. DOI: 10.31857/S0320965221030050. (In Russian).
21. Liljedahl A. K., Boike J., Daanen R. P. et al. Pan-arctic ice-wedge degradation in warming permafrost and its influence on tundra hydrology. Nature Geoscience, 2016, vol. 9, no. 4, pp. 312—318. DOI: 10.1038/ngeo2674.
22. Olvmo M., Holmer B., Thorsson S. et al. Sub-arctic palsa degradation and the role of climatic drivers in the largest coherent palsa mire complex in Sweden (Vissátvuopmi), 1955—2016. Scientific Reports, 2020, vol. 10, no. 1, p. 8937. DOI: 10.1038/s41598-020-65719-1.
23. Kanevskiy M., Shur Y., Jorgenson T. et al. Degradation and stabilization of ice wedges: implications for assessing risk of thermokarst in northern Alaska. Geomorphology, 2017, vol. 297, pp. 20—42. DOI: 10.1016/j.geomorph.2017.09.001.
24. Seppälä M. Palsa mires in Finland. The Finnish environment, 2006, vol. 23, pp. 155—162.
25. Картозия А. А., Мишина А. Детальное геоморфологическое картографирование криогенных форм рельефа с использованием ГИС-анализа данных с БПЛА // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. — 2019. — Вып. 6. — С. 47—52. — DOI: 10.24411/2687-1092-2019-10608.
- Kartozia A. A., Mishina A. Detail geomorphological mapping of periglacial landforms by using GIS-analysis of UAV remote sensing data. Relief and Quaternary deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia, 2019, iss. 6, pp. 47—52. DOI: 10.24411/2687-1092-2019-10608. (In Russian).
26. Викторов А. С., Капралова В. Н., Архипова М. В. Моделирование развития морфологической структуры эрозионно-термокарстовых равнин с использованием материалов дистанционных съемок // Исслед. Земли из космоса. — 2019. — № 2. — С. 55—64. — DOI: 10.31857/S0205-96142019255-64.
- Viktorov A. S., Kapralova V. N., Arkhipova M. V. Dynamic modeling for the morphological pattern of thermokarst plains with fluvial erosion on the base of remote sensing data. Research of the Earth from space, 2019, no. 2, pp. 55—64. DOI: 10.31857/S0205-96142019255-64. (In Russian).
27. Collins A. D., Andresen C. G., Charsley-Groffman L. M. et al. UAS lidar mapping of an arctic tundra watershed: challenges and opportunities. The Intern. Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2020, vol. XLIV-M-2-2020, pp. 1—8. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLIV-M-2-2020-1-2020.
28. Кузяков А. И., Зимин М. В., Лейбман М. О. и др. Мониторинг скорости термоденудации и термоабразии на западном побережье острова Колгуев с использованием материалов космической съемки высокого разрешения // Криосфера Земли. — 2013. — Т. 17, № 4. — С. 36—47.
- Kizyakov A. I., Zimin M. V., Leibman M. O. et al. Monitoring of the rate of thermal denudation and thermal abrasion on the western coast of Kolguev Island using high resolution satellite image. Cryosphere of the Earth, 2013, vol. 17, no. 4, pp. 36—47. (In Russian).
29. Шматова А. Г., Лоцагина Ю. А., Глазов П. М. Анализ временной серии снимков Landsat для выявления климатически обусловленных изменений в структуре ландшафтов острова Колгуев // Современ. проблемы дистанц. зондирования Земли из космоса. — 2023. — Т. 20, № 4. — С. 149—164. — DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-4-149-164.
- Shmatova A. G., Loshchagina J. A., Glazov P. M. Analysis of Landsat time series to identify climate-induced land cover changes on Kolguev Island. Current problems in remote sensing of the Earth from space, 2023, vol. 20, no. 4, pp. 149—164. DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-4-149-164. (In Russian).
30. Толмачев А. И. К авифауне острова Колгуева // Ежегодник Зоол. музея АН СССР. — 1927. — Т. 28 (3). — С. 355—365.
- Tolmachev A. I. To the avifauna of Kolguev Island. Yearbook of the Zoological Museum of the USSR Academy of Sciences, 1927, vol. 28 (3), pp. 355—365. (In Russian).
31. Богдановская-Гиенэф И. Д. Новые данные по флоре острова Колгуев // Проблемы Арктики. — 1938. — Т. 2. — С. 173—178.
- Bogdanovskaya-Gienef I. D. New data on the flora of Kolguev Island. Problems of the Arctic, 1938, vol. 2, pp. 173—178. (In Russian).
32. Сафронова И. Н. Флора острова Колгуева // Ботан. журн. — 1990. — Т. 75, № 11. — С. 1538—1547.
- Safronova I. N. Flora of Kolguev Island. Botanical J., 1990, vol. 75, no. 11, pp. 1538—1547. (In Russian).
33. Лавриненко О. В., Петровский В. В., Лавриненко И. А. Новые локальные флоры и материалы

к флористическому районированию Восточноевропейских тундр // Ботан. журн. — 2019. — Т. 104, № 1. — С. 58—92.

Lavrinenko O. V., Petrovskii V. V., Lavrinenko I. A. New local floras and materials for floristic subdivision of the East European tundra. Botanical J., 2019, vol. 104, no. 1, pp. 58—92. (In Russian).

34. Красная книга Ненецкого автономного округа. — 2-е изд. / Отв. ред. д. б. н. Н. В. Матвеева. — Белгород: Константа, 2020. — 456 с.

Red book of the Nenets Autonomous Okrug. 2nd ed. Ed. N. V. Matveeva. Belgorod, Constanta, 2020, 456 p. (In Russian).

35. Лавриненко О. В., Лавриненко И. А. Растительный покров оленьих пастбищ острова Колгуев: преемственность исследований и современные подходы // Ботаника: история, теория, практика: Материалы международной научно-практической конференции. — СПб., 2014. — С. 124—130.

Lavrinenko O. V., Lavrinenko I. A. The plant cover of reindeer pastures on Kolguev Island: succession of research and current approaches. Botany: History, Theory, Practice. Proceedings of international scientific conference. St. Petersburg, 2014, pp. 124—130. (In Russian).

36. Ануфриев В. В. Ресурсы охотничьих животных островов Колгуев и Вайгач // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства: Материалы международной научно-практической конференции. — Киров, 2012. — С. 209—210.

Anufriev V. V. Resources of game animals of Kolguev and Vaygach Islands. Modern problems of nature management, hunting and fur farming. Proceedings of international scientific conference. Kirov, 2012, pp. 209—210. (In Russian).

37. Пономарева Т. С. Белошекая казарка. Новое гнездовое поселение в окрестностях о. Колгуева // Итоги изучения редких животных: Материалы к Красной книге. — М.: ЦНИЛ Главохоты РСФСР, 1990. — С. 81—84.

Ponomareva T. S. Barnacle goose. New breeding colony in the vicinity of Kolguev Island. Results of the study of rare animals. Materials for the Red Book. Moscow, Central Scientific Research Laboratory of Hunting Control Headquarter of the RSFSR, 1990, pp. 81—84. (In Russian).

38. Морозов В. В., Сыроечковский-мл. Е. Е. Материалы к познанию орнитофауны острова Колгуева // Орнитология. — 2004. — Т. 31. — С. 9—50.

Morozov V. V., Syroechkovsky Jr. E. E. Materials to the knowledge of the avifauna of Kolguev Island. Ornithologia, 2004, vol. 31, pp. 9—50. (In Russian).

39. Кондратьев А. В., Глазов П. М., Лощагина Ю. А. и др. Белошекая казарка *Branta leucopsis* на острове Колгуев: история экспансии и современное состояние гнездовой популяции // Рус. орнитол. журн. — 2021. — Т. 30 (2031). — С. 554—555.

Kondratyev A. V., Glazov P. M., Loshchagina Yu. A. et al. Barnacle Goose *Branta leucopsis* on Kolguev Island: history of expansion and current state of the breeding population. Russian Ornithological J., 2021, vol. 30 (2031), pp. 54—555. (In Russian).

40. Wiklund C. G., Isakson E., Kjellen N. The distribution of avian lemming predators on the Arctic tundra of Northern Russia. Swedish-Russian Tundra Ecology Expedition-94: A cruise report. Stockholm, Swedish Polar Research Secretariat, 1995, pp. 191—196.

41. Лебедева Н. В., Криволицкий Д. А., Пузаченко Ю. Г. и др. География и мониторинг биоразнообразия. — М.: Изд-во НУМЦ, 2002. — 432 с.

Lebedeva N. V., Krivolutsky D. A., Puzachenko Yu. G. et al. Geography and monitoring of biodiversity. Moscow, Publ. house NUMC, 2002, 432 p. (In Russian).

42. Тишков А. А., Добрянский А. С., Кренке А. Н. и др. Изменение площади суши российской Арктики для освоения биотой // Арктика: экология и экономика. — 2023. — Т. 13, № 2. — С. 188—200.

Tishkov A. A., Dobryansky A. S., Krenke A. N. et al. Changing the land area of the Russian Arctic for the development of biota. Arctic: Ecology and Economy, 2023, vol. 13, no. 2, pp. 188—200. (In Russian).

### Информация об авторах

Глазов Петр Михайлович, научный сотрудник, Институт географии РАН (119017, Москва, Старомонетный пер., д. 29), e-mail: glazpech@mail.ru.

Лощагина Юлия Александровна, научный сотрудник, Институт географии РАН (119017, Москва, Старомонетный пер., д. 29), e-mail: julia.loshchagina@gmail.com.

Шматова Анастасия Геннадиевна, инженер-исследователь, Институт географии РАН (119017, Москва, Старомонетный пер., д. 29), e-mail: shmatova@igras.ru.

Гнеденко Ангелина Евгеньевна, инженер-исследователь, Институт географии РАН (119017, Москва, Старомонетный пер., д. 29), e-mail: gnedenko.a.e@igras.ru.

Тишков Аркадий Александрович, доктор географических наук, профессор, член-корреспондент РАН, Институт географии РАН (119017, Россия, Москва, Старомонетный пер., д. 29), e-mail: tishkov@igras.ru.

## KOLGUEV ISLAND AS AN OBJECT FOR MONITORING THE BIOTA OF THE WESTERN SECTOR OF THE RUSSIAN ARCTIC

Glazov, P. M., Loshchagina, Yu. A., Shmatova, A. G., Gnedenko, A. E., Tishkov, A. A.

Institute of Geography RAS (Moscow, Russian Federation)

The article was received on October 21, 2023

### For citing

Glazov P. M., Loshchagina Yu. A., Shmatova A. G., Gnedenko A. E., Tishkov A. A. Kolguev Island as an object for monitoring the biota of the western sector of the Russian Arctic. *Arctic: Ecology and Economy*, 2024, vol. 14, no. 2, pp. 261—273. DOI: 10.25283/2223-4594-2024-2-261-273. (In Russian).

### Abstract

The article presents the research results on the Kolguev Island Arctic biota dynamics under climate change in the 21st century. The researchers substantiate the prospects for using the island as a model territory for studying the dynamics of the biota in the western sector of the Russian Arctic. They outline that the area meets all the requirements for a monitoring object due to the relative representativeness of climate, vegetation and landscapes, spatial integrity, diversity of biota, variability of structure, functioning and dynamics, as well as the presence of long-term observation series. The researchers propose a system of indicators for monitoring the state of the biota, soils and ecosystems of the island and methods of their observation.

**Keywords:** *Arctic Zone of the Russian Federation, Kolguev Island, biota, terrestrial ecosystems, dynamics, climate change, monitoring.*

### Funding

The article was prepared within the framework of the Russian Science Foundation grant no. 22-17-00168 “Biogeographical consequences of climate change in the Russian Arctic”.

---

### Information about the authors

**Glazov, Petr Mikhailovich**, researcher, Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences (29, Staromonetny lane, Moscow, Russia, 119017), e-mail: glazpech@mail.ru.

**Loshchagina, Yulia Alexandrovna**, Researcher, Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences (29, Staromonetny lane, Moscow, Russia, 119017), e-mail: julia.loshchagina@gmail.com.

**Shmatova Anastasia, Gennadievna**, Research Engineer, Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences (29, Staromonetny lane, Moscow, Russia, 119017), e-mail: shmatova@igras.ru.

**Gnedenko, Angelina Evgenievna**, Research Engineer, Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences (29, Staromonetny lane, Moscow, Russia, 119017), e-mail: gnedenko.a.e@igras.ru.

**Tishkov, Arkady Aleksandrovich**, Doctor of Geography, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences (29, Staromonetny lane, Moscow, Russia, 119017), e-mail: tishkov@igras.ru.

© Glazov P. M., Loshchagina Yu. A., Shmatova A. G., Gnedenko A. E., Tishkov A. A., 2024