

ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ОСТРОВЕ БОЛЬШОЙ АЙНОВ (БАРЕНЦЕВО МОРЕ, РОССИЯ) В ГОЛОЦЕНЕ КАК ОТРАЖЕНИЕ ПОДНЯТИЯ СУШИ И ВЛИЯНИЯ МОРСКИХ ПТИЦ

Л. В. Филимонова^{*} , С. А. Кутенков 

Институт биологии Карельского научного центра РАН, Россия

^{*}e-mail: filimonovaluda@mail.ru

Поступила: 12.04.2024. Исправлена: 30.10.2024. Принята к опубликованию: 04.12.2024.

Обильное развитие разнообразной растительности, наличие обширных покровных торфяников и обитание большого количества морских птиц отличают Айновы острова (Кандалакшский государственный природный заповедник) от большинства других арктических островов и ближайших материковых территорий, делая их привлекательным объектом для палеоэкологических реконструкций. Произошедшее здесь в последнее столетие значительное уменьшение численности колоний *Fratercula arctica*, повлекшее изменения в растительном покрове, придает исследованиям особую актуальность. Получение данных о составе и формировании растительных сообществ в зависимости от различных экологических условий может помочь в оценке критичности процессов, протекающих в северных морских экосистемах в настоящее время и при прогнозировании дальнейших преобразований биоты Арктики. С целью воссоздания истории развития растительного покрова на острове Большой Айнов выполнены стратиграфические, радиоуглеродные и палеоботанические (определение пыльцы, спор и макроостатков растений) исследования торфяных отложений из шурфа, заложенного в вороничнике на верхнем плато острова Большой Айнов. В реконструкции, основанной на принципах актуализма, использованы полученные и литературные данные о флористическом составе современных сообществ. Развитие растительности рассматривается со времени образования острова примерно 5000 календарных лет назад (кал.л.н.) до современности. Основные его направления – от разреженных сообществ облигатных галофитов и формирования приморских лугов к тундроподобным вороничникам на выпуклых формах рельефа и к травяно-моховым болотам в депрессиях. Специфичным для острова Большой Айнов является наличие орнитогенной растительности и папоротниковых зарослей, нашедшее отражение в палиноспектрах. По мере подъема острова и, как следствие, уменьшения прямого воздействия морской воды происходит образование трехуровневых приморских лугов. В их верхней части, в «пограничных» сообществах, которые наряду с травами включали кустарнички, *Rubus chamaemorus* и *Chamaepericlymenum suecicum*, не позднее 3940 кал.л.н. начал откладываться торф. Примерно 3100 кал.л.н. полоса приморских лугов с орнитогенной растительностью переместилась с верхнего плато острова, следуя за отступающим морем, а на ее месте начал формироваться вороничник и накапливаться травяно-кустарничковый, а затем кустарничковый торф. В субатлантическом периоде, после 2460 кал.л.н., происходит разрастание вороничника. В настоящее время остров Большой Айнов, за исключением береговой зоны, полностью покрыт слоем торфа, глубина которого на верхнем плато достигает 120–132 см. Средний вертикальный его прирост составляет 0.34 мм/год. Значительное влияние на растительность острова с начала его образования и до настоящего времени оказывали морские птицы, о чем свидетельствуют присутствие в исследованном торфе фрагментов перьев птиц, высокое содержание и таксономический состав макроостатков и пыльцы травянистых растений. Резкую смену доминирования кустарничков на травы в спорово-пыльцевой диаграмме со времени 1800 кал.л.н. авторы статьи объясняют развитием на острове крупной колонии *Fratercula arctica*, чему способствовало формирование к этому времени обширного сухого и достаточно глубокого торфяника, в котором они делали жилища. Численность птиц испытывала колебания, что нашло отражение в чередовании максимумов пыльцы *Asteraceae* и *Rumex*, а также некоторых других таксонов трав. Сменяющееся их преобладание свидетельствует о возрастании и уменьшении орнитогенного влияния на экосистемы острова, включая торфяники, то есть о динамике популяций птиц. Увеличение содержания пыльцы *Empetrum* с одновременным снижением доли пыльцы *Asteraceae* в палиноспектрах, сформировавшихся в последние 100–200 лет, отражает уменьшение численности *Fratercula arctica*, зарастание покинутых колоний и восстановлении вороничников. В статье показана возможность использования данных флористического состава современной растительности для реконструкции зарастания и поэтапного формирования растительного покрова острова Большой Айнов, что допустимо и для других изолированных территорий. Полученные палинологические данные показали перспективность использования спорово-пыльцевого анализа для решения вопроса о начальных этапах формирования сухих торфяников на островах, вызванного невозможностью идентификации сильно разложившихся остатков трав при определении ботанического состава торфа. Выявленное чередование максимумов пыльцы растений-индикаторов интенсивности орнитогенного прессинга позволило выдвинуть гипотезу о периодическом происходящих колебаниях численности птиц, обусловленных изменениями климата в голоцене. Для ее проверки, уточнения времени и причин необходимо продолжение исследований с целью получения подтверждающего палеоботанического материала и AMS-датировок. Перспективно также использование наряду с палинологическими других маркеров, в том числе изотопа азота.

Ключевые слова: вороничный торфяник, Кандалакшский заповедник, макроостатки, орнитогенный прессинг, палиноспектр, реконструкция палеорастительности

Введение

Растительность островных экосистем специфична, что обусловлено их изолированностью и особенностями микроклимата. Еще большего своеобразия добавляет развитие ее в условиях постоянного гляциоизостатического поднятия островов (Головина, Баранова, 2006; Кожин, 2011; Кутенков и др., 2022) и воздействия колониальных морских птиц (Бреслина, 1987; Иванов, 2013; Kuzmicheva et al., 2019; Smyshlyaeva et al., 2021b). К подобным экосистемам относятся Айновы острова, известные как места гнездования большого количества птиц. На протяжении длительного времени здесь проводятся учеты их численности и различные орнитологические наблюдения (Емеис, 1929; Скокова, 1962; Татаринкова, 1975; Иваненко, 2013). Однако остается неизвестным, как колонии птиц влияли на растительность Айновых островов на протяжении ее формирования в голоцене.

Флора и растительность Айновых островов хорошо изучены (Парфентьева, 1969; Парфентьева, Бреслина, 1969; Бреслина, 1987; Татаринкова, 2011; Kozhin et al., 2016). Установлено, что современная растительность на всей территории островов испытывает существенное влияние колоний морских птиц (Скокова, 1962; Татаринкова, 1967, 1975; Парфентьева, 1969), выражающееся в развитии орнитогенной растительности в местах скоплений птиц и в повсеместном «засорении» сообществ орнитофильными видами (Бреслина, 1987). Своеобразным воздействием на экосистемы отличаются *Fratercula arctica* Linnaeus, 1758 (далее – тупик), роющие норы в сухом торфе и протаптывающие тропы по его поверхности (Емеис, 1929; Скокова, 1962). Значительное сокращение их численности в последнее столетие привело, по мнению Бреслиной (1987), к тому, что многие фитоценозы плато Айновых островов представляют собой последнюю стадию зарастания покинутых колоний тупиков.

Растительность Айновых островов значительно отличается от близко находящихся материковых территорий (Парфентьева, 1969), а также большинства арктических островов, что вызывает интерес к реконструкции истории ее развития. Источником палеогеографических данных, как и на многих других островах Кольской Арктики, могут служить сухие покровные вороничные торфяники на выпу-

клых поверхностях (Гунова, Лебедева, 1969; Kutenkov et al., 2018; Кутенков и др., 2022).

Ретроспективные исследования динамики островных экосистем за пределами рассматриваемого региона показали, что она обусловлена комплексом разнообразных факторов, включая колебания численности популяций птиц (Wang et al., 2007; Kuzmicheva et al., 2019; Duda et al., 2020; Smyshlyaeva et al., 2021a,b). Для арктических островов Баренцева моря, населенных птицами, опубликованы только две недатированные спорово-пыльцевые диаграммы вороничных торфяников с архипелага Семь островов (Гунова, Лебедева, 1969). Значительное орнитогенное влияние прослеживается в них с самого начала торфонакопления, начавшегося по мнению авторов (Гунова, Лебедева, 1969) в атлантическое время, до современности. Распространение вороничных сообществ в суббореале объясняется только ксерофитизацией климата. Участие приморской растительности и другие факторы, влияющие на формирование растительного покрова в публикации не рассматриваются.

Палеогеографические и палеоэкологические исследования на Айновых островах до настоящего времени не проводились. Целью данной работы является реконструкция истории развития растительного покрова острова Большой Айнов в голоцене на основе стратиграфических, палеоботанических и радиоуглеродных данных, а также использования полученных и литературных сведений о флористическом составе современной растительности.

Материал и методы

Территория исследований

Айновы острова (69.81°–69.85° N, 31.55°–31.65° E) расположены за полярным кругом вблизи западной части Мурманского побережья Баренцева моря в заливе Варангерфьорд (рис. 1). Административно они относятся к Печенгскому району Мурманской области России, а также входят в состав Кандалакшского государственного природного заповедника. Архипелаг состоит из двух островов: Большой Айнов (2.07 км²) и Малый Айнов (0.59 км²), разделенных узким проливом (1.5 км) глубиной до 17 м. Большой Айнов имеет слабохолмистый рельеф, пологие берега, сглаженные ледником и морскими штормами. Его поверхность достигает 20.3 м н.у.м.

Минимальное расстояние до полуострова Средний на востоке – 6 км, до материка на юге – 15 км. Геологическое строение схоже с полуостровами Средний и Рыбачий, которые сложены осадочными породами палеозойского возраста. На острове Большой Айнов они перекрыты четвертичными морскими валунно- и песчано-галечниковыми отложениями, иногда с примесью ракушечника. Почвенный покров представлен преимущественно сухоторфяными почвами, сформировавшимися под вороничниками – тундроподобными растительными сообществами с доминированием *Empetrum nigrum* L. s.l. Заболоченных понижений с торфяно-болотными почвами немного. В некоторых депрессиях расположены небольшие бессточные озера.

Район исследования характеризуется субарктическим морским климатом с мягкой зимой и прохладным летом. Значительное влияние на него оказывает Мурманское течение – продолжение Нордкапской ветви Гольфстрима. Благодаря этому, даже в суровые зимы юго-западная часть Баренцева моря не замерзает, а на его побережье и островах температура воздуха зимой выше, а летом ниже, чем в средней и южной частях Кольского полуострова. Средняя температура самого холодного месяца (февраля) составляет -6°C , самого теплого (июля) – $+9.5^{\circ}\text{C}$, среднегодовая – $+1^{\circ}\text{C}$. Влажность воздуха высокая в течение всего года и в среднем составляет более 80%; часты туманы; среднегодовое количество осадков почти 700 мм/год. Значительно влияние ветров. Летом они чаще дуют с моря, зимой – в противоположном направлении. Обычны шторма. Средняя высота приливов составляет около 3 м, наибольшая – превышает 5 м (Карпович, 1988).

Айновы острова расположены в южной гипоарктической тундровой подзоне (Сафронова и др., 1999). Их растительный покров заметно отличается от близлежащих материковых территорий (Парфентьева, 1969). Большая часть островов покрыта вороничными, морошковыми и папоротниковыми тундроподобными сообществами (рис. 2). В прибрежной части развиты приморские луга, во влажных впадинах – ивняки и болота преимущественно низинного типа. Характерны также деренные сообщества, крупнотравная и орнитогенная растительность. Флористический список и описание растительного покрова были опубликованы ранее (Парфентьева, 1969; Парфентьева, Бреслина, 1969; Бреслина, 1987; Татаринкова, 2011; Kozhin et al., 2016).

Материалы и методы исследований

Выполнены палеоботанические, радиоуглеродные и стратиграфические исследования торфяных отложений, отобранных на острове Большой Айнов (рис. 1). Проложен стратиграфический профиль (700 м) с запада на восток через центральное плато острова (рис. 1В). Проведена нивелировка поверхности залежи с использованием оптического нивелира и зондирование торфяной залежи со средним шагом 5 м (рис. 1С). Отобраны 13 торфяных разрезов и скважин с кратким полевым описанием и последующим определением ботанического состава торфа. В местах их закладки отмечался видовой состав растительных сообществ. Общие сведения о флоре и растительности острова получены в ходе маршрутных исследований по всей его территории, а также из литературных источников (Парфентьева, 1969; Парфентьева, Бреслина, 1969; Бреслина, 1987; Татаринкова, 2011; Kozhin et al., 2016).

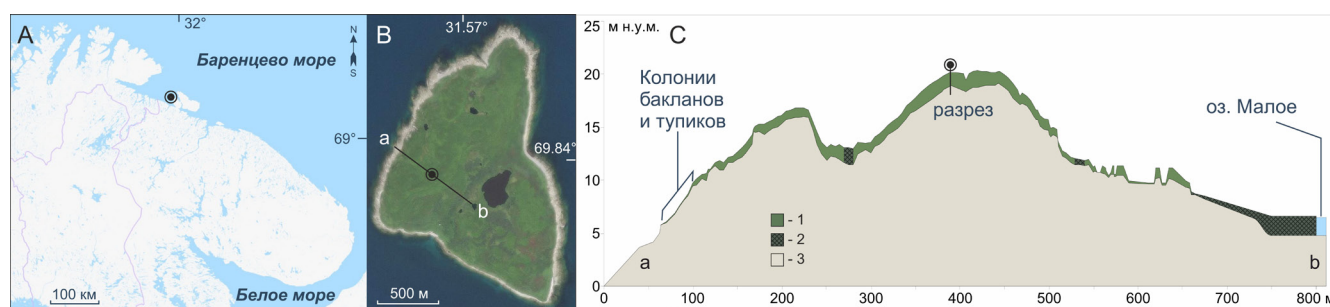


Рис. 1. Географическое положение острова Большой Айнов (А) и позиция исследованного разреза торфа (В, С). Обозначения: а, б – стратиграфический профиль: 1 – сухой торф, 2 – переувлажненный (болотный) торф, 3 – минеральное основание.

Fig. 1. Geographical location of the Bolshoi Ainov Island (А) and position of the studied peat section (В, С). Designations: а, б – cross section: 1 – dry peat, 2 – wet (mire) peat, 3 – mineral basement.

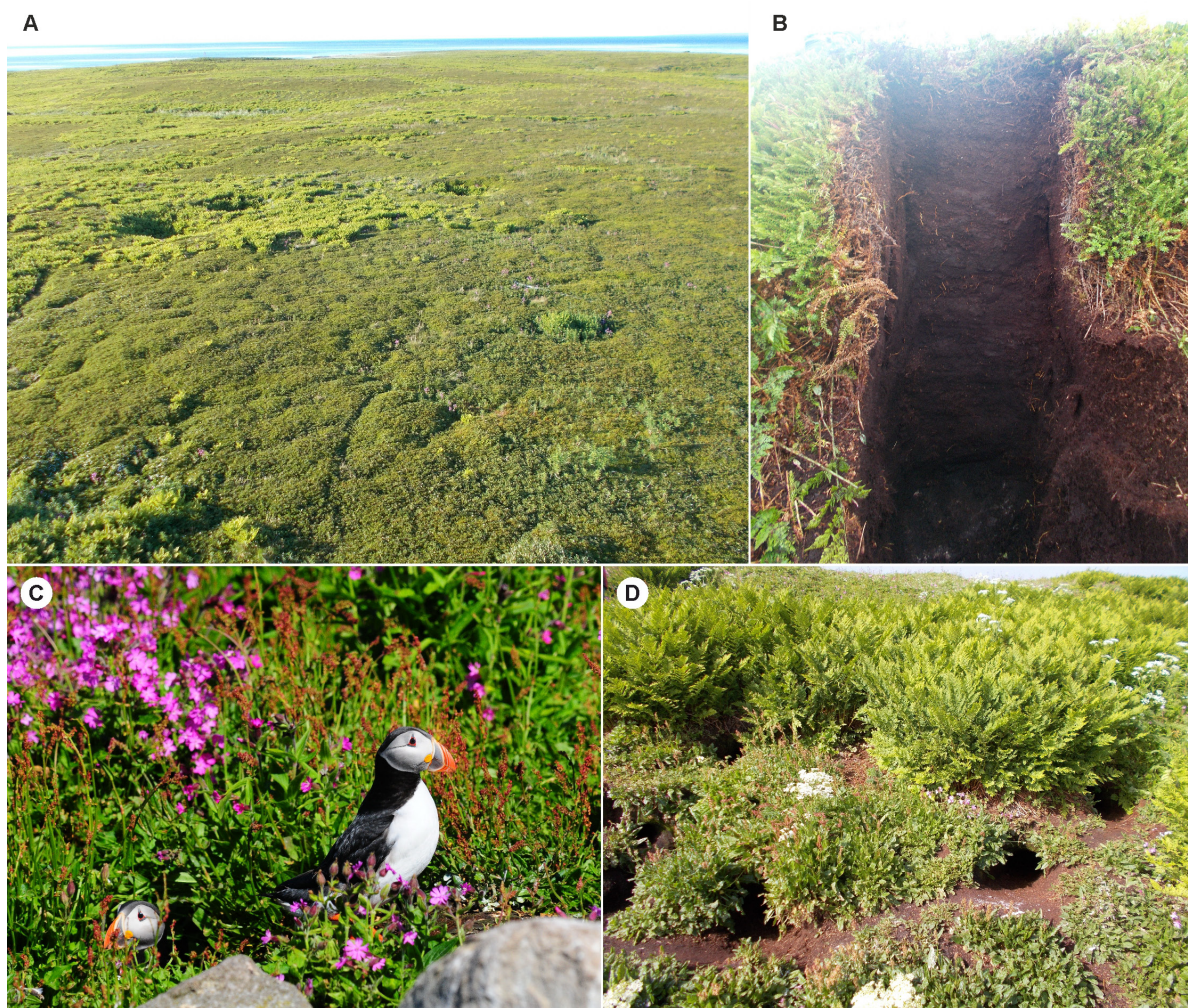


Рис. 2. Вороничник с пятнами *Dryopteris expansa* на верхнем плато острова Большой Айнов (А), разрез торфа (В), *Fratercula arctica* в зарослях *Rumex acetosa* и *Melandrium lapponicum* (С), норы и тропы *Fratercula arctica* на торфянике (D) (А, В, D – автор: С.А. Кутенков; С – автор: Ю.А. Быков).

Fig. 2. Crowberry heath with *Dryopteris expansa* patches on the upper plateau of the Bolshoi Ainov Island (A), peat section (B), *Fratercula arctica* in the *Rumex acetosa* and *Melandrium lapponicum* thickets (C), *Fratercula arctica* holes and paths on the peatland (D) (A, B, D – author: S.A. Kutenkov; C – author: Yu.A. Bykov).

Наиболее глубокий разрез отложений, данные которого использованы для реконструкции истории развития растительности, был получен в центральной части профиля (рис. 1С), на верхнем плато острова (69.838558° N, 31.562974° E), в 400 м от его западного берега. В месте отбора доминантом сообщества является *Empetrum nigrum* s.l., присутствуют *Rubus chamaemorus* L. и *Dryopteris expansa* (C. Presl) Fraser-Jenk. & Jermy. Вблизи произрастают *Chamaepericlymenum suecicum* (L.) Asch. & Graebn., *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *Melandrium lapponicum* (Simmons) Kuzen., *Avenella flexuosa* (L.) Drejer, *Dicranum elongatum* Schleich. ex Schwägr.

Отбор торфяных отложений проводили послойно, сверху вниз по стенке шурфа с использованием острого ножа. На определение

макроостатков растений слои брали мощностью 5–10 см (17 образцов), на палинологический (спорово-пыльцевой) анализ – в основном по 5 см (24 образца), включая отложения между камней. На радиоуглеродное датирование взяли три образца торфа с глубины 60–65 см, 100–105 см и 125–130 см.

Определение ботанического состава торфа и степени его разложения выполнены по общепринятым методикам (Короткина, 1939; Минкина, Варлыгин, 1939) с привлечением атласа (Кац и др., 1977) и коллекции растительных остатков. В ходе анализа также отмечалось наличие остатков животного происхождения, перьев и пуха птиц. Диаграмма состава и соотношения (в %) макроостатков растений в исследованных отложениях построена с использованием программы «Corti» (Кутенков, 2013).

При обработке проб для палинологического анализа применили щелочной и ацетилизный методы по стандартной методике (Berglund & Ralska-Jasiewiczowa, 1986). При идентификации пыльцы и спор привлекали атласы-определители (Moore et al., 1991; Reille, 1992, 1995, 1998). Спорово-пыльцевая диаграмма построена с использованием пакета программ Tilia/TiliaGraph/TGView (Grimm, 2004) с последующим редактированием в графическом редакторе CorelDraw. За 100% принята сумма пыльцы и спор в палиноспектре. От нее рассчитано процентное соотношение четырех групп микрофоссилий (деревьев и кустарников, кустарничков, трав, споровых растений), а также представленных в них таксонов.

Радиоуглеродное датирование образцов выполнено жидкостно-сцинтилляционным методом с помощью спектрометра-радиометра Quantulus в аналитическом центре изотопных исследований ИМКЭС СО РАН (ТомЦКП СО РАН). Их калиброванный возраст рассчитан с использованием программы OxCal (<https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal.html>) на основе калибровочной кривой IntCal20 (Reimer et al., 2020).

Результаты

Данные радиоуглеродного датирования и скорость прироста торфа

Для торфяных отложений разреза с острова Большой Айнов получены три радиоуглеродные датировки (табл. 1). Одна из них, с глубины 60–65 см, оказалась омоложенной, вероятно, из-за проникновения в толщу торфа большого количества корней кустарничков, произрастающих позднее. Она при расчете возрастов слоев и скорости накопления торфа, а также при реконструкции истории растительности не использовалась.

Согласно расчетам, средняя скорость накопления торфа между радиоуглеродными датировками не превышала 0.25 мм/год; выше

100 см она увеличилась до 0.42 мм/год и в целом составила 0.36 мм/год. С использованием калиброванного возраста рассчитанные значения будут 0.21 мм/год, 0.41 мм/год и 0.34 мм/год, соответственно.

Хроностратиграфия разреза и ботанический состав торфа

Отложения опорного разреза (рис. 2В) до глубины 132 см представлены сплошным слоем сухого торфа. Под ним лежат окатанные валуны диаметром 10–20 см, в полостях между которыми до глубины 145 см встречаются вкрапления торфа. Визуально в залежи выделяются два слоя торфа: придонный (на глубине 100–132 см, а также в полостях между камней) рыхлый, гомогенно-зернистый, черного цвета и перекрывающий его более связанный слой коричневого кустарничкового торфа. Верхние 20 см последнего слабо разложены, состоят из стволов кустарничков с опадом между ними. На глубине 50–70 см наблюдается много живых корней кустарничков.

Данные определения ботанического состава и степени разложения (R) торфа опорного разреза приведены на рис. 3. Изменение соотношения основных торфообразователей позволяет выделить четыре слоя торфа, соответствующих стадиям развития растительности в месте отбора. Предположительное время их формирования рассчитано на основе калиброванных значений двух радиоуглеродных датировок (табл. 1). Поскольку в верхнем 20-см слое торфа R снизилась почти вдвое (рис. 3), его расчетный возраст был уменьшен в два раза и принят за 250 лет. Это было учтено при определении возраста границы между 3 и 4 стадиями (рис. 3) и в дальнейшем при расчете времени формирования палинозон. Базальный слой торфа над камнями на глубине 132 см отложился, согласно расчетам с использованием нижней датировки (табл. 1) и прироста торфа 0.21 мм/год, примерно 3940 кал.л.н.

Таблица 1. Радиоуглеродные датировки торфяных отложений с острова Большой Айнов

Table 1. Radiocarbon age of peat sediments from Bolshoi Ainov Island

Глубина (см)	Состав отложений	Возраст		Лабораторный № образца
		радиоуглеродный (л.н.)	калиброванный (кал.л.н.)	
60–65	торф кустарничковый	110 ± 75	–	ИМКЭС-14С2003
100–105	торф кустарничковый	2445 ± 105	2525 ± 135	ИМКЭС-14С1991
125–130	торф кустарничково-травяной	3460 ± 80	3720 ± 110	ИМКЭС-14С1740

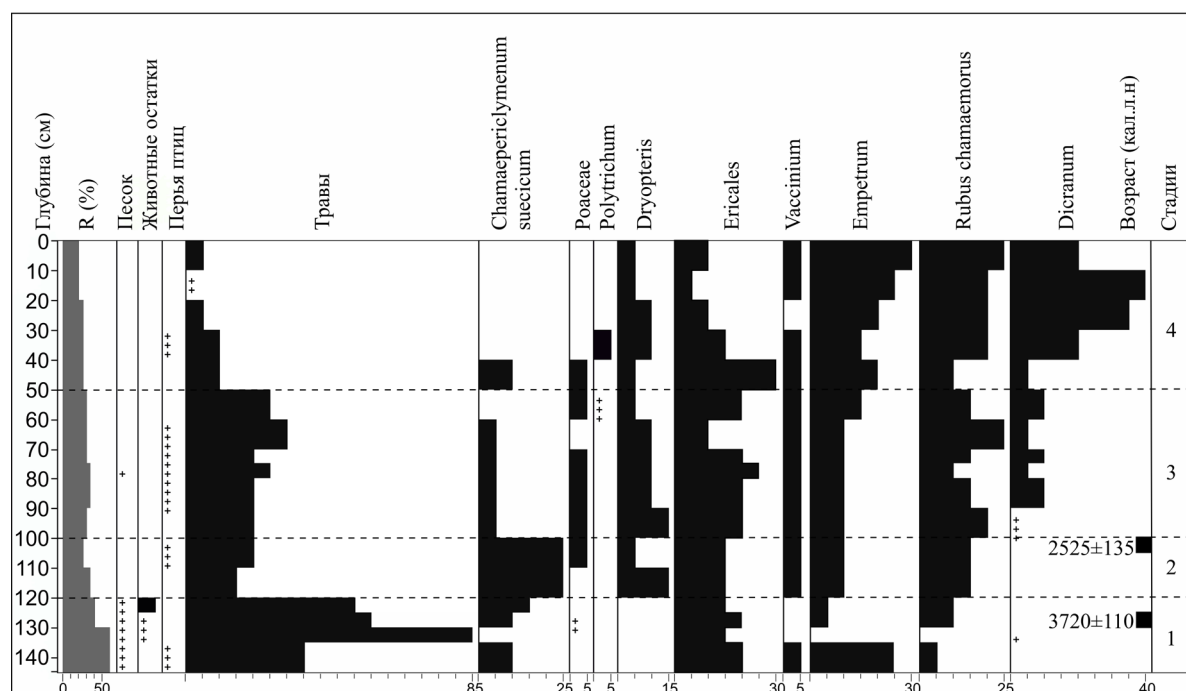


Рис. 3. Диаграмма ботанического состава торфа из разреза с верхнего плато острова Большой Айнов.

Fig. 3. Macrofossil diagram of the upper plateau peat section from the Bolshoi Ainov Island.

Торф стадии 1 залегает на глубине 120–145 см ($R \geq 40\%$), состоит из большого количества (35–85%) сильно разложившихся неопределяемых макроостатков трав (рис. 3). Содержание их в торфе, собранном в полостях между камней, было наименьшим (35%) из-за значительного количества корешков кустарничков и полукустарничков, которые, вероятно, проникли сюда позднее. Идентифицированы *Empetrum*, *Vaccinium*, *Chamaepericlymenum suecicum* и *Rubus chamaemorus*. Макроостатки вересковых, которые невозможно было определить до рода, здесь и выше по разрезу приведены как *Ericales* (рис. 3). Максимальное содержание макроостатков трав (85%) отмечено в 2-см слое торфа ($R = 40\%$), лежащем на камнях; к верхней границе стадии 1 оно снизилось до 50%. Согласно расчетам, отложение кустарничково-травяного торфа с глубины 120–132 см произошло предположительно 3940–3360 кал.л.н.

В слое травяно-кустарничкового торфа стадии 2 (100–120 см, $R = 30\text{--}35\%$), накопившемся 3360–2460 кал.л.н., доля макроостатков трав уменьшается до 15–20%. Суммарное содержание всех *Ericales* составляет 30%. Характерен максимальный для разреза вклад *Chamaepericlymenum suecicum* (25%), постоянная встречаемость *Rubus chamaemorus* (15%), появление макроостатков *Dryopteris* (5–15%), а в верхней половине слоя – *Poaceae* (5%).

В торфе стадии 3 (50–100 см, $R = 25\text{--}35\%$) вклад *Chamaepericlymenum suecicum* резко снижается до 5% на фоне доминирования *Ericales* (35–40%), а также значительного содержания трав (20–30%), *Rubus chamaemorus* (10–25%) и *Dryopteris* (5–15%). Появляются макроостатки *Dicranum*, вклад *Poaceae* остается прежним. На глубине 60–70 см содержание трав и *Rubus chamaemorus* несколько увеличивается, а *Ericales* – уменьшается (рис. 3). Слой травяно-кустарничкового торфа стадии 3 сформировался примерно 2460–1100 кал.л.н.

Последняя стадия 4 представлена верхним 50-см слоем кустарничкового торфа ($R = 20\text{--}30\%$), отложившемся в последние 1100 лет. В нем преобладают *Ericales* (30–55%) и *Rubus chamaemorus* (10–25%), содержание *Dicranum* возрастает до 40%. Хорошая сохранность остатков последнего в верхнем 30-см слое торфа позволила определить его до вида (*Dicranum elongatum*). Постоянно в небольшом количестве присутствует *Dryopteris* и травы, эпизодически – *Chamaepericlymenum suecicum*, *Poaceae* и *Polytrichum* (рис. 3).

Сходное строение торфяной залежи наблюдается и в других частях вороничника на разных высотных уровнях (рис. 1С). Везде можно выделить придонный черный, рыхлый слой кустарничково-травяного торфа толщиной 10–40 см и перекрывающий его слой коричневого кустарничкового торфа с участием трав до самой поверхности.

Палинозона PZ-1 (145–115 см) характеризуется максимальным для разреза содержанием пыльцы трав (76–87%), главным образом, Asteraceae (35–54%), Cyperaceae (7–15%), *Rumex* (9–15%) и Poaceae (2–7%). Вклад кустарничков Ericales (в том числе *Empetrum*) в спорово-пыльцевые спектры (СПС) небольшой (2–5%). Доля спор, в основном Polypodiaceae, увеличивается на протяжении палинозоны PZ-1 с 2% до 10% (рис. 4). Начало формирования палинозоны PZ-1 установить проблематично, поскольку нижние фрагменты торфа (с глубины 132–145 см) отобраны в полостях между камней. Слой торфа, лежащий над ними, согласно расчетам, накопился примерно 3940–3100 кал.л.н.

Палинозона PZ-2 (115–100 см), сформировавшаяся 3100–2460 кал.л.н., отличается резким увеличением доли спор Polypodiaceae (максимально до 52%) и пыльцы кустарничков (16–18%). При этом содержание пыльцы трав сразу снизилось до 36%, а затем 23%, причем Cyperaceae – с 8% до 1%. Вклад Asteraceae в СПС составил 7–10%, *Rumex* – 6–9%. Из разнотравья встречена пыльца большинства таксонов, представленных в палинозоне PZ-1, но в меньшем количестве (рис. 4).

Палинозона PZ-3 (100–75 см) характеризуется максимальным для разреза содержанием пыльцы кустарничков (36–67%), главным образом *Empetrum*, и уменьшением количества спор Polypodiaceae до 8–16%. Вклад пыльцы трав в нижнем СПС несколько увеличился, а затем снизился до 16%, при этом разнообразие трав уменьшилось (рис. 4). Согласно расчетам, формирование палинозоны PZ-3 происходило в субатлантическое время, примерно 2460–1800 кал.л.н.

Палинозона PZ-4 (75–10 см) отличается от палинозоны PZ-3 высоким содержанием пыльцы трав (41–80%) и, как следствие, уменьшением вклада кустарничков в СПС (3–28%). На ее протяжении отмечены резкие изменения в соотношении пыльцы трав, в соответствии с которыми выделены четыре субпалинозоны (рис. 4). В субпалинозоне PZ-4a (75–50 см) отмечено уменьшение доли пыльцы кустарничков до 9–23% на фоне резкого увеличения количества пыльцы трав (максимально до 75%), особенно Asteraceae, *Rumex*, Poaceae и Cyperaceae (до 45%, 21%, 9% и 8%, соответственно). К верхней границе участие пыльцы трав снизилось до 41%, а спор Polypodiaceae возросло

с 5 до 33%. В субпалинозоне PZ-4b (50–40 см) содержание пыльцы трав и полукустарничков снова увеличилось до 75–80%, главным образом за счет *Rumex* (28–36%), в меньшей степени – Asteraceae (13–16%), *Chamaepericlymenum suecicum* (7–13%) и Rosaceae (4–8%). Вклад кустарничков уменьшился до 3–6%, споровых растений – 10–11%. В субпалинозоне PZ-4c (40–15 см) доля пыльцы *Rumex* резко снизилась до 3–10%, а Asteraceae возросла до 33–51% на фоне несколько меньшего суммарного содержания пыльцы трав (49–72%) и возросшего количества пыльцы кустарничков (7–23%) и спор (9–19%). В субпалинозоне PZ-4d (15–10 см) отмечен максимум пыльцы *Rumex* (37%) и дальнейшее увеличение вклада в СПС кустарничков (28%), в основном *Empetrum*. Доля пыльцы Asteraceae наоборот уменьшилась до 4%, спор – до 5%. В палинозоне PZ-4 помимо ранее идентифицированных таксонов появляется пыльца Campanulaceae, Fabaceae и споры *Botrychium*. Расчеты, выполненные с учетом снижения степени разложения верхнего 20-см слоя торфа, дают основание предположить, что формирование палинозоны PZ-4 происходило в интервале 1800–100 кал.л.н.

Палинозона PZ-5 (10–0 см) характеризуется максимальным для разреза содержанием спор Polypodiaceae (55–57%). Пыльца кустарничков, главным образом *Empetrum*, составляет 9–14%, трав – 16–25%, причем *Rumex* – 4–8%, Asteraceae – 2–8%, *Rubus chamaemorus* – 2–3%, Cyperaceae – 2–4%, Poaceae – 1–2%, Juncaceae – 1%. Встречена также пыльца других таксонов трав, но в незначительном количестве (рис. 4). Формирование палинозоны PZ-5 произошло в последние 100 лет.

Обсуждение

Характерные особенности СПД острова Большой Айнов

Полученная спорово-пыльцевая диаграмма (рис. 4) с острова Большой Айнов тундрового типа. Для нее характерно низкое содержание пыльцы деревьев и кустарничков (6–13%) на фоне преобладания пыльцы кустарничков, трав или спор Polypodiaceae. Проведенное сопоставление ее с опубликованными СПД из тундровой зоны Кольского полуострова (Kremenetski et al., 1997; Елина, Филимонова, 2000; Елина и др., 2002; Elina et al., 2010; Сапелко и др., 2016, 2018) показало, что она имеет с ними как общие черты, так

и различия. Сходным является существенный вклад в формирование палиноспектров пыльцы *Ericales* и *Rubus chamaemorus*, а также, в основном, небольшое содержание спор. СПД, полученные на материке, отличаются более высоким суммарным содержанием пыльцы деревьев и кустарников, а также его значительными колебаниями на протяжении разрезов. В них представлена пыльца *Betula nana* L. Вклад трав небольшой, в основном, за счет *Сурегасеае* и *Роасеае*, причем на начальных этапах торфообразования. Субрецентные палиноспектры из прибрежной части Кольского полуострова тоже имеют более высокое содержанием пыльцы деревьев и кустарников, а также включают пыльцу *Betula nana* (Елина и др., 2002; Филимонова, 2014). В СПД с острова Большой Айнов (рис. 4) она отсутствовала, а остальные таксоны древесных растений были те же, что на материке. Низкое процентное содержание их пыльцы, не превышающее современные значения, и небольшой диапазон изменений на протяжении разреза свидетельствуют о том, что она, в основном, принесена с материка. Частично локальное происхождение могла иметь пыльца *Betula* sect. *Albae*, но, вероятнее всего, она заносная. В настоящее время на острове произрастает несколько берез высотой не более 2 м, находясь в угнетенном состоянии. Местное происхождение имеет пыльца *Salix*. Она, как правило, не переносится на дальние расстояния, в отложениях встречается в основном в небольшом количестве и интерпретируется как пыльца, поступившая из близко расположенных растительных сообществ (Филимонова, 2007, 2014). На острове Большой Айнов в настоящее время ивняки расположены во влажных депрессиях в 200 м от разреза.

Палиноспектры исследованного разреза (рис. 4) еще больше отличаются от поверхностных и фоссильных СПС арктических островов со слабо развитым растительным покровом. Для последних характерно низкое содержание палиноморф и значительное количество заносной, в основном, древесной пыльцы, что искажает отображение в СПС реально существующей на островах растительности и затрудняет ее реконструкцию (Куприянова, 1951; Калугина и др., 1979; Andreev et al., 1997, 2008; Сапелко и др., 2016; Анисимов, Москаленко, 2006). Количественный и таксономический состав пыльцы разнотравья

в них небольшой из-за его слабого развития и угнетенного цветения в условиях арктического климата. В разрезе с острова Большой Айнов, напротив, насыщенность отложений палиноморфами высокая, а доля дальнезаносной пыльцы небольшая. Это относится и к другим СПД прибрежных арктических островов, расположенных в зоне влияния теплого Северо-Атлантического течения. Растительный покров таких островов хорошо развит, доминирующую роль играют вороничники с большим или меньшим участием других видов (Kalliola, 1939; Бреслина, 1969, 1971; Парфентьева, 1969; Edvardsen et al., 1988; Kozhin et al., 2019). Так, в СПД вороничника из центральной части острова Тромсе (Норвегия, 70° N, 20° E) преобладала пыльца *Empetrum* (до 70%), значителен вклад *Роасеае* и *Polypodiaceae*, пыльцы древесных < 35% (Edvardsen et al., 1988). Идентифицирована также пыльца других травянистых растений, но содержание ее намного меньше, чем в СПД острова Большой Айнов. Наибольшее сходство полученная нами диаграмма имеет с СПД торфяников с островов Вешняк и Большой Липецкий, которые относятся к архипелагу Семь островов в Баренцевом море. Они покрыты почти сплошным слоем «сухого» торфа мощностью до 130 см. Растительный покров представлен в основном вороничными и воронично-морошковыми сообществами, в местах концентрации птиц – орнитогенными сообществами (Бреслина, 1969, 1987). Обе опубликованные СПД (Гунова, Лебедева, 1969) не датированы. Тип спектров тундровый, как и в СПД острова Большой Айнов, преобладает пыльца кустарничков и трав (50–90%). Содержание спор, в основном *Polypodiaceae*, невелико (2–14%). Содержание пыльцы деревьев и кустарников колеблется в пределах 5–36%. В торфе, отложившемся, по мнению Гуновой, Лебедевой (1969), в атлантическое время, преобладает пыльца трав прибрежно-скальных и орнитогенных сообществ (*Asteraceae*, *Cochlearia*, *Rumex*, *Роасеае*, *Caryophyllaceae*). В суббореале ее количество резко уменьшается, а пыльцы *Ericales* и *Rubus chamaemorus* – возрастает. В верхнем 10-см слое из разреза с острова Большой Липецкий, сформировавшемся в конце субатлантического периода, доля пыльцы трав вновь увеличивается (Гунова, Лебедева, 1969). В СПД острова Большой Айнов это изменение в составе пали-

носпектров проявилось значительно раньше (1800 кал.л.н., см. рис. 4). Имеются также другие отличия в ходе кривых пыльцы и спор, отражающие особенности динамики растительных сообществ на острове Большой Айнов.

Полученные результаты палеоботанических и радиоуглеродных исследований, а также сопоставление их с литературными данными из тундровой зоны Кольского полуострова и арктических островов свидетельствуют о том, что на острове Большой Айнов с суббореала до современности лесная растительность отсутствовала, а широкое распространение имели луговые и тундровые сообщества. Участие в их составе видов с высокой пыльцевой и споровой продуктивностью значительно снизило долю заносной пыльцы деревьев и кустарников в палиноспектрах. Ее содержание небольшое и не изменяется на протяжении разреза, а, следовательно, не влияет на ход кривых локальной пыльцы в СПД. В результате полученная СПД острова Большой Айнов (рис. 4) объективно отражает динамику растительности на самом острове.

Факторы, влияющие на формирование растительного покрова острова

Развитие растительности на острове Большой Айнов определяется северным положением территории, открытостью ее ветрам, приливно-отливной деятельностью моря, влиянием теплого течения, смягчающего климат. Особое значение имеет то, что ее формирование происходит по мере подъема острова, обусловленного гляциоизостатическим поднятием всей территории (Кошечкин, 1979).

Согласно полученным палеоботаническим данным (рис. 3, рис. 4), датировке торфа 3460 ± 80 л.н. / 3720 ± 110 кал.л.н. из нижней части разреза (табл. 1) во второй трети суббореала остров Большой Айнов уже существовал, растительный покров был хорошо развит, торфонакопление имело место. Образование острова Большой Айнов и его заселение растительностью произошло после трансгрессии Тапес, с которой связывают поднятие уровня морей в пределах Фенноскандии в среднем голоцене. Ее максимум был примерно 7500 кал.л.н. Затем отмечается регрессия моря (Кошечкин, 1979; Svendsen & Mangerud, 1987). В настоящее время максимальная абсолютная высота минеральной поверхности острова Большой Айнов

составляет около 20 м н.у.м. Линия моря на уровне этой отметки в районе исследований находилась примерно 5000 кал.л.н. (Corner et al., 1999; Толстобров и др., 2015). Согласно кривой относительного уровня моря по Corner et al. (1999) в интервале 5000–4000 кал.л.н. скорость снижения уровня моря составляла 5.8 мм/год, а затем уменьшилась до 3.5–3.6 мм/год. Торфяники на обращенных к морю склонах Айновых островов спускаются до 6 м н.у.м., не развиваясь ниже из-за воздействия морской воды. Высоты 6 м н.у.м. остров Большой Айнов достиг, по расчетам на основе Corner et al. (1999), 3960 кал.л.н., с чем согласуется полученная нами датировка 3720 ± 110 кал.л.н. и расчетный на ее основе возраст базального слоя торфа 3940 кал.л.н. Таким образом, развитие торфяника началось сразу по достижении островом достаточной для инициации этого процесса высоты, с задержкой чуть более 1000 лет относительно появления острова над водной поверхностью.

Еще один существенный фактор, который оказывает значительное влияние на формирование растительности острова Большой Айнов, — это обитание здесь большого количества птиц (Парфентьева, 1969; Татаринкова, 1967, 1975; Бреслина, 1987). К массовым видам относятся *Larus argentatus* (Pontoppidan, 1763), *L. marinus* (Linnaeus, 1758), *Somateria mollissima* (Linnaeus, 1758) и тупик (Татаринкова, 1975; Иваненко, 2013).

С момента образования острова Большой Айнов и до настоящего времени птицы участвуют в заселении этой территории новыми видами растений, влияют на формирование микрорельефа и почвообразование. Значительное поступление в почву продуктов их жизнедеятельности обогащает ее азотом, фосфором и другими элементами, что способствует более мощному развитию травянистой растительности и закислению почвы (Плещенко, 1992; Лебедева, 2007; Иванов, Авессаломова, 2012). Это создает условия для произрастания некоторых литоральных видов растений выше уровня прилива. В местах постоянного поступления помета птиц преобладающими становятся виды растений, требовательные к насыщенным азотом почвам (нитрофилы) или устойчивые к его избытку (сорные, или рудеральные, растения) (Бреслина, 1987). Они, а также растения, способные выносить кислую среду и механи-

ческое воздействие птиц, нашли на острове Большой Айнов широкое распространение.

Известно, что поселения птиц могут существовать длительное время, тысячелетиями оказывая влияние на экосистемы островов (Иванов, 2013; Kuzmicheva et al., 2019; Duda et al., 2020; Smyshlyaeva et al., 2021b). На острове Большой Айнов перья птиц встречены практически по всей толще торфяной залежи, а также в полостях между камней. В придонном слое торфа отмечены также животные остатки, связанные с деятельностью птиц. Это свидетельствует о том, что колонии птиц существуют здесь уже не менее 3940 календарных лет. Все это время они оказывают значительное влияние на растительность, что нашло отражение в полученной СПД и, прежде всего, в необычайно высоком содержании пыльцы трав, особенно представителей Asteraceae и *Rumex* (рис. 4). Этим СПД острова Большой Айнов существенно отличается от СПД торфяников, развивавшихся в близких географических условиях, но без орнитогенного влияния (Edvardsen et al., 1988), и сходна с двумя СПД, полученными на островах архипелага Семь островов, где есть колонии птиц (Гунова, Лебедева, 1969). Имеются также различия в составе торфообразователей сухих залежей под вороничниками. При отсутствии крупных колоний птиц придонный слой травянисто-кустарничкового торфа составляет 5–10 см и быстро сменяется кустарничковым (Кутенков и др., 2022). На острове Большой Айнов травы продолжают существовать в вороничном сообществе, о чем свидетельствует наличие их макроостатков на протяжении всего изученного разреза (рис. 3).

Согласно полученным и литературным (Парфентьева, 1969; Бреслина, 1987) данным, в настоящее время орнитогенная растительность представлена по периферии острова Большой Айнов среди приморских лугов, а дальше от берега встречается в местах скопления птиц. На открытых приморских скалах, удобряемых ими, растут *Cochlearia officinalis* L. s.l. и *Puccinellia coarctata* Fernald & Weath., по задернованным участкам – *Tripleurospermum hookeri* Sch. Bip, *Rumex acetosa* L. s.l., *Ligusticum scoticum* L., *Melandrium lapponicum* (Simmons) Kuzen., *Honckenya peploides* (L.) Ehrh., *Festuca rubra* L., *Rhodiola rosea* L. s.l. При умеренном воздействии птиц могут произрастать *Angelica archangelica* L.,

Anthriscus sylvestris (L.) Hoffm., *Chamaepericlymenum suecicum*, *Rubus chamaemorus*, *Chamaenerion angustifolium*, *Dryopteris expansa* и *Leymus arenarius* (L.) Hochst. При еще более слабом орнитогенном влиянии вдали от моря по всему вороничнику встречаются *Rumex acetosa*, *Melandrium lapponicum*. Сложности в интерпретации добавляет то, что некоторые виды (*Plantago maritima* L., *Potentilla egedii* Wormsk. ex Oeder, *Stellaria humifusa* Rottb., *Tripleurospermum hookeri*, *Atriplex* spp., *Rumex* spp.) произрастают изначально в прибрежной полосе, то есть, по сути, являются приморскими, однако, по мере отступления моря, сохраняются в орнитогенных сообществах, получая здесь активное развитие. С другой стороны, такие виды как *Angelica archangelica* и *Anthriscus sylvestris* могут образовывать вместе с *Leymus arenarius* высоко-травные растительные сообщества в верхней части приморских лугов.

Реконструкция истории развития растительности

Палеоботанические и радиоуглеродные данные, а также полученные и литературные (Парфентьева, 1969; Парфентьева, Бреслина, 1969; Бреслина, 1987; Kozhin et al., 2016) сведения о флористическом составе растительных сообществ на острове Большой Айнов с учетом указанных выше особенностей использованы нами для реконструкции истории развития его растительного покрова. Основой для получения актуалистической модели зарастания острова со времени его подъема над водной поверхностью до современности послужило то, что набор основных факторов, определяющих динамику растительности на острове, остается неизменным. Флористический состав пополнялся по мере подъема острова и появления новых местообитаний, которые есть и в настоящее время. Их занимает определенный набор видов, формируя растительные сообщества. По сравнению с материком здесь флористический состав меньше (Кожин и др., 2020), обильное распространение получило небольшое количество видов растений наиболее устойчивых к воздействию сильных ветров, морской воды и птиц. Многие семейства представлены только одним видом (например, *Dryopteris expansa*, *Empetrum nigrum* s.l., *Plantago maritima*) или родом (например, *Atriplex*, *Rumex*, *Triglochin*).

Все это позволило выполнить реконструкцию растительных сообществ с указанием их видового или таксономического (при большом разнообразии) состава. Далее в тексте при описании развития растительности после приведенного вида растения в скобках указано семейство, к которому он относится, что сделано для удобства сопоставления использованных флористических и палинологических данных (рис. 4).

Как ранее было отмечено, появление острова Большой Айнов над водной поверхностью произошло примерно 5000 кал.л.н. По мере его дальнейшего подъема и, как следствие, уменьшения воздействия морской воды на растения, а также снижения степени засоленности грунтов при удалении от моря на острове постепенно формируются приморские луга трех уровней: с доминированием облигатных галофитов, факультативных галофитов и гликофитной растительности с присутствием галофитов. Состав пыльцы и спор в базальной части разреза с верхнего плато острова содержит информацию об уже сложившемся здесь растительном покрове к началу формирования торфяных отложений, которое началось, исходя из расчетов, не позднее 3940 кал.л.н. Согласно полученным нами данным в это время и примерно до 3100 кал.л.н. на острове преобладали травяные сообщества. Идентифицированные по пыльце таксоны растений (рис. 4) наряду с гликофитами включают галофитные виды, которые широко представлены в настоящее время в прибрежной части острова. Именно галофиты могли формировать пионерные растительные сообщества на начальных этапах его образования. Их семена приносились морскими течениями, ветром и птицами с побережий материка или других островов. Первыми поселенцами, по-видимому, были облигатные галофиты, приспособленные к сильно засоленным грунтам и затоплению во время приливов. Среди них *Triglochin maritima* L. (Juncaginaceae), *Plantago maritima*, *Rumex* spp., *Stellaria humifusa* (Caryophyllaceae), некоторые виды *Carex* spp. (Cyperaceae) и Poaceae, в том числе *Puccinellia* spp. Они образовывали монодоминантные сообщества, давшие начало более сложным растительным группировкам. По мере подъема острова облигатные галофиты следовали за «отступающим» морем, формируя приморские луга нижнего уровня с

несомкнутым растительным покровом. В их верхней части под действием прибоя образовывались песчаные и песчано-каменистые гряды, на которых, как и в настоящее время, поселялись растения, способные выносить не только избыток солей, но и недостаток увлажнения. Среди них *Atriplex* spp. (Chenopodiaceae), *Mertensia maritima* (L.) Gray (Boraginaceae), *Honckenya peploides* (Caryophyllaceae), *Cochlearia officinalis* (Brassicaceae), *Potentilla egedii* (Rosaceae), *Leymus arenarius* (Poaceae).

На участках, заливаемых лишь в очень высокие приливы, сформировались приморские луга среднего уровня. Наиболее широкое распространение, вероятно, имели злаковые сообщества (в первую очередь из *Leymus arenarius*), несколько меньшее – Cyperaceae. Поскольку засоленность почв здесь была меньше, разнообразие трав увеличилось. Дополнились факультативные галофиты, появились толерантные к засолению грунтов и воды гликофиты из семейств Asteraceae, Apiaceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Cyperaceae, Poaceae, Polygonaceae, Primulaceae, Rosaceae и рода *Valeriana*.

На береговых террасах, которые уже не заливались морской водой, развивались приморские луга высокого уровня из растений-гликофитов, выдерживающих забрызгивание водой во время штормов. Широкое распространение, по-видимому, как и в настоящее время, здесь имели высокотравные сообщества с *Leymus arenarius*, *Poa pratensis* L. (Poaceae), *Angelica archangelica*, *Anthriscus sylvestris*, *Conioselinum tataricum* Hoffm. (Apiaceae), *Solidago lapponica* (With.) Tzvelev, *Tripleurospermum hookeri* (Asteraceae), *Trollius europaeus* L. (Ranunculaceae), *Valeriana sambucifolia* J.C. Микан с участием зеленых мхов (Bryales). По мере удаления от берега *Leymus arenarius* встречается реже. Между его разрушающимися кочками поселяются *Dryopteris expansa* (Polypodiaceae) и *Chamaenerion angustifolium* (Onagraceae). В увлажненных местах распространились злаково-осоковые сообщества с зелеными мхами. В них, как и в настоящее время, были обычны *Stellaria humifusa* и *Rhodiola rosea*. На наиболее удаленных участках лугов формировались травяно-кустарничково-моховые сообщества, в которые входили *Empetrum nigrum* s.l., *Vaccinium* spp. (Ericales), *Rubus chamaemorus*, а из мохообразных – *Dicranum* sp., *Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske, *Sciuro-hypnum reflexum* (Starke)

Ignatov & Huttunen (Kozhin et al., 2016). Иногда в них встречались виды *Salix*, образуя кустарниковый ярус, а также *Chamaepericlymenum suecicum*, *Trientalis europaea* L. (Primulaceae), *Rumex* spp., виды семейства Caryophyllaceae. Эти сообщества, переходные от приморских лугов к тундровым сообществам, представлены как в современном покрове острова Большой Айнов, так и в прибрежных частях Кольского полуострова. Характерным для них является образование торфяного горизонта мощностью 1 см и более (Лесков, 1936; Сергиенко, 2008; Кожин, 2011; Мосеев и др., 2021).

Именно такие «пограничные» сообщества приморских лугов верхнего уровня стали инициаторами торфонакопления на острове Большой Айнов, образовав слой торфа, состоящий из большого количества остатков трав (35–85%), а также *Chamaepericlymenum suecicum*, Ericales (в основном *Empetrum*) и *Rubus chamaemorus* (рис. 3: стадия 1). В палиноспектрах этого горизонта (рис. 4: палинозона PZ-1), сформировавшегося в суббореале до 3100 кал.л.н., преобладает пыльца трав (76–87%), присутствует пыльца вышеуказанных растений и *Salix*, а также споры Bryales. То, что здесь и на протяжении всей СПД представлены таксоны трав, включающие галофиты (например, Juncaginaceae, Boraginaceae) и гликофиты, толерантные к слабому засолению субстрата и брызгам морской воды, дает основание утверждать, что формирование торфа первоначально происходило в условиях верхней части приморских лугов, а в дальнейшем – вблизи них. Полученные данные спорово-пыльцевого анализа позволяют отнести неопределенные макроостатки травянистых растений, особенно в большом количестве представленные в нижней части разреза (рис. 3), к приморским гликофитным видам. Присутствие в придонных отложениях небольшого количества пыльцы Ericales, в том числе *Empetrum*, (рис. 4) свидетельствует о начале распространения видов указанных таксонов на острове. Значительное содержание здесь макроостатков кустарничков (рис. 3) можно объяснить более поздним проникновением их корней в нижележащие слои торфа и полости между камнями.

Существенное увеличение участия кустарничков в растительном покрове острова Большой Айнов, согласно палинологическим данным (рис. 4: палинозона PZ-2) и расчетам с использованием двух радиоуглеродных

датировок (табл. 1), произошло примерно 3100 кал.л.н. При этом в изученном разрезе зафиксировано резкое уменьшение вклада трав и увеличение роли *Empetrum*, *Chamaepericlymenum suecicum* и *Rubus chamaemorus* в торфообразовании (рис. 3: стадия 2). Это свидетельствует о том, что полоса приморских лугов уже переместилась с верхнего плато острова Большой Айнов, следуя за отступающим морем, и здесь начал формироваться сухой вороничник. В субатлантическом периоде происходит его разрастание. Преобладание пыльцы Ericales, главным образом, *Empetrum* (рис. 4: палинозона PZ-3), зафиксировано в интервале 2460–1800 кал.л.н. Кустарнички становятся основными торфообразователями. Вместе с *Chamaepericlymenum suecicum* и *Rubus chamaemorus* они сформировали тундроподобные сообщества с участием *Dicranum* (рис. 4). Наибольшее распространение имела *Empetrum nigrum* s.l., которая образовывала вороничники, как чистые, так и в сочетании с другими видами. Интенсивный рост растений в условиях мягкого морского климата и повышенной влажности, а также неполное их разложение способствовали накоплению растительных остатков и формированию сухих торфяников на выпуклых поверхностях острова Большой Айнов. Подобные тундроподобные вороничники на торфе являются азональной растительностью и характерны для островов Баренцева (Бреслина, 1969; Парфентьева, 1969; Edvardsen et al., 1988) и Белого (Бреслина, 1987; Головина, Баранова, 2006; Kutenkov et al., 2018; Kozhin et al., 2019; Кутенков и др., 2022) морей.

На острове Большой Айнов травы в вороничных сообществах благодаря орнитогенному влиянию сохраняются и находят широкое распространение, что подтверждает состав макроостатков (рис. 3). В слое торфа, отложившемся примерно 1800–1150 кал.л.н., их доля увеличивается. В этот же интервал времени содержание пыльцы трав в палиноспектрах резко возрастает, а кустарничков – снижается (рис. 4: субпалинозона PZ-4a), что могло быть связано с увеличением численности птиц.

В последние 1150 лет участие трав в формировании отложений на верхнем плато острова Большой Айнов уменьшается, и накапливается слой кустарничкового торфа. Значительное содержание в нем остатков

Dicranum elongatum имеет случайный характер, так как вид не характерен для вороничников Айновых островов, но отмечен здесь в естественных трещинах на поверхности торфяника, а также в военных траншеях и воронках от взрывов у маяка (Kozhin et al., 2016) вблизи места отбора торфа.

Dryopteris expansa, первоначально встречавшийся на приморских лугах высокого уровня, в дальнейшем, при развитии вороничных торфяников, распространился и на них. Значительное увеличение доли спор Polypodiaceae в СПС, сформировавшихся 3100–2460 кал.л.н. (рис 4: палинозона PZ-2), и последующий их существенный вклад в СПД обусловлены поселением папоротника в месте отбора разреза, что подтверждается присутствием его макроостатков с этого времени на протяжении всего разреза (рис. 3). В верхнем, 10-см, слое торфа наблюдается резкое увеличение количества его спор (рис. 4: палинозона PZ-5), что отражает значительное распространение *Dryopteris expansa* близ места отбора разреза и в целом на острове Большой Айнов. В настоящее время 25–30% площади тундроподобных сообществ приходится на долю сообществ *Dryopteris expansa*, что является специфической особенностью Айновых островов и обусловлено, вероятно, орнитогенной эвтрофикацией почв, современным потеплением и повышением влажности климата в районе исследований. Парфентьева (1969) предлагает называть такую растительность «папоротниково-воронично-морошковой тундрой». Папоротниковые заросли часто засорены орнитофильными видами растений, поскольку используются как убежища птенцами чаек (Бреслина, 1987).

Настоящие гидроморфные болотные сообщества на острове Большой Айнов занимают ложбины на высоте ниже 12 м н.у.м., полностью вышедшие из-под воздействия морских вод значительно позже центрального слабовыпуклого плато. В полученной СПД болотная растительность находит отражение: периодически встречаются споры *Sphagnum*, *Equisetum*, и, отчасти, пыльца Cyperaceae. Виды Cyperaceae в настоящее время, в основном, представлены на болотах, но также и в приморской полосе. В СПД максимальный вклад Cyperaceae наблюдается в нижней части разреза (рис. 3: палинозона PZ 1) и обусловлен близостью моря. В дальнейшем, по

мере отступления последнего и распространения кустарничковых сообществ, он снижается (палинозоны PZ-2 и PZ-3). Затем со времени 1800 кал.л.н. содержание пыльцы Cyperaceae, а также спор *Equisetum* и Bryales увеличивается (палинозоны PZ-4 и PZ-5), что мы связываем с началом развития болот.

Помимо тундроподобных вороничников, приморской, высокотравной, болотной и орнитогенной растительности в южной части острова Большой Айнов более 100 лет назад были представлены злаково-разнотравные луга. Они имели вторичное происхождение и образовались в результате регулярного сенокосения, проводившегося в течение многих лет (Пинегин, 1909). Даже после перехода Айновых островов в статус заповедной территории в 1947 г. и прекращения сенокосения эти луга еще некоторое время сохранялись. Здесь произрастали, например, *Poa pratensis* L. (Poaceae), *Alchemilla murbeckiana* Buser (Rosaceae), *Dianthus superbus* L. (Caryophyllaceae), *Trollius europeus*, *Ranunculus* spp. (Ranunculaceae), *Solidago lapponica* (Asteraceae), *Veronica longifolia* L. (Scrophulariaceae), *Vicia cracca* L. (Fabaceae), *Geranium silvaticum* L., *Valeriana sambucifolia* (Парфентьева, 1969). Постепенно бывшие сенокосные луга заменились крупнотравными сообществами с *Anthriscus sylvestris* и *Angelica archangelica*. Однако в полученной СПД (рис. 4) не наблюдается каких-либо значительных изменений спектров, которые могли быть связаны с антропогенным и постантропогенным изменением растительности. Пыльца почти всех таксонов, к которым относятся вышеуказанные виды растений, встречается по всему разрезу и ее не становится больше в его верхней части. Это же относится к пыльце сорняков и растений нарушенных местообитаний (*Atriplex* spp., *Rumex* spp., *Plantago*), присутствие которой в данном случае скорее отражает наличие приморской и орнитогенной растительности. Таким образом, возможный отклик палиноспектров на антропогенное влияние полностью нивелируется постоянным значительно более мощным орнитогенным воздействием и поступлением пыльцы с приморских лугов.

Отражение колебаний численности птиц в палиноспектрах

Согласно данным основными источниками пыльцы трав в СПД острова Большой Ай-

нов были Asteraceae и *Rumex* (рис. 4). В настоящее время виды этих таксонов входят в состав как приморской, так и орнитогенной растительности. В нижней части исследованного разреза содержание их пыльцы, особенно Asteraceae, очень высокое (палинозона PZ-1). Затем в интервале 3100–1800 кал.л.н. оно резко снижается, а содержание пыльцы *Empetrum* возрастает (палинозоны PZ-2 и PZ-3), что является отражением формирования на верхнем плато острова Большой Айнов вороничника с участием *Dryopteris expansa*, *Chamaepericlymenum suecicum* и *Rubus chamaemorus*, а также последующего его разрастания.

Со времени 1800 кал.л.н. количество пыльцы трав в отложениях снова увеличивается (рис. 4: палинозона PZ-4). Отчетливо видно, что в нижней половине СПД изменения содержания пыльцы указанных таксонов трав синхронны, а выше – их динамика асинхронна. При этом пики чередуются, причем в их максимумы доля пыльцы Asteraceae примерно одинаковая, а доля пыльцы *Rumex* – значительно больше, чем наблюдалась ранее.

Мы предполагаем, что, по крайней мере, в верхней половине СПД (палинозона PZ-4 и палинозона PZ-5) основная масса пыльцы Asteraceae принадлежит *Tripleurospermum hookeri*, виду, который достигает наилучшего развития и формирует аспектирующие заросли в местах действующих колоний птиц. В то же время виды *Rumex* (*R. acetosa* и *R. acetosella*) особенно обильны в зарастающих колониях тупиков, а также встречаются как сорные везде, в особенности по нарушенному торфу (Бреслина, 1969, 1987; Парфентьева, 1969; Парфентьева, Бреслина 1969). Пикам *Rumex* в СПД соответствуют пики *Chamaepericlymenum suecicum*, вида, который обильно разрастается на оторфованных, восстанавливающихся после нарушений участках. В свою очередь, фрагменты перьев птиц чаще всего встречались в слоях торфа с высоким содержанием пыльцы Asteraceae. Из этого следует, что сменяющееся преобладание пыльцы Asteraceae и *Rumex* в СПД может косвенно отражать возрастание и снижение орнитогенного прессинга на экосистемы острова Большой Айнов, включая торфяники, и свидетельствовать о динамике популяций птиц. Увеличение количества спор Polypodiaceae может отражать обильное распространение папоротников в результате

орнитогенной эвтрофикации почвы, но уже при ослаблении так называемого «механического» воздействия птиц, то есть на начальной стадии снижения их численности.

Значительное увеличение количества пыльцы Asteraceae (рис. 4: субпалинозона PZ-4a) со времени 1800 кал.л.н., когда в центре острова Большой Айнов уже сформировался обширный вороничник, по нашему мнению, свидетельствует о резком увеличении численности птиц за счет распространения тупиков, роющих норы и ходы в торфе. Оно соответствует климатическому минимуму раннего Средневековья с наибольшим снижением температур 1600–1200 кал.л.н. (Wanner et al., 2011; Арсланов и др., 2022). Затем в Средневековый климатический оптимум (1100–800 кал.л.н.) количество птиц сократилось. Это нашло отражение в СПД в виде пиков Polypodiaceae (субпалинозона PZ-4a: СПС слоя 55–50 см) и *Rumex* (субпалинозона PZ-4b), а также в уменьшении вклада Asteraceae. Содержание последнего таксона вновь увеличилось в субпалинозоне PZ-4c, формирование которой произошло в Малый ледниковый период (700–250 кал.л.н.) и свидетельствует об увеличении численности птиц. Современное глобальное потепление климата, начавшееся во второй половине XX в. (Masson-Delmotte et al., 2023), и снижение численности тупиков (Пинегин, 1909; Герасимова, 1958; Иваненко, 2013) также нашли отражение в СПД острова Большой Айнов. Отмечено резкое снижение кривой пыльцы Asteraceae и пик *Rumex* (субпалинозона PZ-4d), а затем высокое содержание спор Polypodiaceae (палинозона PZ-5), что свидетельствует о зарастании покинутых колоний. В настоящее время *Tripleurospermum hookeri* встречается заметно реже, чем 100 лет назад (Emeis, 1929), продолжается активное восстановление вороничника, отмеченное еще Бреслиной (1987). Как следствие, содержание пыльцы кустарничков и трав в верхней части разреза (рис. 4: палинозона PZ-5) впервые за последние 1800 лет стало примерно одинаковым. Полученные данные могут свидетельствовать о том, что колебания численности птиц, проявившиеся в чередовании пиков пыльцы Asteraceae и *Rumex* в СПД, обусловлены изменениями климата и температуры воды. Последнее определяет динамику кормовой базы птиц: во время климатических оптимумов рыба уходит в более холодные

арктические воды, а в периоды похолоданий возвращается обратно.

Продолжающееся современное глобальное потепление и, как следствие, сокращение численности тупиков будет способствовать дальнейшему восстановлению вороничника. При этом содержание пыльцы *Empetrum* в палиноспектрах может увеличиться до значительных, отмеченных в палинозоне PZ-3, сформировавшейся, в основном, в Римский климатический оптимум, который, согласно Wanner et al. (2011) был 2300–1900 кал.л.н. с максимумом 2000 кал.л.н. (Арсланов и др., 2022).

Заключение

В результате проведенных исследований на острове Большой Айнов впервые для островов Баренцева моря, находящихся под воздействием орнитогенного прессинга, получены датированные диаграммы спорово-пыльцевого и ботанического состава торфа, лежащего под вороничником. Они существенно отличаются от авторских и литературных палеоботанических данных, имеющих для других арктических островов и Кольского полуострова. Полученная СПД благодаря низкой доле заносной пыльцы не искажена и объективно отражает динамику растительности на самом острове Большой Айнов.

Реконструкция истории развития растительного покрова выполнена со времени образования острова Большой Айнов примерно 5000 кал.л.н. до современности: от разреженных сообществ облигатных галофитов и формирования трехуровневых приморских лугов к тундроподобным вороничникам на выпуклых формах рельефа и к травяно-моховым болотам в депрессиях. Специфичным является распространение орнитогенной растительности и зарослей *Dryopteris expansa*, что нашло отражение в СПД.

Установлено, что торфонакопление началось не позднее 3940 кал.л.н. в «пограничных» сообществах верхней части приморских лугов, которые наряду с травами включали кустарнички (в основном *Empetrum*), *Rubus chamaemorus* и *Chamaepericlymenum suecicum*. Примерно 3100 кал.л.н. полоса приморских лугов переместилась с верхнего плато острова Большой Айнов, следуя за отступающим морем, а на ее месте началось формирование вороничника и накопление травяно-кустарничкового, а затем кустарничкового

торфа. Разрастание вороничника привело к тому, что в настоящее время остров Большой Айнов, за исключением береговой зоны, полностью покрыт слоем торфа, глубина которого на верхнем плато достигает 120–132 см. Средний вертикальный его прирост составляет 0.34 мм/год.

На формирование растительного покрова острова Большой Айнов значительное влияние оказали морские птицы. Так, резкая смена в СПД доминирования кустарничков на орнитогенные виды трав 1800 кал.л.н. свидетельствует о развитии на острове Большой Айнов крупной колонии тупиков. В дальнейшем чередование пиков пыльцы *Asteraceae* и *Rumex* косвенно отражает возрастание и снижение орнитогенного прессинга на экосистемы острова Большой Айнов, свидетельствуя о колебаниях численности популяций птиц. В последние 100–200 лет здесь зафиксировано снижение воздействия птиц, выражающееся в зарастании покинутых колоний тупиков, восстановлении вороничника и сокращении площади, занятой орнитогенной растительностью.

Палеогеогеографические исследования проведены на Айновых островах впервые, их результаты представляют значительный интерес. Для получения дополнительной информации по динамике растительности и численности колониальных птиц видится перспективным получение СПД торфяника на острове Малый Айнов, проведение AMS-датирования, а также анализ отложений с использованием других маркеров, в том числе изотопа азота.

Благодарности

Авторы выражают благодарность сотрудникам ФГБУ «Кандалакшский государственный природный заповедник» (Россия) за предоставленную возможность проведения исследований, Е.О. Головиной (Ботанический институт РАН, Россия), участвовавшей в полевых работах, Н.В. Стойкиной (Институт биологии КарНЦ РАН, Россия), выполнившей ботанический анализ торфа. Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания Института биологии КарНЦ РАН (FMEN-2022-0008).

Литература

Анисимов М.А., Москаленко И.Г. 2006. Условия формирования рецентных и субрецентных спорово-

- пыльцевых спектров на о-ве Беннетта (Новосибирские острова) // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. Вып. 1. С. 130–138.
- Арсланов Х.А., Дергачев В.А., Максимов Ф.Е., Кудрявцев И.В. 2022. Хронология короткопериодных вариаций климата в голоцене на Северо-Западе России и корреляция с вариациями солнечной активности // Ученые записки Казанского университета. Сер. Естественные науки. Т. 164(1). С. 135–165. DOI: 10.26907/2542-064X.2022.1.135-165
- Бреслина И.П. 1969. Флора и растительность Семи островов и прилегающего побережья Восточного Мурмана // Труды Канда拉克шского государственного заповедника. Вып. 7. С. 259–382.
- Бреслина И.П. 1971. Приморские вороничники – особые тундрообразные экстразональные образования // Природа и хозяйство Севера. Апатиты. Вып. 3. С. 89–91.
- Бреслина И.П. 1987. Растения и водоплавающие птицы морских островов Кольской субарктики. Л.: Наука. 200 с.
- Герасимова Т.Д. 1958. К орнитофауне Айновых островов // Труды Канда拉克шского государственного заповедника. Вып. 1. С. 37–50.
- Головина Е.О., Баранова Е.В. 2006. Флора островов Керетского архипелага Белого моря. СПб.: Издательство Санкт-Петербургского университета. 154 с.
- Гунова В.С., Лебедева Р.М. 1969. История развития растительности на островах Б. Лицком и Вешняк (Восточный Мурман) по данным спорово-пыльцевого анализа // Труды Канда拉克шского государственного заповедника. Вып. 7. С. 383–389.
- Елина Г.А., Филимонова Л.В. 2000. Динамика растительности северо-запада Кольского полуострова в голоцене // Ботанический журнал. Т. 85(9). С. 34–55.
- Елина Г.А., Филимонова Л.В., Лаврова Н.Б. 2002. Палинологические исследования тундровой зоны Кольского полуострова: новые методические подходы // Ботанический журнал. Т. 87(1). С. 3–27.
- Иваненко Н.Ю. 2013. Изменение орнитофауны острова Большой Айнов (Баренцево море, Варангер-фьорд) // Русский орнитологический журнал. Т. 22(931). С. 2898–2899.
- Иванов А.Н. 2013. Орнитогенные геосистемы островов Северной Пацифики. М.: Научный мир. 227 с.
- Иванов А.Н., Авессаломова И.А. 2012. Орнитогенные геосистемы – геохимические феномены биосферы // Биосфера. Т. 4(4). С. 385–396.
- Калугина Л.В., Малаховский Д.Б., Макеев В.М., Сафронова И.Н. 1979. Некоторые результаты палинологических исследований на архипелаге Северная Земля в связи с вопросом о переносе пыли и спор в высокоширотной Арктике // Известия Всесоюзного географического общества. №4. С. 330–334.
- Карпович В.Н. 1988. Канда拉克шский заповедник // Заповедники европейской части РСФСР. Ч. 1. М.: Мысль. С. 20–61.
- Кац Н.Я., Кац С.В., Скобеева Е.И. 1977. Атлас растительных остатков в торфах. М.: Недра. 376 с.
- Кожин М.Н. 2011. Классификация флор малых островов Канда拉克шского залива Белого моря // Ботанический журнал. Т. 96(8). С. 1091–1108.
- Кожин М.Н., Королева Н.Е., Кравченко А.В., Попова К.Б., Разумовская А.В. 2020. История и основные итоги изучения флоры сосудистых растений и растительности Зеленого пояса Фенноскандии в пределах Мурманской области // Труды КарНЦ РАН. №8. С. 26–45. DOI: 10.17076/bg1084
- Короткина М.Я. 1939. Ботанический анализ торфа // Методы исследования торфяных болот. Ч. 2. Лабораторные и камеральные работы. М.: Труды ЦТОС. Т. 6(2). С. 5–60.
- Кошечкин Б.И. 1979. Голоценовая тектоника восточной части Балтийского щита. Л.: Наука. 160 с.
- Куприянова Л.А. 1951. Исследования пыли и спор с поверхности почвы из высокоширотных районов Арктики // Ботанический журнал. №3. С. 258–269.
- Кутенков С.А. 2013. Компьютерная программа для построения стратиграфических диаграмм состава торфа «Corpi» // Труды КарНЦ РАН. №6. С. 171–176.
- Кутенков С.А., Кожин М.Н., Головина Е.О. 2022. Сухие покровные торфяники островов Канда拉克шского залива Белого моря // Известия РАН. Серия географическая. Т. 86(6). С. 946–957. DOI: 10.31857/S2587556622060073
- Лебедева Н.В. 2007. Роль морских птиц в формировании флоры и фауны островов Арктики // Методы и теоретические аспекты исследования морских птиц. Ростов-на-Дону. С. 153–170.
- Лесков А.И. 1936. Геоботанический очерк приморских лугов Малоземельского побережья Баренцева моря // Ботанический журнал. Т. 21(1). С. 96–116.
- Минкина Ц.И., Варлыгин П.Д. 1939. Определение степени разложения торфа // Методы исследования торфяных болот. Ч. 1. М.: Труды ЦТОС. С. 115–138.
- Мосеев Д.С., Сергиенко Л.А., Парина Т.А., Волков А.Г. 2021. Галофитная растительность южного побережья Печорской губы // Ботанический журнал. Т. 106(11). С. 1050–1065. DOI: 10.31857/S0006813621110053
- Парфентьева Н.С. 1969. Растительность Айновых островов // Труды Канда拉克шского государственного заповедника. Вып. 7. С. 413–424.
- Парфентьева Н.С., Бреслина И.П. 1969. Флора Айновых островов // Труды Канда拉克шского государственного заповедника. Вып. 7. С. 390–412.
- Пинегин Н.В. 1909. Айновы острова: Из путевых воспоминаний о Севере // Известия Архангельского общества изучения Русского севера. №13. С. 61–74.
- Плещенко С.В. 1992. Некоторые особенности почвообразования в местах массовых поселений морских колониальных птиц на острове Талан // Прибрежные экосистемы Северного Охотоморья: Остров Талан. Магадан: Издательство ИБПС ДВО РАН. С. 109–115.

- Сапелко Т.В., Анисимов М.А., Носевич Е.С. 2016. Палинологические реконструкции разрезов среднего и позднего голоцена побережья Баренцева моря // Проблемы Арктики и Антарктики. №1. С. 96–110.
- Сапелко Т.В., Носевич Е.С., Кулькова М.А., Мурашкин А.И., Колпаков Е.М. 2018. Палеоэкологическая характеристика побережья Баренцева моря в позднем голоцене на примере полуострова Средний // Проблемы Арктики и Антарктики. Т. 64(4). С. 391–406. DOI: 10.20758/0555-2648-2018-64-4-391-406
- Сафронова И.Н., Юрковская Т.К., Микляева И.М., Огуреева Г.Н. 1999. Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий. Масштаб 1:8 000 000. Пояснительный текст и легенда к карте. М.: МГУ. 64 с.
- Сергиенко Л.А. 2008. Флора и растительность побережий Российской Арктики и сопредельных территорий. Петрозаводск: ПетрГУ. 225 с.
- Скокова Н.Н. 1962. Тупик на Айновых островах // Орнитология. Вып. 5. С. 7–12.
- Татаринкова И.П. 1967. О влиянии птиц на растительность острова Большого Айнова (Западный Мурман) // Структура и функционально-биогеоценотическая роль животного населения суши. М.: МОИП. С. 111–112.
- Татаринкова И.П. 1975. Количественная характеристика экскреторной деятельности крупных чаек и влияние ее на растительность // Роль животных в функционировании экосистем. М.: Наука. С. 107–110.
- Татаринкова И.П. 2011. О некоторых факторах, определяющих размещение гнезд гаги *Somateria mollissima* по станциям на Айновых островах // Русский орнитологический журнал. Т. 20(678). С. 1558–1561.
- Толстобров Д.С., Толстоброва А.Н., Колька В.В., Корсакова О.П. 2015. Постледниковое поднятие земной коры в северо-западной части Кольского региона // Вестник МГТУ. Т. 18(2). С. 295–306.
- Филимонова Л.В. 2007. Отражение состава современной растительности в палиноспектрах средней тайги Карелии // Биоразнообразии, охрана и рациональное использование растительных ресурсов Севера. Ч. 1. Архангельск. С. 278–282.
- Филимонова Л.В. 2014. Поверхностные спорово-пыльцевые спектры из тундровой зоны Кольского полуострова // Методы палеоэкологических исследований. Москва. С. 90–91.
- Andreev A.A., Lubinski D.J., Bobrov A.A., Ingolfsson O., Forman S.L., Tarasov P.E., Moller P. 2008. Early Holocene environments on October Revolution Island, Severnaya Zemlya, Arctic Russia // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Vol. 267(1–2). P. 21–30. DOI: 10.1016/j.palaeo.2008.05.002
- Andreev A.A., Nikolaev V.I., Bolshiyarov D.Yu., Petrov V.N. 1997. Pollen and isotope investigations of an ice core from Vavilov Ice Cap, October Revolution Island, Severnaya Zemlya Archipelago, Russia // *Géographie physique et Quaternaire*. Vol. 51(3). P. 379–389.
- Berglund B.E., Ralska-Jasiewiczowa M. 1986. Pollen analysis and pollen diagrams // *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*. Chichester: Wiley. P. 455–484.
- Corner G.D., Yevzerov V.Y., Kolka V.V., Møller J.J. 1999. Isolation basin stratigraphy and Holocene relative sea-level change at the Norwegian–Russian border north of Nikel, northwest Russia // *Boreas*. Vol. 28(1). P. 146–166. DOI: 10.1111/j.1502-3885.1999.tb00211.x
- Duda M.P., Glew J.R., Michelutti N., Robertson G.J., Montevicchi W.A., Kissinger J.A., Eickmeyer D.C., Blais J.M., Smol J.P. 2020. Long-Term Changes in Terrestrial Vegetation Linked to Shifts in a Colonial Seabird Population // *Ecosystems*. Vol. 23(8). P. 1643–1656. DOI: 10.1007/s10021-020-00494-8
- Edvardsen H., Elvebakk A., Øvstedal D.O., Prøsch-Danielsen L., Schwenke J.T., Sveistrup T. 1988. A Peat-Producing Empetrum Heath in Coastal North Norway // *Arctic and Alpine Research*. Vol. 20(3). P. 299–309. DOI: 10.2307/1551262
- Elina G.A., Lukashov A.D., Yurkovskaya T.K. 2010. Late glacial and holocene palaeovegetation and palaeogeography of Eastern Fennoscandia. Vol. 4. Helsinki: Finnish Environment Institute. 304 p.
- Emeis W. 1929. Ein Besuch der Vogelinsel Heinäsaaret an der finnischen Eismeerküste // *Journal für Ornithologie*. Vol. 77(2). P. 229–242. DOI: 10.1007/BF01917254
- Grimm E.C. 2004. TGView Version 2.0.2 (Software). Springfield: Illinois State Museum, Research and Collections Center.
- Kalliola R. 1939. Pflanzensoziologische Untersuchungen in der alpinenstufe Finnisch-Lapplands // *Annales Botanici Societatis Zoologicae-Botanicæ Fennicae ‘Vanamo’*. Vol. 13. P. 1–328.
- Kozhin M.N., Belkina O.A., Likhachev A.Yu., Ignatova E.A. 2016. Moss flora of the Ainov Islands, Barents Sea // *Arctoa*. Vol. 25. P. 408–419. DOI: 10.15298/arctoa.25.33
- Kozhin M.N., Golovina E.O., Kopeina E.I., Kutenkov S.A., Sennikov A.N. 2019. The flora and vegetation of Sosnovets Island, the White Sea // *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica*. Vol. 95. P. 1–35.
- Kremenetski C.V., Vashchalova T., Goriachkin S., Cherkinsky A.E., Sulerzhitsky L.D. 1997. Holocene pollen stratigraphy and bog development in the western part of the Kola Peninsula, Russia // *Boreas*. Vol. 26(2). P. 91–102. DOI: 10.1111/j.1502-3885.1997.tb00656.x
- Kutenkov S.A., Kozhin M.N., Golovina E.O., Kopeina E.I., Stoikina N.V. 2018. Polygonal patterned peatlands of the White Sea islands // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 138(1). DOI: 10.1088/1755-1315/138/1/012010
- Kuzmicheva E.A., Smyshlyaeva O.I., Vasyukov D.D., Khasanov B.F., Krylovich O.A., Okuno M., West D.L., Hatfield V.L., Savinetsky A.B. 2019. A 7300-yr-old environmental history of seabird, human, and volcano impacts on Carlisle Island (the Islands of Four Mountains, eastern

- Aleutians, Alaska) // Quaternary Research. Vol. 91(3). P. 934–952. DOI: 10.1017/qua.2018.114
- Masson-Delmotte V., Zhai P., Pirani A., Connors S.L., Péan C., Berger S., Caud N., Chen Y., Goldfarb L., Gomis M.I., Huang M., Leitzell K., Lonnoy E., Matthews J.B.R., Maycock T.K., Waterfield T., Yelekçi O., Yu R., Zhou B. (Eds.). 2023. IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge – New York: Cambridge University Press. 2391 p. DOI: 10.1017/9781009157896
- Moore P.D., Webb J.A., Collinson M.E. 1991. Pollen analysis (Second edition). Oxford: Blackwell Scientific Publications. 216 p.
- Reille M. 1992. Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Marseille. 520 p.
- Reille M. 1995. Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Supplement 1. Marseille. 327 p.
- Reille M. 1998. Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Supplement 2. Marseille. 521 p.
- Reimer P.J., Austin W.E.N., Bard E., Bayliss A., Blackwell P.G., Bronk Ramsey C., Butzin M., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Hajdas I., Heaton T.J., Hogg A.G., Hughen K.A., Kromer B., Manning S.W., Muscheler R., Palmer J.G., Pearson C., van der Plicht J., Reimer R.W., Richards D.A., Scott E.M., Southon J.R., Turney C.S.M., Wacker L., Adolphi F., Büntgen U. et al. 2020. The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kBP) // Radiocarbon. Vol. 62(4). P. 725–757. DOI: 10.1017/RDC.2020.41
- Smyshlyaeva O.I., Severova E.E., Khasanov B.F., Krylovich O.A., Kuzmicheva E.A., Savinetsky A.B. 2021a. The Near Islands (the Aleutian Arc): History of Vegetation in the Holocene // Biology Bulletin. Vol. 48(4). P. 440–449. DOI: 10.1134/S1062359021040130
- Smyshlyaeva O.I., Severova E.E., Krylovich O.A., Kuzmicheva E.A., Savinetsky A.B., West D.L., Hatfield V.L. 2021b. Ornithogenic vegetation: How significant has the seabird influence been on the Aleutian Island vegetation during the Holocene? // Ecology and Evolution. Vol. 11(20). P. 14088–14100. DOI: 10.1002/ece3.8121
- Svendsen J.I., Mangerud J. 1987. Late Weichselian and Holocene sea-level history for a cross-section of western Norway // Journal of Quaternary Science. Vol. 2(2). P. 113–132. DOI: 10.1002/jqs.3390020205
- Wang J., Wang Y., Wang X., Sun L. 2007. Penguins and vegetations on Ardley Island, Antarctica: evolution in the past 2,400 years // Polar Biology. Vol. 30(11). P. 1475–1481. DOI: 10.1007/s00300-007-0308-9
- Wanner H., Solomina O., Grosjean M., Ritz S.P., Jetel M. 2011. Structure and origin of Holocene cold events // Quaternary Science Reviews. Vol. 30(21–22). P. 3109–3123. DOI: 10.1016/j.quascirev.2011.07.010
- ## References
- Andreev A.A., Lubinski D.J., Bobrov A.A., Ingolfsson O., Forman S.L., Tarasov P.E., Møller P. 2008. Early Holocene environments on October Revolution Island, Severnaya Zemlya, Arctic Russia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 267(1–2): 21–30. DOI: 10.1016/j.palaeo.2008.05.002
- Andreev A.A., Nikolaev V.I., Bolshiyakov D.Yu., Petrov V.N. 1997. Pollen and isotope investigations of an ice core from Vavilov Ice Cap, October Revolution Island, Severnaya Zemlya Archipelago, Russia. *Géographie physique et Quaternaire* 51(3): 379–389.
- Anisimov M.A., Moskalenko I.G. 2006. The formation conditions of receptive and subreceptive palynological spectras on the Bennette Island (New Siberian Archipelago). *Vestnik of Saint-Petersburg University. Earth Sciences* 1: 130–138. [In Russian]
- Arslanov Kh.A., Dergachev V.A., Maksimov F.E., Kudryavtsev J.V. 2022. Chronology of the short-term climate change during the Holocene in Northwestern Russia and its correlation with the solar activity variations. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki* 164(1): 135–165. DOI: 10.26907/2542-064X.2022.1.135-165 [In Russian]
- Berglund B.E., Ralska-Jasiewiczowa M. 1986. Pollen analysis and pollen diagrams. In: B.E. Berglund (Ed.): *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*. Chichester: Wiley. P. 455–484.
- Breslina I.P. 1969. The flora and vegetation of the Sem' Ostrovov and the adjacent coast of Eastern Murman. *Proceedings of the Kandalaksha State Nature Reserve* 7: 259–382. [In Russian]
- Breslina I.P. 1971. Coastal crowberry heaths – specific extra-zonal tundra-like communities. *Nature and economy of the North* 3: 89–91. [In Russian]
- Breslina I.P. 1987. *Plants and waterfowl of marine islands of the Kola Subarctic*. Leningrad: Nauka. 200 p. [In Russian]
- Corner G.D., Yevzerov V.Y., Kolka V.V., Møller J.J. 1999. Isolation basin stratigraphy and Holocene relative sea-level change at the Norwegian–Russian border north of Nikel, northwest Russia. *Boreas* 28(1): 146–166. DOI: 10.1111/j.1502-3885.1999.tb00211.x
- Duda M.P., Glew J.R., Michelutti N., Robertson G.J., Montevecchi W.A., Kissinger J.A., Eickmeyer D.C., Blais J.M., Smol J.P. 2020. Long-Term Changes in Terrestrial Vegetation Linked to Shifts in a Colonial Seabird Population. *Ecosystems* 23(8): 1643–1656. DOI: 10.1007/s10021-020-00494-8
- Edvardsen H., Elvebakk A., Øvstedal D.O., Prøsch-Danielsen L., Schwenke J.T., Sveistrup T. 1988. A Peat-Producing Empetrum Heath in Coastal North Norway. *Arctic and Alpine Research* 20(3): 299–309. DOI: 10.2307/1551262
- Elina G.A., Filimonova L.V. 2000. Dynamics of vegetation in north-west of Kola Peninsula in Holocene. *Botanicheskii Zhurnal* 85(9): 34–55. [In Russian]

- Elina G.A., Filimonova L.V., Lavrova N.B. 2002. Palynological investigations of the tundra zone of Kola peninsula: new methodical approaches. *Botanicheskii Zhurnal* 87(1): 3–27. [In Russian]
- Elina G.A., Lukashov A.D., Yurkovskaya T.K. 2010. *Late glacial and holocene palaeovegetation and palaeogeography of Eastern Fennoscandia*. Vol. 4. Helsinki: Finnish Environment Institute. 304 p.
- Emeis W. 1929. Ein Besuch der Vogelinsel Heinäsaaret an der finnischen Eismeerküste. *Journal für Ornithologie* 77(2): 229–242. DOI: 10.1007/BF01917254
- Filimonova L.V. 2007. Reflection of the modern vegetation composition in the Karelia middle taiga palinospectra. *Biodiversity, protection and rational use of plant resources of the North*. Part 1. Arkhangelsk. P 278–282. [In Russian]
- Filimonova L.V. 2014. Surface spore-pollen spectra from tundra zone of Kola peninsula. In: *Methods of paleoecological research*. Moscow. P. 90–91. [In Russian]
- Gerasimova T.D. 1958. To avifauna of the Ainov Islands. *Proceedings of the Kandalaksha State Nature Reserve* 1: 37–50. [In Russian]
- Golovina E.O., Baranova E.V. 2006. *Flora of islands of the Keretskii archipelago of the White Sea*. St. Petersburg: St. Petersburg State University Press. 154 p. [In Russian]
- Grimm E.C. 2004. *TGView Version 2.0.2 (Software)*. Springfield: Illinois State Museum, Research and Collections Center.
- Gunova V.S., Lebedeva R.M. 1969. The vegetation development history of the B. Litsky and Veshnyak Islands (Eastern Murman) according to spore-pollen analysis. *Proceedings of the Kandalaksha State Nature Reserve* 7: 383–389. [In Russian]
- Ivanenko N.Yu. 2013. Change of avifauna on the Bolshoi Ainov Island, Varanger Fjord Bay of the Barents Sea. *Russian Ornithological Journal* 22(931): 2898–2899. [In Russian]
- Ivanov A.N. 2013. *Ornithogenic geosystems of islands of Northern Pacifica*. Moscow: Nauchnyy mir. 228 p. [In Russian]
- Ivanov A.N., Avessalomova I.A. 2012. Ornithogenous ecosystems as a geochemical phenomenon of the biosphere. *Biosfera* 4(4): 385–396. [In Russian]
- Kats N.Ya., Kats S.V., Skobeeva E.I. 1977. *Atlas of plant remnants in peat*. Moscow: Nedra. 376 p. [In Russian]
- Kalliola R. 1939. Pflanzensoziologische Untersuchungen in der alpinenstufe Finnisch-Lapplands. *Annales Botanici Societatis Zoologicae-Botanicæ Fennicæ 'Vanamo'* 13: 1–328.
- Kalugina L.V., Malakhovsky D.B., Makeev V.M., Safronova I.V. 1979. Some results of palynological studies on Severnaya Zemlya archipelago in connection of pollen and spore transport in the high latitude Arctic. *Proceedings of All-Union Geographical Society of USSR* 111(4): 330–334. [In Russian]
- Karpovich V.N. 1988. Kandalaksha State Nature Reserve. In: V.E. Sokolov, E.E. Syroechkovskii (Eds): *Nature Reserves of the European part of the RSFSR*. Part 1. Moscow: Mysl. P. 20–60. [In Russian]
- Korotkina M.Ya. 1939. Botanical Analysis of Peat. In: M.I. Neustadt (Ed.): *Methods of Peat-Bog Investigation*. Laboratory and calculative works. Moscow: Proceedings of the Central Peat Experimental Station. Vol. 6(2). P. 5–60. [In Russian]
- Koshechkin B.I. 1979. *Holocene tectonics of the Eastern part of the Baltic shield*. Leningrad: Nauka. 158 p. [In Russian]
- Kozhin M.N. 2011. A classification of floras of small islands in the Kandalaksha Bay of the White Sea. *Botanicheskii Zhurnal* 96(8): 1091–1108. [In Russian]
- Kozhin M.N., Belkina O.A., Likhachev A.Yu., Ignatova E.A. 2016. Moss flora of the Ainov Islands, Barents Sea. *Arctoa* 25: 408–419. DOI: 10.15298/arctoa.25.33
- Kozhin M.N., Golovina E.O., Kopeina E.I., Kutenkov S.A., Sennikov A.N. 2019. The flora and vegetation of Sosnovets Island, the White Sea. *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica* 95: 1–35.
- Kozhin M.N., Koroleva N.E., Kravchenko A.V., Popova K.B., Razumovskaya A.V. 2020. The history and key outcomes of studies on the vascular plant flora and vegetation of the green belt of Fennoscandia within the Murmansk Region. *Proceedings of Karelian Scientific Centre of RAS* 8: 26–45. DOI: 10.17076/bg1084 [In Russian]
- Kremenetski C.V., Vashchalova T., Goriachkin S., Cherkinsky A.E., Sulerzhitsky L.D. 1997. Holocene pollen stratigraphy and bog development in the western part of the Kola Peninsula, Russia. *Boreas* 26(2). P. 91–102. DOI: 10.1111/j.1502-3885.1997.tb00656.x
- Kupriyanova L.A. 1951. Studies of pollen and spores from the soil surface from high-latitude regions of the Arctic. *Botanicheskii Zhurnal* 36(3): 258–269. [In Russian]
- Kutenkov S.A., Kozhin M.N., Golovina E.O., Kopeina E.I., Stoitkina N.V. 2018. Polygonal patterned peatlands of the White Sea islands. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 138(1). DOI: 10.1088/1755-1315/138/1/012010
- Kutenkov S.A. 2013. «Korpi» software for plotting stratigraphic diagrams of peat composition. *Transactions of Karelian Research Centre of Russian Academy of Science* 6: 171–176. [In Russian]
- Kutenkov S.A., Kozhin M.N., Golovina E.O. 2022. Dry Cover Peatlands on the Islands of Kandalaksha Bay, the White Sea. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya* 86(6): 946–957. DOI: 10.31857/S2587556622060073 [In Russian]
- Kuzmicheva E.A., Smyshlyaeva O.I., Vasyukov D.D., Khasanov B.F., Krylovich O.A., Okuno M., West D.L., Hatfield V.L., Savinetsky A.B. 2019. A 7300-yr-old environmental history of seabird, human, and volcano impacts on Carlisle Island (the Islands of Four Mountains, eastern Aleutians, Alaska). *Quaternary Research* 91(3): 934–952. DOI: 10.1017/qua.2018.114
- Lebedeva N.V. 2007. The role of seabirds in the formation of the flora and fauna of the Arctic islands. In: *Methods and theoretical aspects of sea bird studies*. Rostov-on-Don. P. 153–170. [In Russian]
- Leskov A.I. 1936. Geobotanical essay of the coastal meadows of the Malozemelsky coast of the Barents Sea. *Botanicheskii Zhurnal* 21(1): 96–116. [In Russian]

- Masson-Delmotte V., Zhai P., Pirani A., Connors S.L., Péan C., Berger S., Caud N., Chen Y., Goldfarb L., Gomis M.I., Huang M., Leitzell K., Lonnoy E., Matthews J.B.R., Maycock T.K., Waterfield T., Yelekçi O., Yu R., Zhou B. (Eds.). 2023. *IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge – New York: Cambridge University Press. 2391 p. DOI: 10.1017/9781009157896
- Minkina Ts.I., Varligin P.D. 1939. Determination of the Degree of Peat Decomposition. In: M.I. Neustadt (Ed.): *Methods of Peat Mires Investigation. Field Investigation*. Moscow: Proceedings of the Central Peat Experimental Station. Part 1. P. 115–138. [In Russian]
- Moore P.D., Webb J.A., Collinson M.E. 1991. *Pollen analysis (Second edition)*. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 216 p.
- Moseev D.S., Sergiyenko L.A., Parinova T.A., Volkov A.G. 2021. Halophytic vegetation of the southern coast of the Pechora bay. *Botanicheskii Zhurnal* 106(11): 1050–1065. DOI: 10.31857/S0006813621110053 [In Russian]
- Parfentyeva N.S. 1969. The vegetation of the Ainov Islands. *Proceedings of the Kandalaksha State Nature Reserve* 7: 413–424. [In Russian]
- Parfentyeva N.S., Breslina I.P. 1969. The flora of the Ainov Islands. *Proceedings of the Kandalaksha State Nature Reserve* 7: 390–412. [In Russian]
- Pinegin N.V. 1909. Ainov Islands: From travel memories of the North. *Proceedings of the Arkhangelsk Society for the Study of the Russian North* 13: 61–74. [In Russian]
- Pleshchenko S.V. 1992. Some features of soil formation on the colonial seabirds habitats on Talan Island. In: *Coastal ecosystems of the North of Okhotsk Sea: Talan Island*. Magadan. P. 109–115. [In Russian]
- Reille M. 1992. *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Marseille. 520 p.
- Reille M. 1995. *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Supplement 1. Marseille. 327 p.
- Reille M. 1998. *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Supplement 2. Marseille. 521 p.
- Reimer P.J., Austin W.E.N., Bard E., Bayliss A., Blackwell P.G., Bronk Ramsey C., Butzin M., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Hajdas I., Heaton T.J., Hogg A.G., Hughen K.A., Kromer B., Manning S.W., Muscheler R., Palmer J.G., Pearson C., van der Plicht J., Reimer R.W., Richards D.A., Scott E.M., Southon J.R., Turney C.S.M., Wacker L., Adolphi F., Büntgen U. et al. 2020. The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon* 62(4): 725–757. DOI: 10.1017/RDC.2020.41
- Safronova I.N., Yurkovskaya T.K., Miklyaeva I.M., Ogureva G.N. 1999. *Zones and altitudinal zonality types of vegetation of Russia and adjacent territories. Scale 1:8 000 000. Legend to the map*. Moscow: Moscow State University. [In Russian]
- Sapelko T.V., Anisimov M.A., Nosevich E.S. 2016. Pollen reconstruction during the middle and late Holocene in the Barents Sea coast. *Arctic and Antarctic Research* 1: 96–110. [In Russian]
- Sapelko T.V., Nosevich E.S., Kulkova M.A., Murashkin A.I., Kolpakov E.M. 2018. Paleoeological characteristics of the Barents sea coast during the late Holocene by the example of Sredniy Peninsula. *Arctic and Antarctic Research* 64(4): 391–406. DOI: 10.30758/0555-2648-2018-64-4-391-406 [In Russian]
- Sergienko L.A. 2008. *Flora and vegetation of the coasts of the Russian sector of the Arctic and adjacent territories*. Petrozavodsk: Petrozavodsk State University. 225 p. [In Russian]
- Skokova N.N. 1962. Puffin on the Ainov Islands. *Ornitologia* 5: 7–12. [In Russian]
- Smyshlyaeva O.I., Severova E.E., Khasanov B.F., Krylovich O.A., Kuzmicheva E.A., Savinetsky A.B. 2021a. The Near Islands (the Aleutian Arc): History of Vegetation in the Holocene. *Biology Bulletin* 48(4): 440–449. DOI: 10.1134/S1062359021040130
- Smyshlyaeva O.I., Severova E.E., Krylovich O.A., Kuzmicheva E.A., Savinetsky A.B., West D.L., Hatfield V.L. 2021b. Ornithogenic vegetation: How significant has the seabird influence been on the Aleutian Island vegetation during the Holocene?. *Ecology and Evolution* 11(20): 14088–14100. DOI: 10.1002/ece3.8121
- Svendsen J.I., Mangerud J. 1987. Late Weichselian and Holocene sea-level history for a cross-section of western Norway. *Journal of Quaternary Science* 2(2): 113–132. DOI: 10.1002/jqs.3390020205
- Tatarinkova I.P. 1967. About bird influence on vegetation on the Bolshoi Ainov Island, the Western Murman Coast. In: *Structure and functional-biogeocoenotic role of the animal population of the land*. Moscow: Moscow Society of Naturalists. P. 111–112. [In Russian]
- Tatarinkova I.P. 1975. The quantitative description of excretory activity of large gulls and its influence on the vegetation. In: *The role of animals in the ecosystems functioning*. Moscow: Nauka. P. 107–110. [In Russian]
- Tatarinkova I.P. 2011. About some determining factors of nest location for station of the common eider *Somateria mollissima* on the Ainov Islands. *Russian Ornithological Journal* 20(678): 1558–1561. [In Russian]
- Tolstobrov D.S., Tolstobrova A.N., Kolka V.V., Korsakova O.P. 2015. Postglacial uplift of the Earth crust in the North-Western part of the Kola region. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University* 18(2): 295–306. [In Russian]
- Wang J., Wang Y., Wang X., Sun L. 2007. Penguins and vegetations on Ardley Island, Antarctica: evolution in the past 2,400 years. *Polar Biology* 30(11): 1475–1481. DOI: 10.1007/s00300-007-0308-9
- Wanner H., Solomina O., Grosjean M., Ritz S.P., Jetel M. 2011. Structure and origin of Holocene cold events. *Quaternary Science Reviews* 30(21–22): 3109–3123. DOI: 10.1016/j.quascirev.2011.07.010

HOLOCENE VEGETATION DYNAMICS ON THE BOLSHOI AINOV ISLAND (BARENTS SEA, RUSSIA) AS A REFLECTION OF LAND UPLIFT AND THE SEABIRD INFLUENCE

Ludmila V. Filimonova*, Stanislav A. Kutenkov

Institute of Biology of the Karelian Research Centre of RAS, Russia

*e-mail: filimonovaluda@mail.ru

An abundant and diverse vegetation, presence of extensive cover peatlands and the habitat of a large number of seabirds distinguish the Ainov Islands (Kandalaksha State Nature Reserve, Russia) from most other Arctic islands and nearby mainland areas of the Kola Peninsula, considering them an attractive object for paleoecological reconstructions. A considerable decrease in size of *Fratercula arctica* colonies, resulted in land cover changes, makes this research particularly relevant. Obtained data on dependence of composition and formation of plant communities on various environmental conditions can help in assessing the significance of processes currently occurring in northern marine ecosystems and in predicting further transformations of the Arctic biota. Stratigraphic, radiocarbon and paleobotanical (pollen, spores and plant remains) studies of the peat deposit section of the upper plateau crowberry heath have been carried out to reconstruct the vegetation development history of the Bolshoi Ainov Island. The reconstruction based on the principles of actualism uses obtained and available published data on the modern floristic composition. The vegetation development is considered from the island formation time ca. 5000 calendar years before the present (hereinafter – cal BP) to the present. Its main directions are from obligate halophytes sparse communities and coastal meadows formation to tundra-like crowberry heaths on convex landforms and to grass-moss mires in depressions. Presence of ornithogenic vegetation and fern thickets is specific to the island and reflected in the palynospectra. On the first stages, three-level coastal meadows form as a result of the island uplift. The peat deposition started ca. 3940 cal BP in their upper part in the «boundary» communities, which, along with herbs, included dwarf shrubs, *Rubus chamaemorus* and *Chamaepericlymenum suecicum*. A coastal meadow strip with ornithogenic vegetation shift down from the island upper plateau, following the sea regression and crowberry heaths, began to form ca. 3100 cal BP. The herbaceous-dwarf shrub peat and later dwarf shrub peat began to accumulate with average vertical growth of 0.34 mm/year. In the Sub-Atlantic period, since ca. 2460 cal BP the crowberry heath expansion has continued. Currently the Bolshoi Ainov Island, with the exception of the coastal zone, is completely covered with peatland, the depth of which on the upper plateau reaches 120–132 cm. Seabirds have had a considerable influence on the Bolshoy Ainov island vegetation from the beginning of its formation till the present, as evidenced by the bird feather fragment presence in the deposit, the increased content of macroremains and pollen of herbaceous plants in peat, as well as their taxonomic composition. The abrupt shift in dominance of dwarf shrubs to herbs in the pollen diagram since 1800 cal BP has been explained by the development of a major colony of *Fratercula arctica*. It was facilitated by the formation by this time of dry and fairly deep extensive peatland suitable for burrowing. The *Fratercula arctica* colony size experienced fluctuations, which was reflected in the alternation of pollen maxima of Asteraceae, *Rumex* and some other herb taxa. An increase in *Empetrum* pollen content along with the Asteraceae proportion decrease in the palynospectra formed the last 100–200 years reflects considerable decrease in the number of *Fratercula arctica* individuals, the overgrowing of abandoned colonies, and the restoration of crowberry heaths. This paper shows the possibility of using modern floristic composition data to reconstruct the stage-by-stage formation of the vegetation cover on the Bolshoy Ainov Island, which may well be applied to other isolated territories. Palynological data complemented the results of macrofossil analysis of peat, allowing us to resolve the issue of undetectable herbaceous macroremains and more accurately reconstruct the initial stages of peat formation. The identified alternation of pollen maxima of ornithogenic pressure intensity indicator plants made it possible to put forward a hypothesis about periodic fluctuations of bird colonies caused by Holocene climate changes. To verify this, clarify the time and reasons, it is necessary to continue research in order to obtain confirmatory paleobotanical material and AMS dating. It is also promising to use other markers along with palynological markers, including heavy nitrogen isotopes.

Key words: crowberry heath peatland, Kandalaksha State Nature Reserve, macroremains, ornithogenic impact, palinospectrum, palaeovegetation reconstructions