

*На правах рукописи*

Смышляева Олеся Игоревна

**ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ ОСТРОВОВ КОМАНДОРСКО-  
АЛЕУТСКОЙ ГРЯДЫ В ГОЛОЦЕНЕ: ВУЛКАНИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ,  
КЛИМАТИЧЕСКИЕ, АНТРОПОГЕННЫЕ И ЗООГЕННЫЕ ФАКТОРЫ**

1.5.15 — экология (биологические науки)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Москва — 2022

Работа выполнена в Лаборатории исторической экологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук

**Научный руководитель:**

**Савинецкий Аркадий Борисович**

доктор биологических наук, главный научный сотрудник ФГБУН Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН

**Официальные оппоненты:**

**Новенко Елена Юрьевна**

доктор географических наук, ведущий научный сотрудник Географического факультета ФГБОУ ВПО МГУ им. М.В. Ломоносова

**Носова Мария Борисовна**

кандидат биологических наук, научный сотрудник ФГБУН Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН

**Ведущая организация:**

**ФГБУН Институт экологии растений и животных Уральского отделения РАН** (г. Екатеринбург)

Защита состоится «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 года в \_\_ час. \_\_ мин. на заседании диссертационного совета 24.1.109.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН по адресу: 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д. 33. Тел./факс: +7(495)952-35-84, e-mail: admin@sevin.ru

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке Отделения биологических наук Российской академии наук по адресу: 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д. 33; на сайте ФГБУН ИПЭЭ РАН по адресу: [www.sev-in.ru](http://www.sev-in.ru) и на сайте Высшей аттестационной комиссии по адресу [vak.minobrnauki.gov.ru](http://vak.minobrnauki.gov.ru)

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 года.

Ученый секретарь

Кацман Елена Александровна

диссертационного совета, к.б.н.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** С начала индустриальной революции человечество стремительно увеличивает своё влияние на экосистемы. Одна из важных проблем будущего существования человека на Земле заключается в поддержании сложившихся экосистем в условиях изменяющихся климатических режимов и биосферы. Климат и живые системы тесно связаны. Растительные сообщества являются основой экосистем, поскольку формируют первичную продукцию для всех последующих звеньев пищевых сетей. Самые современные работы, посвященные изучению взаимосвязи климат-растительность, опираются на масштабную сеть палеоархивов, включающих в себя десятки и сотни послойно накапливающихся отложений - озерных осадков, торфяников, пещерных отложений, ледников, и десятки разнообразных методов. Подобные реконструкции уже становятся доступны в масштабах материков и регионов, однако не позволяют сделать аппроксимацию для островных систем. По причине изолированности и высокой фрагментированности экосистемы островов не подчиняются зональным закономерностям, работающим в масштабах континентов. С ростом населения планеты, развитием дорог и промышленных предприятий, таких территорий становится все больше и в пределах континентов. В этой связи острова могут стать модельными объектами и для ряда трансформированных человеком регионов внутри материков. Кроме того, подобные модели отражают закономерности развития экосистем в условиях разрозненных природоохранных территорий, которые в силу различных причин не удастся объединить в единую систему. Также островные экосистемы можно рассматривать как модели рефугиумов, в которых во времена оледенений сохранялись остатки экосистем предыдущих периодов, разъединенные между собой крупными ледниковыми массивами.

Одним из таких модельных объектов могут быть острова Командорско-Алеутского архипелага, протянувшиеся более чем на 2000 км между Северной Америкой и Евразией. Все острова гряды расположены в пределах четырех градусов широты, в условиях океанического климата и имеют общую историю формирования ландшафтов и растительности с конца плейстоцена-начала голоцена. В отличие от преобладающего числа территорий Земли наземные экосистемы островов Командорско-Алеутской гряды были подвергнуты минимальному антропогенному воздействию, в том числе из-за отсутствия у коренного населения сельского хозяйства. Реконструкция их истории в прошлом позволяет делать прогнозы дальнейшего

развития растительного покрова и связанных с ним наземных экосистем в условиях глобальных климатических изменений.

Традиционным способом реконструкции динамики растительности является спорово-пыльцевой анализ торфяных отложений, опирающийся на подробное радиоуглеродное датирование. Совместное использование различных методов для реконструкций истории экосистем позволяет восстанавливать более полную картину изменения условий в прошлом. Как правило, для этих целей используют сфагновые верховые болота, процессы торфообразования в которых изучены лучше, чем в низинных и переходных торфяниках. На островах Командорско-Алеутской гряды ранее не было обнаружено подобного рода сфагновых отложений. По немногочисленным данным, мощные торфяники островов сложены преимущественно осоковым торфом, их подробный ботанический анализ никогда ранее не проводился, и не была оценена возможность использования данных отложений в качестве палеоархивов, сохраняющих не только споры и пыльцу, но и индикаторы изменений условий локального увлажнения (степень разложения,  $\delta^{13}C$ , C/N). Мы предполагаем, что в условиях высокой океаничности климата региона, осоковый торф не подвергается таким активным диагенетическим процессам, как это происходит в случае материковых торфяников, в связи с чем отложения можно использовать для реконструкций не только растительности, но и условий среды в течение голоцена.

**Степень разработанности проблемы.** Алеутские острова являются сравнительно мало изученным регионом в контексте изменения растительности и климата в голоцене. Отдельные торфяные отложения были исследованы в восточной (о. Умнак), центральной (о. Атка, о. Адак) и западной (о. Атту, о. Беринга) частях Командорско-Алеутской островной гряды (Heusser 1978, 1990; Кирьянов и др., 1986; Noguchi et al., 2018) и прилегающей территории Аляски (Heusser, 1983, 1985). Для территории протяженностью более 2000 км существуют реконструкции растительности только для пяти островов, не все из которых пригодны для полноценного анализа. Обобщая результаты своих работ на четырех островах, Хойссер (Heusser, 1990) обращает внимание на то, что в регионе действует сложная система факторов, определяющих закономерности развития растительности в голоцене, в том числе, климат, многочисленные вулканические извержения, локальные особенности топографии и формирования отложений. Новые исследования истории растительности Алеутских островов необходимы для прояснения воздействия этой сложной сети взаимодействующих факторов. По всему миру для определения закономерностей

развития растительного покрова применяют реконструкции, построенные на основе баз данных пыльцевых спектров, включающих в себя сотни отложений для Европы (Stranberg et al., 2014) и Северной Америки (Gajewski, 2008). Именно такой охват позволяет строить прогностические модели будущего развития растительности. Для территории океанических островов Северной Пацифики пока недоступны масштабные модели и реконструкции, однако каждое новое исследование делает существенный вклад в решение этой проблемы. Особенное значение имеют комплексные работы, включающие несколько видов анализа и ориентированные на вычленение закономерностей влияния ключевых факторов, определяющих историю растительности островов и ее современный облик.

Также стоит отметить, что на момент проведения основных существующих для Алеутских островов реконструкций растительности (Heusser, 1973, 1978, 1990) были изучены только отдельные особенности климата региона, а основные представления о его динамике в течение голоцена основывались, в основном, на датировании ледниковых отложений, положение которых менялось с изменением климата (Black, 1980). С тех пор был проведен ряд исследований, в результате чего существенно изменились представления о колебаниях климата и изменениях условий среды в районе островов Алеутской гряды в течение голоцена, по сравнению с картиной, основанной только на движении ледников (Rodionov, Overland, 2005; Rodionov et al., 2005, 2007; Caissie et al., 2010; Vaillencourt, 2013; Harada et al., 2014; Krawiec, Kaufman, 2014; Kaufman et al., 2016; Bailey et al., 2018; Broadman et al., 2020, 2022), а движения ледников были датированы более подробно (Barclay et al., 2009). В связи с этим, также требуется пересмотр смен растительных сообществ, которые были реконструированы ранее, в контексте новых климатических данных.

**Цель и задачи исследования.** Цель данной работы — выявить закономерности смен растительности Алеутских островов под воздействием изменений локальных условий, климата, вулканических извержений, колоний морских птиц и антропогенного фактора в течение голоцена.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. определить тип торфа в отложениях островов Командорско-Алеутской гряды и выраженность диагенетических изменений в процессе его формирования для реконструкции локального увлажнения;
2. реконструировать динамику растительности в западной и восточной частях Командорско-Алеутской гряды в прибрежных и удаленных от берега моря

условиях для сопоставления динамики растительности в разных локальных и региональных условиях;

3. сопоставить климатические изменения с изменениями условий локального увлажнения и сменами растительных сообществ для оценки значимости локальных и региональных факторов в истории растительности островов;
4. оценить влияние вулканических пеплов различной мощности на условия локального увлажнения и состав растительных сообществ вдоль всей гряды;
5. выявить периоды воздействия на экосистемы островов гуано морских птиц и определить, к каким изменениям растительных сообществ они приводили;
6. определить какое воздействие на растительные сообщества оказывали древние алеуты в процессе постепенного освоения островов гряды.

**Научная новизна.** Расширение имеющегося материала вносит существенный вклад в изучение закономерностей развития растительности океанических островов. Отбор новых колонок из торфяных отложений проведен с учетом основных факторов, которые могли влиять на растительность в течение голоцена, благодаря чему стало возможным провести сравнение историй растительности островов между собой. Все отобранные отложения тщательно датированы для построения детальных моделей их роста. Кроме традиционного для реконструкций растительности спорово-пыльцевого анализа, были использованы ботанический анализ торфа, анализ стабильных изотопов углерода и азота, а также, в случае одного из торфяников, инфракрасная спектроскопия (ИК-спектроскопия) для изучения особенностей процессов торфообразования на Алеутских островах. Именно сочетание нескольких методов, которые ранее совместно не применялись в изучении торфяников Алеутских островов, вносит существенный вклад в анализ закономерностей развития растительности. Также ранее не существовало работ, посвященных анализу применимости этих торфяных отложений в качестве палеоархивов, их состава и условий формирования, что является важным, поскольку наличие в торфе Алеутских островов многочисленных минеральных слоев не позволяет относить такие отложения к типичным омбротрофным торфяникам, используемым для реконструкций растительности по всему миру. В таком торфе могут быть более выражены диагенетические процессы, что осложняет применение анализа стабильных изотопов и реконструкцию условий локального увлажнения.

**Теоретическое и практическое значение работы.** Благодаря данному исследованию появились новые представления о закономерностях развития и

динамики экосистем островов в условиях океанического климата и постоянных вулканических извержений. Расширились представления о том, как именно в долгосрочной перспективе могут развиваться экосистемы, которые считаются бедными по видовому составу, типам растительности и наличию питательных веществ в почвах. Кроме того, реконструируя, как в самое теплое время голоцена вели себя экосистемы этих островов, мы можем делать предположения о том, как они будут реагировать на грядущие климатические изменения. Помимо этого, сделаны выводы о том, влияют ли какие-то глобальные закономерности на растительность Алеутских островов, или локальные условия, многочисленные нарушения растительного покрова и сочетание других локальных факторов, приводят к тому, что растительность островов развивается по своим собственным закономерностям. Также сделан существенный вклад в изучение торфяных отложений, формирующихся в условиях океанического климата и интенсивного вулканизма, и оценена возможность их применения как палеоархивов в изучении прошлого экосистем. Полученные результаты вносят вклад в планирование работ на заповедных территориях и могут использоваться в учебных курсах по биогеографии, фитоценологии и исторической экологии.

**Методы исследования.** Для реализации цели и задач диссертационного исследования были изучены четыре торфяных отложения в западной и восточной частях Командорско-Алеутской гряды, растительность на которых ранее не была реконструирована. В работе использованы радиоуглеродное датирование сцинтилляционным методом и методом ускорительной масс-спектрометрии, анализ макроостатков растений в торфе, анализ стабильных изотопов азота и углерода ( $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\text{C/N}$ ), инфракрасная спектроскопия (ИК-спектроскопия), спорово-пыльцевой анализ (процентное участие, концентрация, общий поток пыльцы). Также были построены модели роста изученных ранее торфяных отложений с учетом современных представлений о калибровке радиоуглеродных дат.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. В условиях океанического климата торфяные отложения Алеутских островов пригодны в качестве палеоархива для реконструкции локальных условий формирования растительности в течение голоцена.
2. В масштабе тысячелетий вулканические извержения не оказывали определяющего влияния на состав растительных сообществ островов. Закономерности влияния климата на растительные сообщества островов возможно выявить при сопоставлении с изменениями условий локального

увлажнения и региональной динамикой климата, которая различалась вдоль гряды.

3. В пределах прибрежных экосистем гуано морских птиц и освоение островов алеутами могли оказывать решающее воздействие на состав растительных сообществ и их динамику.

**Личный вклад соискателя.** Автор принимал личное участие в экспедиции на о. Уналашка в 2018 году и участвовал в отборе торфяного отложения Илиулиук, провел химическую подготовку образцов к спорово-пыльцевому анализу отложений CR-03/15 (о. Карлайл) и Илиулиук (о. Уналашка), спорово-пыльцевой анализ большинства образцов из отложения CR-03/15 и всех образцов из отложения Илиулиук, подготовку образцов для ИК-спектроскопии и анализа стабильных изотопов углерода и азота отложений CR-03/15 и Илиулиук, а также образцов из отложений Алкан Крик и МакДональд Поинт (о. Шемья), построил модели роста всех рассмотренных торфяных отложений, провел отбор и подготовку образцов для радиоуглеродного датирования отложения Илиулиук, подготовку материалов к публикациям.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Работа была выполнена в Лаборатории исторической экологии, участвующей в международных проектах, посвященных изучению Алеутских островов с применением современных методов датирования. Результаты исследований были представлены на IV (XII) Международной ботанической конференции молодых учёных в Санкт-Петербурге 22–28 апреля 2018 года, 25-29 апреля 2022 года; Всероссийской научной конференции (с международным участием) «Геохронология четвертичного периода: инструментальные методы датирования новейших отложений», посвященной 90-летию со дня рождения Л.Д. Сулержицкого, Москва, 24-26 апреля 2019 года, 19-22 апреля 2022 года; V Всероссийской конференции с международным участием «Динамика экосистем в голоцене» (к 100-летию Л.Г. Динесмана), Москва, 11-15 ноября 2019 года; на Отчетных научных сессиях ИПЭЭ РАН по вопросам общей экологии 2017 и 2020 годов и на объединенном межлабораторном коллоквиуме.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 9 работ, в том числе 4 статьи в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации и 5 статей в сборниках материалов конференций.



**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 4 глав и заключения. Текст диссертации изложен на 213 страницах и содержит 41 рисунок, 16 таблиц в основном тексте и 6 рисунков в Приложении. Список литературных источников включает 268 наименований, из которых 225 на иностранных языках.

**Благодарности.** Я выражаю искреннюю благодарность своему научному руководителю Савинецкому Аркадию Борисовичу и всему коллективу Лаборатории исторической экологии ИПЭЭ РАН. Отдельную благодарность я выражаю Е. А. Кузьмичевой за помощь в совершенствовании навыков спорово-пыльцевого анализа и освоении протокола химической подготовки проб, а также внимательное и скрупулезное внимание к написанию текстов статей и диссертации; О. А. Крылович за помощь в освоении анализа стабильных изотопов и подготовку картографического материала; Б. Ф. Хасанову за внимательные вопросы в процессе работы над текстами статей. Я выражаю огромную признательность сотрудникам Алеутского музея, Virginia Hatfield, Sean O'Donnell и Suzi Golodoff за совместную работу в экспедиции на о. Уналашка. Я также благодарю за помощь в научной работе и предоставленное оборудование А. В. Тиунова, В. В. Холодова, В. А. Карпова, Р. М. Хацаеву. Я благодарна моей семье, а также Т. А. Сюткиной, А. А. Антоновской и Ю. Ю. Иванову за неоценимую моральную поддержку и обсуждение работы.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ №18-04-00782 А, 19-34-90071 “Аспиранты”, программы фундаментальных исследований Президиума РАН “Эволюция органического мира. Роль и влияние планетарных процессов”.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во введении обоснована актуальность темы, обозначены цель и задачи, сформулированы степень разработанности проблемы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, перечислены методы исследования и представлены положения, выносимые на защиту.

### **ГЛАВА 1. РАСТИТЕЛЬНОСТЬ КОМАНДОРСКО-АЛЕУТСКОЙ ОСТРОВНОЙ ГРЯДЫ: УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ.**

Глава посвящена описанию физико-географических характеристик региона и литературному обзору проблемы реконструкции растительности островов Командорско-Алеутской гряды в голоцене. В рамках данного исследования равносильно применение названий “острова Командорско-Алеутской гряды” и

“Алеутские острова”, поскольку с геологической точки зрения, Командорские и Алеутские острова составляют единый архипелаг. На островах преобладает океанический климат с небольшой годовой разницей между самым холодным и теплым месяцами, мягкими зимами, коротким вегетационным сезоном, высокой облачностью, высоким количеством годовых осадков, числом облачных дней и туманов. Годовое количество осадков, в среднем, выше в восточной части гряды, чем в западной, средние температуры также выше на восточных островах (Крестов, 2004). Современный ландшафт островов сформировался в результате вулканических процессов, более активных в восточной части гряды и тектонических — более активных в западной (Black, 1980; Miller et al., 1998). Также заметное воздействие на рельеф гряды оказали периоды оледенения, в последний из которых восточная часть гряды была соединена с материком (Black, 1976, 1980; Persico et al., 2019). Уровень моря после последнего оледенения изменялся нелинейно и достиг современных значений в начале голоцена на восточных островах, к 5000-4000 л.н. (лет назад) - на западных (Black, 1980). В почвах островов отсутствует вечная мерзлота и преобладают процессы накопления органического вещества вместе с активным вымыванием и выщелачиванием в нижележащие горизонты (Шоба, Иванов, 2011).

Флора островов формировалась в течение голоцена, большинство видов сосудистых растений имеет американское происхождение, виды циркумполярного и азиатского происхождения принимают сходное участие в составе флоры (Garroutte et al., 2018). На островах Командорско-Алеутской дуги отсутствуют деревья, а кустарники встречаются на самых восточных островах в наиболее защищенных от действия ветра местообитаниях (Hulten, 1968) или вдоль рек на о. Беринга (Мочалова, Якубов, 2004). Растительные сообщества сменяют друг друга в соответствии с комплексным топографическим градиентом. Наиболее заметно отличаются между собой сообщества маршей и пляжей, растительность низкой тундры (в местообитаниях, относительно защищенных от действия ветра, преобладают травянистые растения) и растительность высокой тундры (в местообитаниях, подверженных воздействию ветра, преобладают кустарнички). По результатам реконструкций на островах Умнак, Атка, Адак и Атту, не было выявлено закономерностей смены растительных сообществ, однако было показано, что в течение голоцена на них влияли климат, вулканические извержения и локальные условия формирования (Heusser, 1990).

На островах гряды не были обнаружены верховые болота, торф которых, как правило, используют в палеореконструкциях, поскольку он меньше подвержен диагенетическим изменениям в процессе формирования. Тем не менее, высокая океаничность климата в регионе может способствовать отсутствию процессов анаэробного разложения в осоковом торфе, который, вероятно, формирует отложения островов. В отсутствие выраженных диагенетических процессов возможно использовать анализ стабильных изотопов углерода для реконструкции условий локального увлажнения.

В исследуемом регионе за последние десятилетия было сделано множество реконструкций климата, которые показали, что в разных частях Командорско-Алеутской гряды он по-разному изменялся в течение голоцена (Harada et al., 2014; Kaufman et al., 2016; Broadman et al., 2020). Во всем регионе наиболее высокие температуры были выражены в начале голоцена, затем они постепенно снижались (Kaufman et al., 2016). Также во всех реконструкциях выражен период похолодания, названный неогляциалом, начавшийся, как и в пределах континента неравномерно, около 3000 л.н. (Barclay et al., 2009; Harada et al., 2014; Kaufman et al., 2016; Broadman et al., 2020).

Важное отличие островов в различных частях гряды связано с постепенным заселением островов алеутами с востока на запад. По археологическим данным, первые поселения возникли на востоке гряды 9000-8000 л.н., после чего люди осваивали архипелаг, постепенно продвигаясь на запад, достигнув центральных островов около 7000-6000 л.н., а западных около 2000 л.н. Однако предполагается, что их воздействие на наземные экосистемы островов было минимальным из-за небольшого размера поселений и отсутствия сельского хозяйства.

Помимо указанных выше факторов, мы также предполагаем, что на растительность островов могли воздействовать крупные колонии морских птиц, формировавшиеся из-за отсутствия наземных хищников. С гуано в наземные экосистемы попадает множество биогенных элементов, что в дальнейшем приводит формированию орнитогенной растительности, как это отмечено в окрестностях современных колоний птиц. Однако остается неизвестным, как птицы влияли на экосистемы островов в течение тысячелетий.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОД

В диссертационной работе было использовано радиоуглеродное датирование для построения моделей роста отложения, определения времени начала торфообразования и времени изменений растительности. Радиоуглеродные даты калибровали в пакете “Bchron” 4.2.6 (Parnell, 2015) в статистической среде R (R Core Team, 2019), с использованием “наземной” калибровочной кривой “IntCal13” (Reimer et al., 2013). Тип торфа в отложениях определяли с помощью ботанического анализа, участие растительных остатков было определено в процентах. Анализ всех образцов выполнен Н. В. Стойкиной, главным биологом Лаборатории болотных экосистем Карельского научного центра РАН. Анализ стабильных изотопов углерода и азота ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ , C/N) проводился в Центре коллективного пользования “Инструментальные методы в экологии” на базе ИПЭЭ РАН. Динамику  $\delta^{13}\text{C}$  использовали для определения условий локального увлажнения, корреляцию между  $\delta^{13}\text{C}$  и C/N использовали для обнаружения диагенетические изменений в отложениях, динамику C/N использовали для оценки накопления органического вещества, с помощью  $\delta^{15}\text{N}$  выявляли привнос морского азота с гуано морских птиц. Инфракрасную спектроскопию (ИК-спектроскопия) использовали для изучения химических особенностей торфа и оценки динамики органического вещества. История растительности была реконструирована с помощью спорово-пыльцевого анализа, в рамках которого изучали процентные соотношения пыльцы различных типов, концентрацию (п.з./см<sup>3</sup>) и поток пыльцы (п.з./см<sup>2</sup>/год). Для определения концентрации пыльцы и спор добавляли специальные маркеры — таблетки спор *Lycopodium clavatum* (Stockmar, 1973). Пыльцевые зоны были выделены с помощью стратиграфически ограниченного кластерного анализа (CONISS) для выявления наиболее значимых изменений растительности (Grimm, 2015).

В рамках диссертационной работы было изучено четыре новых торфяных отложения на островах Уналашка, Карлайл и Шемья, два из которых отбирали на побережье (о. Карлайл и о. Шемья) и два в удалении от берега (о. Уналашка и о. Шемья). Модели роста отложений с учетом современных представлений о калибровке, были построены для уже изученных отложений с островов Умнак, Атка, Адак и Атту для сопоставления по времени изменений растительных сообществ вдоль гряды. В группу восточных островов входят острова Уналашка, Умнак и Карлайл, центральных — Атка и Адак, западных — Шемья и Атту.

Реконструкция растительности на **о. Уналашка** проведена в рамках диссертационной работы. По археологическим данным, остров был заселен около

9000-8000 л.н., на острове есть активные в голоцене вулканы. Отложение мощностью 187 см отобрано вдали от берега, в долине ручья Илиулиук. Проведены радиоуглеродное датирование, ботанический анализ, анализ стабильных изотопов углерода и азота, спорово-пыльцевой анализ.

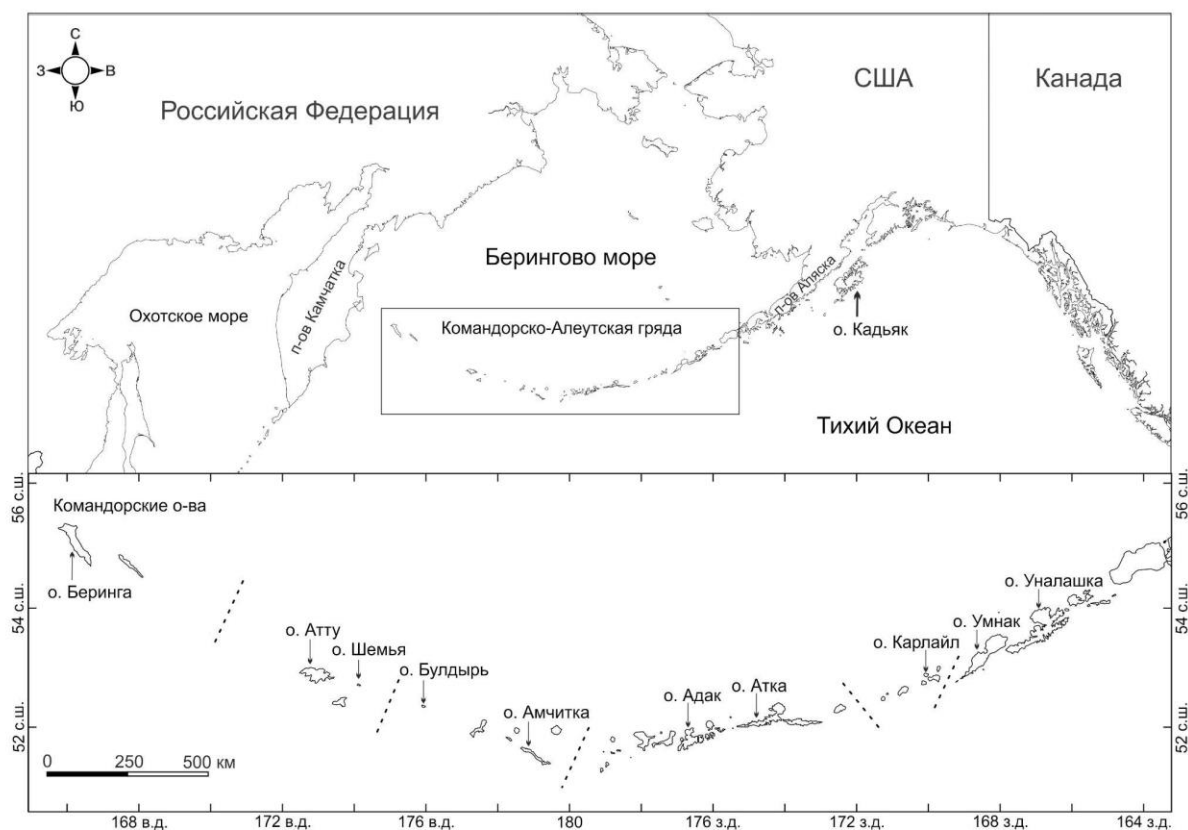


Рисунок 1. Карта района исследования. На карте отмечены острова, на которых ранее проводились исследования по реконструкции растительности (острова Умнак, Атка, Адак, Атту, Беринга) и острова, для которых получены оригинальные данные в рамках диссертационной работы (острова Уналашка, Карлайл, Шемья). Линиями с точками отмечены глубокие проливы, разделяющие группы островов.

На **о. Умнак** растительность была реконструирована ранее (Heusser, 1973). отложение было отобрано вдали от берега моря. Остров был заселен 9000-8000 л.н., на острове есть активные в голоцене вулканы.

Реконструкция растительности на **о. Карлайл** проведена в рамках диссертационной работы. По археологическим данным, остров был заселен около 4000 л.н., вблизи острова есть активные в голоцене вулканы. Отложение мощностью 340 см отобрано вблизи от берега моря. Проведены радиоуглеродное датирование,

ботанический анализ, анализ стабильных изотопов углерода и азота, ИК-спектроскопия и спорово-пыльцевой анализ.

На **о. Атка** растительность была реконструирована ранее (Heusser, 1990). Отложение было отобрано недалеко от берега моря. Остров был заселен 7000-6000 л.н., на острове есть активные в голоцене вулканы.

На **о. Адак** растительность была реконструирована ранее по двум колонкам из одного торфяного отложения (Heusser, 1978; Noguchi et al., 2018). Обе колонки были отобраны вдали от берега моря из одного отложения. По археологическим данным, остров был заселен 7000-6000 л.н., вблизи острова есть активные в голоцене вулканы.

Реконструкция растительности на **о. Шемья** проведена в рамках диссертационной работы. По археологическим данным, остров был заселен около 2000 л.н., вблизи острова нет активных в голоцене вулканов. На острове отобраны два отложения: Алкан Крик (270 см) вдали от берега и МакДональд Поинт (385 см) на побережье. Проведены радиоуглеродное датирование, ботанический анализ, анализ стабильных изотопов углерода и азота и спорово-пыльцевой анализ обоих отложений.

На **о. Атту** растительность была реконструирована ранее (Heusser, 1990). Отложение было отобрано вдали от берега моря. По археологическим данным, остров был заселен ранее 2000 л.н., вблизи острова нет активных в голоцене вулканов.

### ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ

В тексте Глав 3 и 4 указан калиброванный возраст (лет назад от 1950 AD).

Торфообразование на **о. Уналашка (торфяник Илиулиук)** началось около 10300 л.н. Скорость формирования была неравномерной, в среднем 0,18 мм/год. Остатки осок преобладали в торфе с 10300 до 1550 л.н., с 1550 л.н. торф был злаковым. С начала формирования до 6000 л.н. в отложении были выражены диагенетические процессы (Рис. 2). Локальное увлажнение было выше до 2450 л.н. ( $\delta^{13}\text{C}$ , в среднем, -27,2‰). Соотношение стабильных изотопов азота в торфянике Илиулиук принимало значения от -4,7 до 2,3‰ (в среднем, -1,1‰), что свидетельствует об отсутствии дополнительного привноса морского азота. Значения C/N соответствовали значениям известным для осокового торфа.

С начала голоцена в окрестностях долинного ручья Илиулиук на **о. Уналашка** преобладала растительность относительно защищенных от действия ветра заболоченных понижений с высоким участием осок и папоротников (Рис. 3). Около 5200 л.н. произошло радикальное изменение условий в окрестностях торфяника и

начала преобладать растительность более сухих местообитаний, в которой совместно с осоками доминировали злаки. Постепенно в составе растительного покрова уменьшилось участие папоротников. С 2400 л.н. в окрестностях ручья Илиулиук помимо тундры в относительно сухих условиях начали встречаться относительно обводненные и заболоченные участки с *Triglochin*.

Отложение на о. **Умнак** начало формироваться раньше 13600 л.н. с относительно постоянной скоростью около 0,18 мм/год. Изменения растительности произошли 11500 и 3500 л.н.

Торфообразование на о. **Карлайл (торфяник CR-03/15)** началось около 7300 л.н. Отложение накапливалось относительно равномерно до 1500 л.н. (0,44 мм/год), с 1500 л.н. увеличилась до 0,57 мм/год. На всей глубине отложения в торфе преобладали фрагменты осок различных видов, с 450 л.н. увеличилось участие злаков. С начала формирования до 7000 л.н. в отложении были выражены диагенетические процессы (Рис. 2). Локальное увлажнение постепенно увеличивалось к поверхности отложения ( $\delta^{13}\text{C}$  снижался до -28,1‰). Значения C/N соответствовали значениям известным для осокового торфа. На протяжении большей части истории формирования отложения на него с разной интенсивностью влиял морской азот ( $\delta^{15}\text{N}$ , в среднем, 4,6‰). По данным ИК-спектроскопии, относительное содержание органического вещества увеличивалось к поверхности, однако это было связано не с диагенетическими процессами, а с постепенным увеличением к поверхности локального увлажнения.

Спорово-пыльцевые спектры начальных стадий формирования отложения отражают сообщества с доминированием папоротников и вересковых кустарничков. Около 6100 л.н. на месте кустарничковых тундр начали распространяться осоковые тундры с высоким участием злаков и кустарничков. Вересковые кустарнички практически полностью исчезли из состава растительности около 2450 л.н., когда в растительном покрове значительно увеличилось участие осок совместно со злаками, ландшафт представлял собой злаково-осоковую тундру с достаточно плотным растительным покровом. После выпадения одного из последних пеплов в окрестностях начала преобладать луговая растительность относительно переувлажненных условий с заметным заболачиванием, о чем свидетельствует увеличение участия пыльцы *Triglochin* около 500 л.н.

Отложение на о. **Атка** начало формироваться не позже 10900 л.н. Накопление торфа происходило относительно быстрее с 10900 по 8000 л.н. (в среднем, 0,32 мм/год) и с 2000 л.н. до настоящего времени (в среднем, 0,34 мм/год), относительно медленнее

с 8000 по 2000 (в среднем, 0,11 мм/год). Изменения растительности произошли 10600, 10000, 9600, 8400, 4500 и 950 л.н.

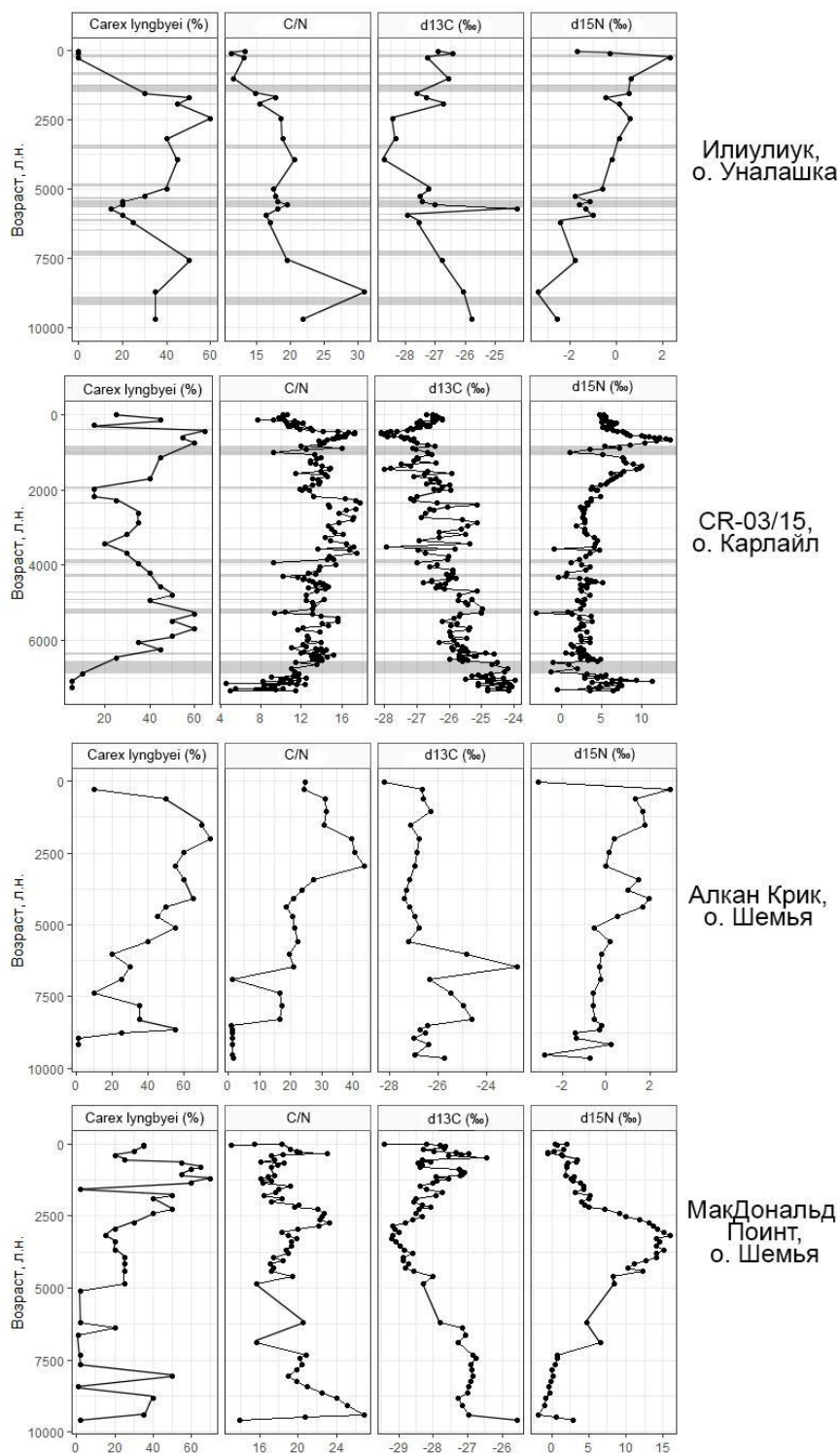


Рисунок 2. Результаты анализа стабильных изотопов углерода и азота (C/N,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ), динамика относительного участия в составе торфа *Carex lyngbyei* в отложениях с островов Уналашка, Карлайл и Шемья. Слева указан калиброванный возраст. Серыми горизонтальными линиями обозначены слои пепла.



Отложение **Алкан Крик** на **о. Шемья** начало накапливаться около 9500 л.н. Средняя скорость накопления была около 0,27 мм/год, отложение накапливалось быстрее 9200-8300 л.н. (в среднем, 0,56 мм/год). На всей глубине отложения в торфе преобладали фрагменты осок различных видов, с 200 л.н. преобладали злаки. С начала формирования до 7000 л.н. в отложении были выражены диагенетические процессы (Рис. 2). Локальное увлажнение увеличилось около 6000 л.н., после чего оставалось относительно стабильным ( $\delta^{13}\text{C}$ , в среднем -27,0‰). Соотношение углерода к азоту (C/N) резко увеличилось до 43,6 около 3200 л.н., затем последовательно снижалось до 24. Среднее значение C/N в период с 3600 до настоящего времени было 33,3. Морской азот почти не поступал в торфяное отложение.

Около 9500 л.н. в глубине о. Шемья была распространена разнотравно-осоковая тундра с участием вересковых кустарничков. Около 7000 л.н. в растительных сообществах увеличилось участие *Sphagnum*. Сфагновые мхи сформировали на месте влажной тундры условия для возникновения осокового болота с участием *Equisetum*, в это же время в спектрах появилась пыльца *Triglochis*, предпочитающего влажные условия. Около 4700 л.н. *Sphagnum* пропал из спорово-пыльцевых спектров, а на месте болота в более сухих условиях образовались разнотравные осоково-злаковые луга. Около 3400 л.н. травяные сообщества на о. Шемья сменились сообществами с доминированием вересковых кустарничков.

Отложение **МакДональд Поинт** на **о. Шемья** начало накапливаться около 10600 л.н. С 10600 по 3500 л.н. торф формировался медленнее (в среднем, 0,23 мм/год), после чего формирование происходило относительно быстрее - 0,64 мм/год. Диагенетические процессы не были выражены при формировании отложения. Среднее значение  $\delta^{13}\text{C}$  за всю историю формирования торфяника было -27,92‰ (Рис. 2). До 7000 л.н. локальное увлажнение было относительно низким, после чего начало увеличиваться до 3000 л.н. Среднее значение  $\delta^{15}\text{N}$  за всю историю формирования торфяника было 5,44‰. Наиболее высокие значения были с 4600 до 2400 л.н.

На начальных стадиях развития растительности на берегу о. Шемья (10600-9100 л.н.) доминанты растительных сообществ постоянно менялись. Около 9100 л.н. состав растительности стал относительно стабильным. Осоково-вересковая тундра доминировала на побережье с 9100 по 4600 л.н. На месте тундры 4600 л.н. резко распространились луговые сообщества с доминированием зонтичных. С 3000 до 2400 л.н. совместно с зонтичными в луговых сообществах преобладали злаки. Осоковая тундра сменила луговые сообщества 2400 л.н.

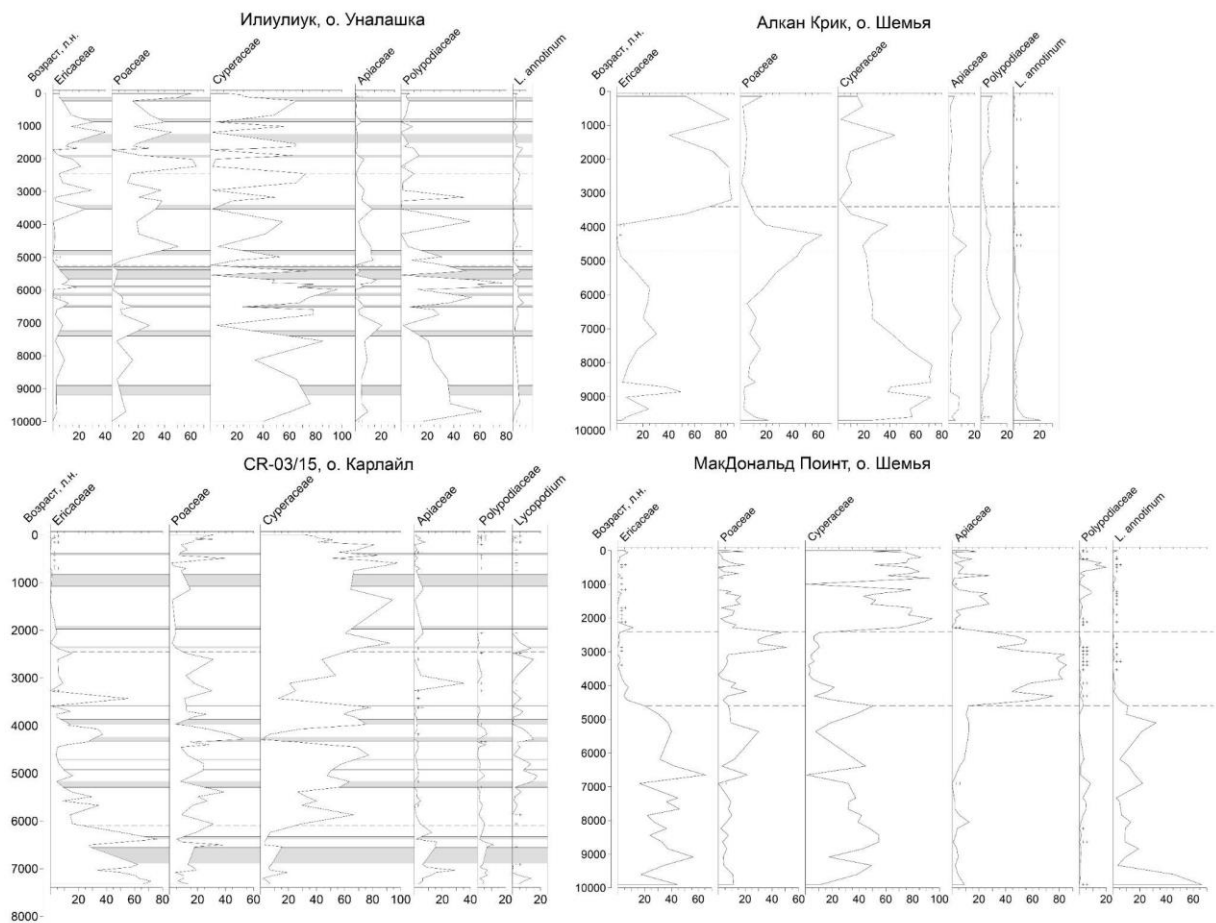


Рисунок 3. Результаты спорово-пыльцевого анализа торфяных отложений с островов Уналашка, Карлайл и Шемья (%). Приведены основные пыльцевые типы, которые были использованы для реконструкции смен растительного покрова. Слева указан калиброванный возраст.

## ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ ТОРФООБРАЗОВАНИЯ И ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ АЛЕУТСКИХ ОСТРОВОВ В ГОЛОЦЕНЕ

### 4.1 Особенности формирования торфа на островах Командорско-Алеутской гряды

Диагенетические процессы затронули только ранние этапы формирования трех отложений из четырех изученных. Диагенез не был выражен в торфянике МакДональд Поинт (о. Шемья), локальное увлажнение которого было выше, чем в остальных отложениях. Вероятно, что именно от положения в рельефе зависели особенности локального увлажнения и выраженность диагенетических изменений. Возможность использования стабильных изотопов углерода в качестве индикатора локального увлажнения подтверждается синхронностью изменений  $\delta^{13}\text{C}$  и содержания в торфе фрагментов *C. lyngbyei*, вида предпочитающего переувлажненные местообитания (Рис. 2). Изменения локального увлажнения происходили по-разному во всех четырех изученных отложениях и не были вызваны напрямую климатическими сдвигами, но могли быть связаны с ними опосредованно в связи с выпадением пепла или в результате трансформации физических свойств субстрата. Локальное увлажнение изменялось в связи с выпадением череды пеплов или в результате трансформации физических свойств субстрата. ИК-спектроскопия торфяников Алеутских островов показала, что количество органического вещества в торфе увеличивается с увеличением локального увлажнения, несмотря на сокращение количества осадков в регионе.

### 4.2 Влияние климата на торфообразование и историю растительности Алеутских островов

Торфяные отложения Алеутских островов не имели тенденции к более быстрому накоплению в периоды относительного потепления, как это часто происходит с торфяниками на материках. Скорость роста некоторых отложений увеличилась около 3000 л.н. в связи с похолоданием, что могло быть связано со снижением скорости процессов разложения. Травянистые растения преобладали на ранних стадиях формирования торфяных отложений, удаленных от берега. В прибрежных экосистемах были распространены тундры с доминированием вересковых кустарничков, как в восточной части гряды, так и в западной. Потепление климата в середине голоцена (7000-5000 л.н.) привело к заболачиванию удаленных от берега экосистем и распространению осоковых на западных островах в результате

разрастания сфагновых мхов. С окончанием потепления, на месте заболоченных территорий распространились злаковые тундры, однако локальное увлажнение отдельных местообитаний осталось высоким. На центральных островах в связи с потеплением не происходило смен растительных сообществ (Heusser, 1978, 1990). В восточной части гряды климат становился относительно менее влажным с 8700 и 6500 л.н., в результате чего увеличивалось участие злаков по сравнению с осоками в удаленных от берега местообитаниях, несмотря на увеличение локального увлажнения (Рис. 3). Заметное похолодание началось во всем регионе Алеутских островов неравномерно от 4700 до 3000 л.н., что наиболее заметно повлияло на растительность островов гряды. На западных островах в удаленных от берега местообитаниях распространились тундры с доминированием вересковых кустарничков. В восточной части гряды в составе сообществ также увеличилось участие вересковых, однако преобладали травяные сообщества в связи с более теплым климатом. На центральных островах влияние похолодания было менее выражено, однако в растительном покрове также увеличилась доля вересковых. Наступление Малого ледникового периода, проявление которого было также неравномерно, как и в континентальных условиях (был выражен 1450-1380, 820-680, 460-290 и 190-120 л.н.), привело к уменьшению локальной влажности на восточных и западных островах, где в составе торфа уменьшилось участие *S. lyngbyei* и увеличилось участие злаков. На центральных островах гряды в этот период в спорово-пыльцевых спектрах увеличилось участие типов пыльцы, характерных для более влажных местообитаний (*Syringaceae*, *Ranunculaceae*, *Polypodiaceae*).

#### **4.3 Влияние вулканической активности на условия локального увлажнения и растительность Алеутских островов**

Вулканические извержения не оказывали заметного влияния на растительный покров восточных островов, но вызывали смены растительности на центральных островах. На островах Уналашка и Карлайл выпадение слоев пепла мощностью от 10 до 20 см вызывало увеличение локального увлажнения и изменение состава растений-торфообразователей (Рис. 2). На основе результатов спорово-пыльцевого анализа, показано, что в растительном покрове появились фрагменты растительности, характерной для заболоченных местообитаний. Пеплы мощностью 4 см и больше приводили к увеличению дренированности субстрата и активизации процессов разложения органического вещества, о чем свидетельствуют изменения изотопного

сигнала торфа, перемешанного с частицами пепла. В результате выпадения пеплов меньшей мощности, локальное увлажнение и растения-торфообразователи не изменялись. На восточных островах выпадение пеплов различной мощности не приводило к изменению состава растительности, но вызывало изменения относительного участия пыльцы Poaceae и Cyperaceae продолжительностью в несколько десятков лет. На центральных островах выпадение пеплов различной мощности приводило к смене растительных сообществ на сотни лет в результате уменьшения дренированности субстрата. Изменения растительного покрова на о. Атту не были связаны с обнаруженными в торфе слоями пепла, а происходили из-за климатической динамики.

#### **4.4 Влияние колоний морских птиц на растительность Алеутских островов**

В прибрежных экосистемах западных и восточных островов появление колоний морских птиц, которое мы регистрировали по увеличению значений  $\delta^{15}\text{N}$ , приводило к смене первичных кустарничковых тундр на сообщества с доминированием травянистых растений. Увеличение интенсивности отложения гуано на о. Шемья до 9-10‰ привело к формированию орнитогенной растительности с доминированием зонтичных. В результате сокращения воздействия морских птиц около 3000 л.н. в сообществах вместе с зонтичными стали доминировать злаки, что сходно с современной орнитогенной растительностью на островах Булдырь и Медный. Дальнейшее сокращение численности морских птиц привело к распространению на побережье о. Шемья осоковых тундр. Кустарничковые тундры не возобновились на побережье острова, как это отмечено при современных изучениях орнитогенной растительности островов. В результате умеренного привноса гуано ( $\delta^{15}\text{N}$  не превышало 5‰) в течение 5000 лет, на побережье о. Карлайл существовали осоковые тундры, не сменявшиеся ни орнитогенной растительностью, ни кустарничковыми тундрами. Увеличение привноса морского азота в результате увеличения численности морских птиц на периоды длительностью менее 650 лет не вызывало возникновения орнитогенной растительности. В обоих случаях, дополнительный привнос биогенных элементов в бедные наземные экосистемы островов приводил к смене первичных кустарничковых сообществ на травяные, а возникающая на их месте растительность была не чувствительна к региональным климатическим сдвигам.

#### 4.5 Антропогенное влияние на растительность Алеутских островов

Открытие и освоение островов гряды древними алеутами приводило к изменению численности морских птиц, гнездящихся на побережье островов. В результате охоты на морских птиц, интенсивность привноса биогенных элементов с их гуано сократилась, что вызвало существенные изменения состава и продуктивности растительных сообществ. Таким образом, в случае прибрежных экосистем, древние люди опосредованно вызывали значительные изменения растительности. Кроме того, по снижению значений  $\delta^{15}\text{N}$  в прибрежных торфяниках можно сделать вывод о более раннем заселении островов Карлайл и Шемья, чем это на данный момент известно по археологическим данным. Антропогенное влияние не прослеживается в удаленных от берега растительных сообществах ни по составу сообществ, ни по динамике  $\delta^{15}\text{N}$ .

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ранние этапы истории растительности Алеутских островов определялись местоположением в пределах острова. Наиболее заметно отличались между собой прибрежные и удаленные от берега местообитания. Кустарничковые тундры формировались на побережье как восточных, так и западных островов. В удаленных от берега местообитаниях преобладали растительные сообщества с доминированием травянистых растений. Более благоприятные условия раннего голоцена не привели к увеличению скорости роста торфяных отложений, как это происходило в случае материковых торфяников. Отличие прибрежных и удаленных от берега местообитаний проявилось в различии динамики растительных сообществ на протяжении всего голоцена. Растительный покров прибрежных местообитаний практически не зависел от климатических сдвигов, поскольку его состав определялся интенсивностью привноса биогенных элементов с гуано морских птиц. Кустарничковые тундры, устойчивые к воздействию сильного ветра и высокому дренированию субстрата, сменялись травянистыми сообществами в результате воздействия морских птиц различной интенсивности. При увеличении привноса морского азота в течение более чем 650 лет формировались орнитогенные растительные сообщества с доминированием зонтичных и злаков. Постоянное воздействие умеренной интенсивности в течение тысяч лет не приводило к формированию орнитогенной растительности, как и интенсивные воздействия продолжительностью менее 650 лет. Влияние птиц не затрагивало изученные торфяные отложения, расположенные вдали от берега. Потепление климата 7000-5000 л.н. привело к заболачиванию удаленных от берега местообитаний западных

островов в результате разрастания сфагновых мхов, но никак не сказалось на скорости роста торфяников. В центральной части гряды этот период не повлиял на растительность, поскольку она оказалась более чувствительной к вулканическим извержениям, которые приводили к регулярным заболачиваниям и изменениям состава сообществ. В восточной части гряды выпадение пеплов также приводило к увеличению локального увлажнения, однако растительность в большей степени реагировала на региональные климатические сдвиги — в результате уменьшения влажности климата в составе сообществ увеличивалось участие злаков. Пеплы мощностью от 10 до 20 см вызывали увеличение мозаичности растительного покрова из-за его фрагментарного заболачивания. Похолодание в период неогляциала, начавшегося около 3000 л.н., привело к преобладанию кустарниковых тундр с доминированием вересковых на западных островах гряды и злаковых тундр на восточных. Малый ледниковый период привел к наиболее заметному изменению ботанического состава торфа на изученных островах. Антропогенное влияние, по-видимому, не сказалось на удаленной от берега растительности во всех частях гряды, однако опосредованно вызвало значительные изменения состава прибрежных растительных сообществ. Таким образом, не подтвердилось выдвинутое ранее предположение об определяющем влиянии вулканической активности на растительность островов Командорско-Алеутской гряды, а локальные условия в большей степени повлияли на различие динамики прибрежных и удаленных от берега растительных сообществ.

#### **Перспективы для дальнейшей разработки темы:**

Следующим важным этапом в разработке темы может стать реконструкция растительности на Командорских островах, являющихся частью Командорско-Алеутской гряды, но отличающихся заметно меньшим количеством выпадающих в течение года осадков. Кроме того, растительность Командорских островов не подвергалась антропогенному воздействию вплоть до 18 века. В связи с этим необходимо также реконструировать растительность небольших островов Хог и Анангула, расположенных в восточной части гряды, на которых находятся самые древние свидетельства заселения гряды алеутами в начале голоцена. Закономерным этапом исследования станет установление изотопной подписи злаков и осок в местообитаниях с различным локальным увлажнением. Далее необходимо изучить влияние климатических условий на ранние этапы формирования торфяных отложений,

для чего необходимо исследовать относительно молодые торфяные отложения на предмет выявления диагенетических процессов. С одной стороны, новые отложения позволят получить более полную картину динамики растительности Алеутских островов в течение голоцена. С другой стороны, большее число реконструкций позволит строить регрессионные модели для количественной оценки вклада рассмотренных выше факторов и для предсказания дальнейших изменений растительного покрова. Существенное улучшение интерпретации уже полученных и дальнейших результатов неразрывно связано с изучением современного пыльцевого дождя и поверхностных спектров в различных типах растительного покрова в пределах одного острова.

### ВЫВОДЫ

1. Изученные торфяные отложения островов Командорско-Алеутской гряды сложены торфом осокового типа. Исходя из отсутствия значимых положительных корреляций между  $\delta^{13}\text{C}$  и C/N, отложения на протяжении большей части своего формирования не были подвержены диагенетическим процессам, что позволяет использовать их для реконструкции динамики локального увлажнения.
2. Положение торфяных отложений в рельефе в большей степени, чем климат определяло динамику их локального увлажнения, реконструированную по  $\delta^{13}\text{C}$ .
3. Согласно спорово-пыльцевым данным, прибрежные и удаленные от берега растительные сообщества и их динамика отличались друг от друга сильнее, чем в разных частях гряды.
4. В удаленных от берега моря местообитаниях, смены растительных сообществ в большей степени определялись климатическими изменениями, чем локальным увлажнением или вулканической активностью. Наиболее заметно в истории растительности проявился период похолодания, начавшийся около 3000 л.н.
5. На восточных островах гряды вулканическая активность не вела к сменам растительных сообществ. Выпадение череды пеплов приводило к увеличению локального увлажнения, что вызывало мозаичное заболачивание местообитаний, а не значительные изменения состава растительности. На центральных островах растительный покров изменялся чаще, чем в восточной



части гряды, из-за большего влияния пеплов на растительность и локальное увлажнение.

6. В результате привноса биогенных элементов с гуано морских птиц (о чем свидетельствует увеличение  $\delta^{15}\text{N}$ ) на месте кустарничковых тундр формировались травяные сообщества. При длительном (более 650 лет) и интенсивном воздействии птиц формировались специфические орнитогенные сообщества с доминированием зонтичных и злаков.
7. Умеренное воздействие птиц на протяжении тысячелетий не приводило к возникновению специфических орнитогенных сообществ, как и интенсивные воздействия в течение нескольких сотен лет. После сокращения численности морских птиц вересковые кустарнички не возвращались в состав растительных сообществ в течение сотен и тысяч лет.
8. В процессе постепенного заселения островов Командорско-Алеутской гряды, древние алеуты сокращали или полностью уничтожали колонии морских птиц, вызывая, таким образом, заметные изменения прибрежной растительности.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Статьи в журналах, рекомендованных ВАК:

1. **Smyshlyayeva, O. I.**, Severova, E. E., Krylovich, O. A., Kuzmicheva, E. A., Savinetsky, A. B., West, D. L., Hatfield, V. L. Ornithogenic vegetation: How significant has the seabird influence been on the Aleutian Island vegetation during the Holocene? // *Ecology and Evolution*. – 2021. – V. 11. – №. 20. – С. 14088-14100.
2. Kuzmicheva, E. A., **Smyshlyayeva, O. I.**, Vasyukov, D. D., Khasanov, B. F., Krylovich, O. A., Okuno, M., West, D. L., Hatfield, V. L., Savinetsky, A. B. A 7300-year-old environmental history of seabird, human, and volcano impacts on Carlisle Island (the Islands of Four Mountains, eastern Aleutians, Alaska) // *Quaternary Research*. – 2019. – V. 91. – №. 3. – С. 934-952.
3. **Смышляева, О. И.**, Северова, Е. Э., Хасанов, Б. Ф., Крылович, О. А., Кузьмичева, Е. А., Савинецкий, А. Б. История растительности Ближних островов Алеутской гряды в голоцене // *Известия Российской академии наук. Серия биологическая*. – 2021. – №. 4. – С. 389-398.

Neplyukhina, A. A., Tchabovsky, A. V., Gololobova, M. A., **Smyshlyaeva, O. I.**, Krylovich, O. A., Savinetsky, A. B., Kotov, A. A. The Holocene History of the Diatom Community in a Small Water Body on Shemya Island (Aleutian Arc, USA): The Influence of Global and Local Environmental Changes // *Water*. – 2021. – V. 13. – №. 21. – С. 3134.

**Публикации в других изданиях и сборниках конференций:**

1. Смышляева, О. И., Кузьмичёва, Е. А., Васюков, Д. Д., Хасанов, Б. Ф., Крылович, О. А., Савинецкий А. Б. История формирования растительности острова Карлайл (Алеутские острова, Аляска) в течение последних 7300 лет // *Материалы IV (XII) Международной ботанической конференции молодых учёных в Санкт-Петербурге*. – 2018. – СПб. – С. 98-99.
2. Смышляева, О. И., Кузьмичёва, Е. А., Васюков, Д. Д., Хасанов, Б. Ф., Крылович, О. А., Савинецкий, А. Б. 7300-летняя история формирования растительности острова Карлайл (Аляска, Алеутские острова): птицы, вулканы и люди // *Геохронология четвертичного периода: инструментальные методы датирования новейших отложений: тезисы докладов Всероссийской научной конференции (с международным участием), посвященной 90-летию со дня рождения Л.Д. Сулержицкого*. – 2019. – М. – С. 89
3. Смышляева, О. И., Северова, Е. Э., Хасанов, Б. Ф., Крылович, О. А., Савинецкий, А. Б. История формирования растительности острова Шемя (Алеутские острова): внутренние и прибрежные растительные сообщества островов // *Материалы V Всероссийской научной конференции с международным участием «Динамика экосистем в голоцене» (к 100-летию Л.Г. Динесмана)*. – 2019. – М.: Медиа-ПРЕСС. – С. 299-301.
4. Смышляева, О. И., Кузьмичева, Е. А., Крылович, О. А., Савинецкий, А. Б. Локальные условия увлажнения и влияние колоний морских птиц: что стабильные изотопы углерода и азота могут рассказать об истории формирования торфяников Алеутских островов // *Сборник тезисов Второй Всероссийской научной конференции (с международным участием) “Геохронология четвертичного периода: инструментальные методы датирования новейших отложений”*. – 2022. – М. – С. 72.
5. Смышляева, О. И. Динамика растительности Алеутских островов в голоцене: ключевые факторы // *Материалы V (XIII) Международной ботанической конференции молодых ученых в Санкт-Петербурге*. – 2022. – СПб. – С. 84-85.