

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Виноградов Александр Алексеевич

**Восточносаяно-Прибайкальский оробiom: ботаническое и экосистемное
разнообразие**

Специальность 1.6.12. Физическая география и биогеография,
география почв и геохимия ландшафтов

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Москва – 2026

Диссертация подготовлена на кафедре биогеографии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

Научный руководитель:

Бочарников Максим Викторович,
кандидат географических наук

Официальные оппоненты:

Гуня Алексей Николаевич – доктор географических наук, Институт географии Российской академии наук, отдел физической географии и проблем природопользования, ведущий научный сотрудник

Намзалов Бимба-Цырен Батомункуевич – доктор биологических наук, профессор, Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова, Институт естественных наук, кафедра ботаники, профессор

Софронов Александр Петрович – кандидат географических наук, Институт географии Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория физической географии и биогеографии, заведующий лабораторией

Защита состоится 09 апреля 2026 г. в 15 часов 00 минут на заседании диссертационного совета МГУ.016.9 Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, Главное здание МГУ, географический факультет, 18-й этаж, ауд. 1807.

E-mail: dissovetmsu016.9@yandex.ru

С диссертацией можно ознакомиться в отделе диссертаций научной библиотеки МГУ имени М.В. Ломоносова (Ломоносовский просп., д. 27) и на сайте АИС «Диссовет»: <https://dissovet.msu.ru/dissertation/3632>.

Автореферат разослан «__» марта 2026 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат географических наук



М.А. Смирнова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований и степень её разработанности. Горные территории характеризуются высоким биоразнообразием и сложной пространственной организацией экосистем, обусловленной трёхмерностью рельефа, высотным градиентом биоклиматических показателей и мозаичностью местообитаний на склонах (Вальтер, 1968; Global..., 2000). Для устойчивого развития горных регионов критически важно изучать их биогеографию на всех уровнях – от глобального до локального (Сочава, 1980а). В этом контексте продуктивен эколого-географический подход, позволяющий систематизировать знания о пространственной организации горного биоразнообразия, раскрывать взаимодействие компонентов биоты с окружающей средой и выявлять закономерности распределения биоты в условиях высотной поясности.

Методологической основой исследования выступает экосистемная концепция. Она даёт возможность интегрального анализа взаимосвязи растительного покрова гор с условиями его развития с учётом истории формирования природных комплексов. В качестве опорных единиц анализа выступают региональные биомы, базовым компонентом которых является растительность (Карта «Биомы...», 2018; Огуреева и др., 2025). Особую роль в изучении экологического потенциала гор играют горные биомы (оробиомы), отражающие исторически сложившуюся высотно-поясную структуру растительности и адаптацию биоты к специфике местных экосистем (Огуреева, Бочарников, 2017).

Исследования биоразнообразия гор на единой научно-методической основе требуют разработки алгоритма его анализа, реализация которого проведена на примере Восточносаяно-Прибайкальского оробиома, неравномерно и малоизученного в ботанико-географическом отношении. Оробиом относится к Южносибирской группе со сложной структурой высотной поясности растительности и высоким разнообразием горных экосистем. Актуальной задачей выступает проведение объективной региональной дифференциации оробиома, находящей выражение в разнообразии высотных поясов и высотно-поясных рядов, состав которых используется при выделении географических вариантов оробиома. Биоклиматическое обоснование пространственной организации растительного покрова необходимо для понимания географии экосистемного разнообразия гор.

Картографическое обеспечение работ по изучению оробиома позволяет получить новые знания о его ботаническом и экосистемном разнообразии и повышает достоверность полученных в ходе исследования результатов. Наряду с решением фундаментальных проблем биогеографии гор в работе решается ряд прикладных задач, касающихся трансформации экосистем и их охраны при возрастающем антропогенном воздействии.

Цель и задачи работы.

Цель исследования – выявить пространственную организацию экосистемного разнообразия Восточносаяно-Прибайкальского таёжного оробиома для расширения знаний о географии биоразнообразия горных биомов и информационного обеспечения их исследований.

Для достижения цели поставлены следующие *задачи*:

- провести ботанико-географический анализ Восточносаяно-Прибайкальского оробиома с обоснованием внутренней дифференциации оробиома с учётом высотно-поясного распределения растительного покрова и биоклиматических показателей;

- определить флороценоотипы высотных поясов Окинского географического варианта оробииома на основе оценки ботанического (флористического и фитоценоотического) разнообразия;
- на основе создания и анализа биоэкологических карт раскрыть разнообразие экосистем Окинского варианта с определением их статуса и роли по занимаемой площади в пределах высотных поясов и обосновать природоохранную ценность редких экосистем.

Научная новизна. Впервые раскрыта география экосистемного разнообразия и региональные особенности Восточноаяно-Прибайкальского оробииома, определена общая высотно-поясная структура растительности и 6 его географических вариантов. Предложен новый подход к оценке экосистемного разнообразия гор с учётом статуса и роли горных экосистем в пределах каждого пояса. На основе анализа созданной серии биоэкологических карт выделены высотные пояса, определены их пределы, площади, климатопы и биоразнообразие. Для Окинского варианта оробииома выявлены основные ботанико-географические особенности (флористическое богатство и типологический состав сообществ); определены флороценоотипы поясов, предлагаемые в качестве опорных единиц ботанического разнообразия, и их связь с биоклиматическими показателями; обоснована экотопическая приуроченность бореальных и гемибореальных лесов горнотаёжного пояса; для каждого пояса показано поясное сочетание экосистем. Описаны редкие экосистемы старовозрастных лиственнично-еловых лесов на лавовых отложениях.

Теоретическая и практическая значимость. Результаты исследования расширяют знания о биоразнообразии горных территорий. Разработан алгоритм выявления экосистемного разнообразия и пространственной структуры Восточноаяно-Прибайкальского оробииома, определены возможности его применения в области биогеографии и экологии гор на единой научно-методической основе.

Обоснована природоохранная ценность редких экосистем старовозрастных лиственнично-еловых лесов на выходах лав в долине р. Жом-Болок, которые занимают малую площадь и имеют локальное распространение только в этом оробииома. Сохранившиеся массивы этих лесов рекомендованы к охране на федеральном уровне.

Результаты исследований используются национальным парком «Тункинский» в целях экологического мониторинга и при планировании мероприятий по сохранению биоразнообразия. Материалы исследования применены в работе над коллективной монографией «Биоразнообразие горных биомов России» (2025), востребованы для проведения занятий по учебным курсам географического факультета МГУ.

Объекты и методы исследования. Теоретической и методологической основой исследования послужили работы отечественных и зарубежных ученых в области биогеографии, географии биоразнообразия, биомного разнообразия, биогеографического картографирования, связанные с экосистемным подходом при классификации горных экосистем и оценке их пространственной организации: Е.М. Лавренко, В.Б. Сочава, Б.А. Юрцев, О.С. Гребенщиков, Р.В. Камелин, В.Н. Сукачёв, П.Н. Овчинников, Г.Н. Огуреева, Л.И. Малышев, М.И. Назаров, Б.-Ц.Б. Намзалов, С.А. Барталёв, Н. Walter, R.H. Whittaker, E. Odum, L. Mucina, J. Loidi, M.C. Rutherford и др.

Исследование базируется на материалах, собранных автором в ходе полевых работ в 2019, 2023–2025 гг. в различных районах Восточного Саяна (Окинское плато и окружающие хребты, Тункинская котловина, хребет Хамар-Дабан, Прихубсугулье). Полевые исследования включали составление полных и кратких геоботанических описаний, проводившихся по стандартной методике (Сукачёв, Зонн, 1961). Всего с участием автора составлено 96 полных и 41 краткое описание. В работе использованы фондовые материалы баз данных GBIF и IBIS (Зверев, 2012).

При обработке материалов применены геоботанические, флористические, сравнительно-географические, статистические методы и картографирование с использованием ГИС. Типологическое разнообразие растительных сообществ выявлено по географо-генетической классификации В.Б. Сочавы (1980а). Ординация сообществ проведена методом DCA (Hill, Gauch, 1980), сравнение высотно-поясных комплексов ценофлор – с помощью мер включения и соответствия (Юрцев, Сёмкин, 1980). Карты растительности созданы на основе космических снимков Landsat-7 GLAD ARD (2017–2021) (Potapov et al., 2020) в QGIS. Статистическая обработка и картографирование выполнялись в ArcGIS Pro, SAGA GIS и STATISTICA.

Положения, выносимые на защиту.

1. Взаимосвязь растительных сообществ по горному профилю формирует целостность Восточносаяно-Прибайкальского оробิโอма, проявляющуюся в соответствии с высотным градиентом биоклиматических характеристик, в первую очередь, теплообеспеченности. Нивально-субнивальная, гольцовая, горнотундровая, подгольцовая, горнотаёжная, подтаёжная и лесостепная пояса растительности составляют общий высотно-поясной ряд оробิโอма. Формационный состав поясов обуславливает дифференциацию оробิโอма, позволяя выделить 6 его географических вариантов.

2. Ботаническое (флористическое и фитоценотическое) разнообразие Окинского географического варианта раскрывается через 6 флороцено типов каждого высотного пояса растительности. В целом флора Окинского варианта является бореальной со значительной ролью альпийских элементов. Разнообразие растительных сообществ рассмотрено в пределах 3 типов растительности – горнотундрового, бореального и степного.

3. Региональные оробиомы состоят из поясных сочетаний экосистем, в каждом из которых их статус (экопическая приуроченность и ценотическая значимость) и роль (по занимаемой площади) различаются. Выделяются основные поясные (климатипы) и сопутствующие экосистемы, эдафические, гидроморфные варианты и долинские комплексы экосистем.

Степень достоверности. Результаты исследования основаны на большом объёме оригинального полевого материала, дистанционных и фондовых данных, обработанных в соответствии с используемыми в ботанико-географических исследованиях методиками. Основные результаты опубликованы в рецензируемых журналах, индексируемых в базе данных Российского индекса научного цитирования «eLibrary Science Index», а также представлены в виде докладов на международных и российских научных конференциях.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы были представлены на научных конференциях: II Международной научно-практической конференции «Куражсковские чтения» (Астрахань, 2023); Международной научной конференции «Картографирование биоты: традиции и актуальные вопросы развития» (Иркутск, 2023); XXXI Международной научной конференции студентов, аспирантов и

молодых учёных «Ломоносов», МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва, 2024); XXI Конференции молодых географов Сибири и Дальнего Востока (с международным участием) (Иркутск–Байкальск, 2024); IX Всероссийской конференции с международным участием «Горные экосистемы и их компоненты» (Нальчик, 2024). На заседании комиссии биогеографии МГО РГО представлен доклад на тему «Ботаническое разнообразие Восточно-Саяно-Прибайкальского оробิโอма» (Москва, 2025).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 4 научные работы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности и отрасли наук. Разработанные подходы к выявлению и оценке ботанического и экосистемного разнообразия лесов Северовосточно-Забайкальского оробิโอма опубликованы в работе (Огуреева и др., 2022), вклад автора – 35%. Результаты картографирования лесов Северного Забайкалья, анализ их пространственной структуры опубликованы в работе (Бочарников, Виноградов, 2022), вклад автора – 45%. Раскрыта высотно-поясная структура растительного покрова и выявлена роль листовеннично-еловых лесов и их природоохранная ценность на примере Окинского плато (Vinogradov et al., 2024), вклад автора – 80%. Выявлена специфика еловых лесов долины р. Жом-Болок (Serebryanui et al., 2025), вклад автора – 15%.

Личный вклад автора состоит в организации и проведении экспедиционных работ 2019, 2023–2025 гг. в горах Южной Сибири, сборе и систематизации полевых данных, фондовых, литературных и картографических материалов, создании 12 биоэкологических карт и их анализе, а также написании текста работы.

Объём и структура работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы и 3 приложений. Материал изложен на 323 страницах, основной текст изложен на 184 страницах и включает 25 таблиц и 64 рисунка. Библиографический список насчитывает 200 наименований, в том числе 49 – на иностранном языке.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В **главе 1** рассмотрены основные положения экосистемного подхода в биогеографии для изучения географии биоразнообразия гор. Приводится иерархия экосистемного разнообразия с обоснованием оробิโอма как опорной единицы его анализа (Walter, Breckle, 1991; Биоразнообразие..., 2025). **Оробиом** представляет собой совокупность природных горных экосистем, разнообразие которых формируется в рамках выраженного по всему высотно-поясному ряду растительности типа поясности. Формационный состав высотных поясов, а также специфика их положения на высотных спектрах позволяют выявлять внутренние различия оробิโอма и выделять его **географические варианты**.

В **главе 2** приведены материал и методы исследования. Работа основана на литературных, фондовых, дистанционных и полевых данных. Анализ *литературных источников* позволил определить современный уровень ботанико-географической изученности территории исследования, её флористическое (Малышев, Пешкова, 1984; Холбоева, 2000; Намзалов, 2021), фитоценоотическое (Назаров, 1935; Смагин и др., 1980; Алымбаева, 2005; Рысин, 2010) разнообразие, историю развития растительности (Белов, 1973; Безрукова и др., 2022).

В работе использованы *картографические и дистанционные данные*: цифровая карта растительности России (Баргалёв и др., 2011, 2016), карта экосистем

Монголии (Ecosystems..., 2019), цифровая модель рельефа SRTM-3 (ЦМР), глобальная климатическая модель CHELSA (Karger et al., 2017), космические снимки Landsat-7 за 2017–2021 гг., данные метеостанций (<http://www.pogodaiklimat.ru/>).

Для анализа Окинского географического варианта оробиома оцифрованы листы карт (м. 1:1 000 000): «Государственная почвенная карта СССР» (1948–1963), «Государственная геологическая карта России» (https://karpinskyinstitute.ru/ru/info/pub_ggk1000-3/).

Анализ флористического разнообразия основан на полевых данных и сведениях из баз данных IBIS (Зверев, 2012) и GBIF. Для выявления типологического состава растительности использованы 168 геоботанических описаний, включая 93 оригинальных описания, материалы С.А. Холбоевой (IBIS) и М.И. Назарова (1935). Геоботанические описания проведены с определением фитоценологических признаков, экотопических характеристик, GPS-привязкой пробных площадей, оценкой обилия и проективного покрытия видов растений (Сукачёв, Зонн, 1961).

Методы исследования

В работе составлено 12 биоэкологических карт для анализа экосистемного разнообразия Восточнаяно-Прибайкальского оробиома и его географических вариантов. Карта растительности России (Барталёв, 2016) была сопряжена с ЦМР для построения карты высотных поясов, что позволило выявить высотно-поясную структуру оробиома. Дифференциация растительности оценивалась с помощью критерия χ^2 по типологическому составу и площади сообществ на высотных ступенях с шагом 100 м.

При картографировании на основе космических снимков Landsat-7 GLAD ARD (Potarov et al., 2020) и ЦМР, использованной для создания 7 морфометрических переменных (Wood, 2009; Jasiewicz, Stepinski, 2013), применён метод random forest. Оценка пригодности переменных проведена с использованием дискриминантного анализа. Создано 114 эталонов сообществ, их качество проверено методом Карра-статистики. На основе карт растительности, высотных поясов, геологической и почвенной карт составлена карта экосистем Окинского варианта (м. 1:1 000 000). По дистанционным данным о распространении лесов и их изменениях из-за пожаров и рубок (Тукавина et al., 2022) составлена карта нарушенности лесных экосистем.

Анализ климатических условий оробиома проводился путём сопряжения карты высотных поясов и модели CHELSA, что позволило выявить биоклиматические показатели поясов, которые в совокупности описывают тепло-, влагообеспеченность и условия континентальности их климатополюсов (сочетание физических характеристик воздушной среды, имеющие специфику влияния на растительный покров). Для сравнения и выявления статистических различий климатических условий между поясами географических вариантов оробиома применялся дисперсионный анализ (Chytry et al., 2008).

Оценка флористического разнообразия Окинского географического варианта оробиома проведена на основе высотно-поясных комплексов ценофлор (Седельников, 1988; Ермаков, 2006; Кучеров, Зверев, 2014). Создана флористическая база данных с 9408 находками сосудистых растений, привязанными к высотным поясам. Для анализа пространственной организации флористического разнообразия Окинского варианта применялись меры включения и сходства (Сёмкин и др., 2009), использованные при сравнении флористического разнообразия высотных поясов.

Составленная сводная таблица геоботанических описаний легла в основу анализа *фитоценологического разнообразия*. Проведено описание растительных

сообществ с применением географо-генетического подхода. С помощью метода DCA (Hill, Gauch, 1980; McCune, Mefford, 2006) и дискриминантного анализа определены статистически значимые экологические факторы среды, влияющие на дифференциацию лесов.

Латинские названия сосудистых растений даны по чек-листу сосудистых растений Азиатской России (Cheripnoga et al., 2024) с изменениями для ряда таксонов, мхов – по флоре мхов России (Ivanov et al., 2017), лишайников – по списку лишенофлоры России (Урбанавичюс, 2010).

В главе 3 раскрывается высотно-поясная организация Восточносаяно-Прибайкальского оробиома, выделяются 6 его географических вариантов, даётся обоснование проведения их границ.

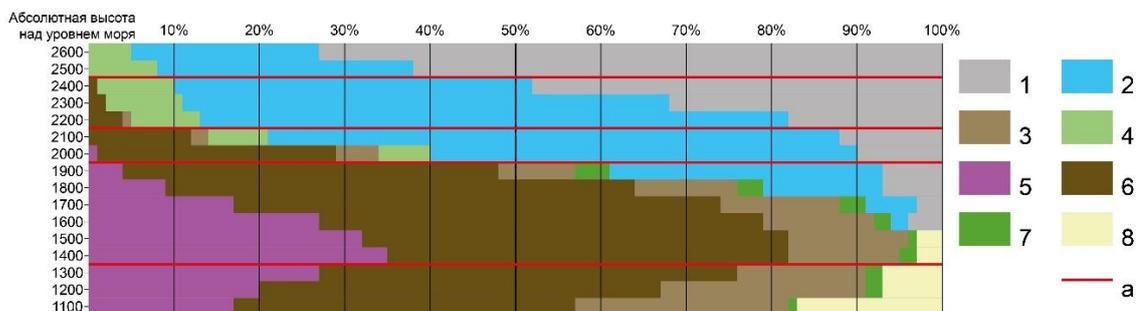
Восточносаяно-Прибайкальский оробиом сложился в восточной части Алтае-Саянской горной системы под влиянием тектонических процессов и сложной пространственной дифференциации, включает хребты Восточного Саяна (до 3500 м), Хамар-Дабан (2623 м), Академика Обручева (2895 м) и южные хребты Тувинского нагорья. Территория характеризуется горстово-блоковыми поднятиями, поверхностями выравнивания, межгорными котловинами и сейсмоактивностью. Следы древнего оледенения сохранились на многих хребтах, а современное оледенение ограничено (Олюнин, 1975).

Почвенный покров региона пёстрый и подчиняется высотно-поясной структуре: в горнотундровом поясе – петрозёмы и литозёмы, в горнотаёжном – подбуры, дерново-подзолистые и дерново-подбурные почвы, в лесостепном – серо- и темногумусовые почвы (Иметхенов, 2019).

Климат континентальный, температуры варьируют от $-24,5$ °С в январе до $+17,1$ °С в июле (Харламова, Останин, 2013). Из-за близости Байкала на восточных склонах Хамар-Дабана выпадает больше всего осадков (1376 мм).

Растительность Восточного Саяна, относящегося к природной области гор Южной Сибири (Сочава, 1980), входит в состав 3 фратрий классов растительных формаций: Восточносибирской горных тундр, Урало-Южносибирской бореальных лесов и Дауро-Монгольской степей. Основой фитоценотического разнообразия выступают кедровые (*Pinus sibirica*), пихтовые (*Abies sibirica*), еловые (*Picea obovata*) и лиственничные (*Larix sibirica*) леса.

Высотно-поясная дифференциация оробиома основана на представлениях о **высотном поясе** как структурно-динамической категории экосистемного разнообразия гор, объединяющей растительные формации одного или нескольких типов растительности и связанной с характерными климатическими условиями в пределах определённой высотной ступени. Особенности пространственной организации фитоценотического разнообразия в связи с градиентами биоклиматических показателей и перераспределением экотопических условий позволяют определять в пределах поясов **высотные подпояса** (Биоразнообразие..., 2025). Достоверность различий между растительностью поясов подтверждена критерием согласия χ^2 для всех вариантов оробиома: Северо-Восточносаянского, Хамар-Дабанского, Восточнотувинского, Окинского, Тункинского и Хубсугульского (рис. 1).



Ось X – доля растительных сообществ (в % от площади высотной ступени); ось Y – абсолютная высота над уровнем моря (м н.у.м.). Растительность поясов: гольцового: 1 – моховые тундры; горнотундрового: 2 – разнотравные тундры; подгольцового: 3 – лиственничные редколесья, 4 – ерниковые сообщества; горнотаёжного: 5 – кедрово-лиственничные леса, 6 – лиственничные леса; лесостепного: 7 – луговые степи, 8 – степи; а – границы поясов.

Рис. 1. Распределение растительности по абсолютной высоте на примере Окинского варианта оробиома.

Внутренняя дифференциация растительного покрова оробиома определена на основе анализа схем геоботанического районирования (Дендрология..., 1938; Геоботаническое..., 1947; Курнаев, 1973; Поликарпов и др., 1986; Камелин, 2010). Автором предлагается новая интерпретация высотно-поясной организации Восточносаяно-Прибайкальского оробиома, включающая 6 географических вариантов с включением высотно-поясного спектра Прихубсугулья: **Хамар-Дабанский** с кедровым стлаником и с подпоясом черневой тайги (до 800 м) (Малышев, Пешкова, 1984; Алымбаева, 2005; Чепинога и др., 2015); **Северо-Восточносаянский** с подтаёжными берёзовыми и сосновыми лесами (до 500 м); **Восточнотувинский** с кедровыми и кедрово-лиственничными лесами горнотаёжного пояса; **Тункинский** с лесостепным поясом с фрагментами подтаёжного с лиственничными и сосновыми лесами и дерновиннозлаковыми (*Festuca lenensis*, *Poa botryoides*, *Carex pediformis*) степями ниже 800 м (Холбоева, 2000); **Хубсугульский** с криофитными степями (1800–2000 м) и подушечниками (*Festuca lenensis*, *Koeleria cristata*, *Oxytropis oligantha*), характерными для гор Монголии (Агаханянц, 1981; Бочарников, 2021б); **Окинский** с 6 высотными поясами.

Обобщённый высотно-поясной ряд оробиома включает пояса: *нивально-субнивальный* (выше 3000 м) (каменистые россыпи и снежники с альпийскими видами) – *гольцовый* (выше 2500 м) (каменистые россыпи и осоково-моховые тундры) – *горнотундровый* (2000–2500 м) (осоково-моховые, дриадовые и кустарничково-лишайниковые тундры) – *подгольцовый* (1500–2000 м) (ерниковые сообщества, альпинотипные луга и криофитные степи) – *горнотаёжный* (800–1500 м) (кедровые, пихтово-кедровые и лиственничные леса) – *подтаёжный* и *лесостепной* (600–1200 м) (берёзово-лиственничные и сосновые леса, ковыльно-типчаковые степи) (рис. 2).

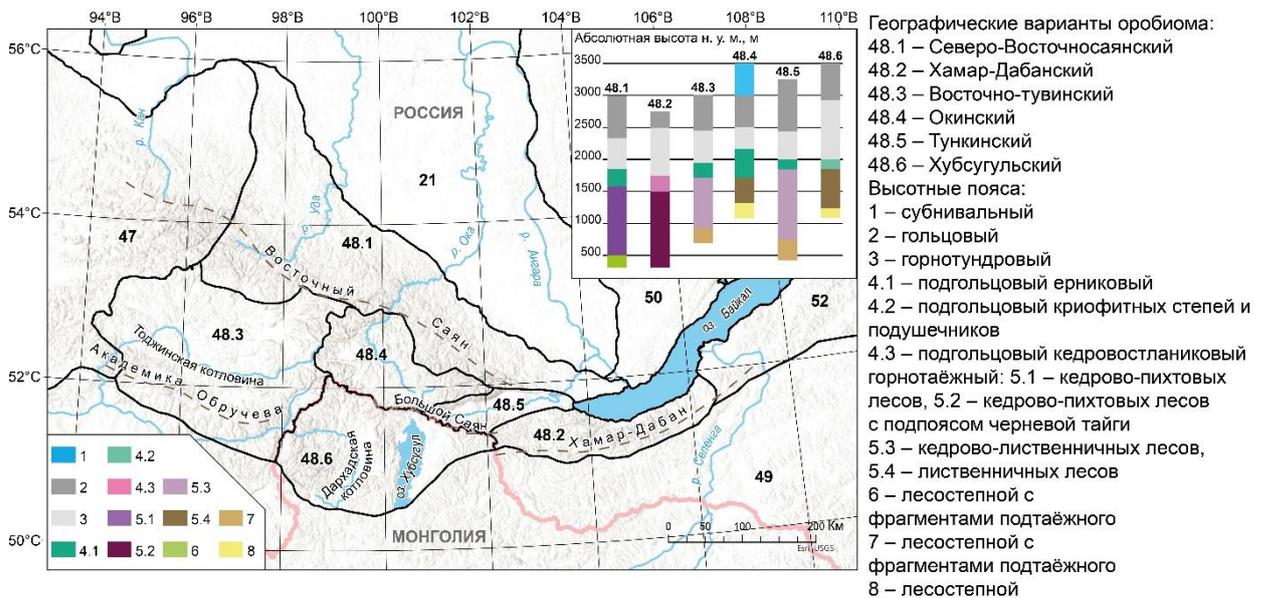
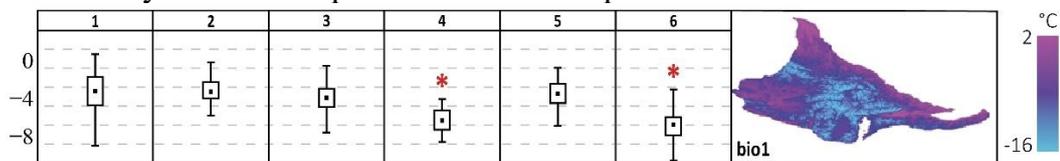


Рис. 2. Высотные пояса растительности Восточносаяно-Прибайкальского оробиома и его географических вариантов.

Экосистемное разнообразие Восточносаяно-Прибайкальского оробиома зависит от высотного градиента биоклиматических показателей и региональной климатической дифференциации (рис. 3). Выявлено, что изменение средней годовой температуры (на 1–2 °С) и осадков (на 50–80 мм) определяет высотно-поясную дифференциацию. Высокогорья разных вариантов оробиома имеют более схожие климатические условия по сравнению с межгорными котловинами.



bio 1 – средняя годовая температура воздуха, bio 13 – количество осадков самого влажного месяца, Io – омбротермический индекс.

Пояса, сходные в вариантах по термическим показателям ($p < 0.05$), обозначены звездочкой (*)

Географические варианты оробиома: 1 – Северо-Восточносаянский, 2 – Хамар-Дабанский, 3 – Восточнотувинский, 4 – Окинский, 5 – Тувинский, 6 – Хубсугульский.

Биоклиматические показатели горнотаёжного пояса						
	Северо-Восточносаянский	Хамар-Дабанский	Восточно-тувинский	Окинский	Тувинский	Хубсугульский
1	-2,7±1,9	-0,4±0,9	-3,1±1,3	-5,6±0,7	-2,9±1,2	-6,2±1,3
2	19,5±1,8	19,5±1,1	19,6±1,4	17,7±0,7	19,3±1,3	15,6±1,2
3	-24,9±1,7	-21,5±1,9	-26,1±1,5	-28,4±1,8	-25,6±1,6	-28,4±1,9
4	908,7±151,4	937,1±260,5	715,6±168,7	582,8±143	676,8±221,3	600,2±149,3

Биоклиматические показатели: 1 – средняя годовая температура (°С); 2 – средняя температура июля (°С); 3 – средняя температура января (°С); 4 – среднее годовое количество осадков (мм).

Рис. 3. Диаграммы размаха средних многолетних значений биоклиматических показателей горнотаёжного пояса.

В сухих и холодных условиях Окинского и Хубсугульского вариантов развиты лиственничные леса и степи, с увеличением тепла и влаги – сосново-берёзовые леса Тункинского, Восточнотувинского вариантов. Хамар-Дабанский вариант при меньшей континентальности климата из-за влияния Байкала отличается развитием черневой тайги. На северных наветренных склонах Восточного Саяна при большом количестве осадков произрастают подтаёжные леса. Эффект барьерной тени гор проявляется в увеличении континентальности и развитии криофитных степей в Окинском и Хубсугульском вариантах.

В главе 4 раскрывается ботаническое разнообразие Окинского географического варианта оробилома в соответствии с высотно-поясной структурой растительности. Оно оценивается на основе флористического (высотно-поясные комплексы ценофлор) и фитоценотического (растительные сообщества высотных поясов) разнообразий. Их совместное рассмотрение позволило выделить флороценоотипы поясов, предлагаемые нами в качестве естественных категорий ботанического разнообразия в горах. Они представляют собой совокупность растительных формаций, эдификаторы которых прошли общую адаптивную эволюцию под длительным влиянием физико-географических условий, и их видового состава (Овчинников, 1947; Камелин, 1979; Муртазалиев, 2022). В связи с малой ботанико-географической изученностью в работе дается ориентировочная оценка флороценоотипов, важная в контексте разработки алгоритма выявления ботанического разнообразия высотных поясов и его сравнительного анализа.

В основу анализа **флористического разнообразия** положено понятие о высотно-поясном комплексе ценофлор, объединяющем в рамках высотного пояса видовой состав всех его растительных формаций (Седельников, 1988). Состав флоры нивально-субнивального и гольцового поясов, имеющих ограниченное разнообразие местообитаний, по большей части образован видами горнотундрового и подгольцового комплексов. Комплексы подгольцового и горнотаёжного поясов Окинского варианта обладают наибольшим видовым богатством и сходством из-за взаимного проникновения элементов. Это связано с преобладанием бореальных видов, развивающихся в оптимальных условиях в горах Южной Сибири. Лесостепной комплекс специфичен; его биоценотический оптимум находится вне биома, и он содержит максимальное количество видов, характерных только для этого комплекса (Намзалов и др., 2021).

Фитоценотическое разнообразие Окинского варианта образовано сообществами Южносибирских географо-генетических комплексов: горных тундр, бореальных лесов и дерновиннозлаковых степей, которые подчиняются в своём распространении высотно-поясной структуре. Горнотаёжный пояс играет ключевую роль в сложении флороценотического разнообразия бореального оробилома.

Лиственничные леса являются доминирующими в горнотаёжном поясе (Назаров, 1935; Курнаев, 1973; Поликарпов и др., 1986). Фитоценотические особенности напочвенного покрова позволили выделить бореальные и гемибореальные лиственничные леса (Ермаков, 2003, 2006). Бореальные леса характеризуются типичными таёжными видами (*Pyrola rotundifolia*, *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *Ledum palustre*), тогда как в гемибореальных лесах преобладают лесостепные (*Carex macroura*, *Artemisia glauca*, *Vicia sepium*) и степные элементы. Темнохвойные формации занимают меньшие площади, тяготея к особым эдафическим условиям и долинам рек.

Пространственная дифференциация лесов Окинского варианта определяется абсолютной высотой и биоклиматическими показателями (рис. 4). Лиственничные гемибореальные леса занимают нижние части высотно-поясного ряда. Лиственничные бореальные леса с высотой сменяют гемибореальные леса, доходя до подгольцового пояса. Такое распределение лесов учитывалось при выделении подпоясов – верхнего бореальных лесов и нижнего гемибореальных лесов – в составе горнотаёжного пояса.

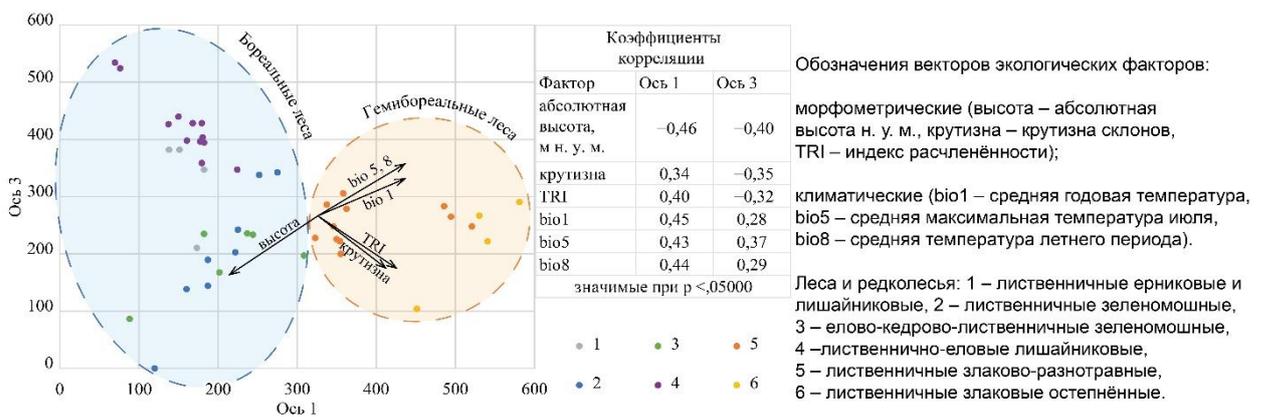


Рис. 4. Экологическая ординация лесов Окинского плато.

Флороценоотипы поясов Окинского варианта интегрально представляют его ботаническое разнообразие. **Флороценоотипы нивально-субнивального и гольцового поясов** представлены разреженными группировками преимущественно альпийских (*Festuca venusta*, *Rheum compactum*) и тундрово-высокогорных (*Festuca brachyphylla*, *Saxifraga cernua*, *Luzula nivalis*, *Arctostaphylos alpina*) видов в сочетании с лишайниковыми и моховыми группировками (разнообразие насчитывает около 200 видов, из них 1/3 составляют альпийские виды).

Флороценоотип горнотундрового пояса образован дриадовыми (*Dryas* spp.) и злаковыми (*Festuca ovina*, *F. komarovii*) формациями с участием альпийских видов (*Cerastium lithospermifolium*, *Doronicum altaicum*, *Ranunculus sajanensis* и др.) (разнообразие слагает около 480 видов, альпийских видов около 1/5). Бореальные виды связаны с ерниковыми сообществами, развивающимися в более тёплых условиях долин ручьёв.

Флороценоотип подгольцового пояса характеризуется доминированием сообществ ерниковых (*Betula rotundifolia*), дриадовых, овсяницево-тундр. Высока доля альпийских и тундрово-высокогорных видов (всего около 760 видов, альпийские и бореальные виды составляют по 1/5 разнообразия). Редким компонентом выступают криофитные степи, образованные монтанскими и альпийскими видами (*Festuca komarovii*, *Ptilagrostis mongholica*, *Poa glauca*), характерными для более сухих местообитаний. В нижних частях пояса развиваются лиственничные и кедровые лишайниковые и ерниковые редколесья.

Флороценоотип горнотаёжного пояса сформирован формациями лиственничных, кедровых и еловых лесов (разнообразие составляет около 700 видов с максимальной долей бореальных видов). В верхней части горнотаёжного пояса выделен подпояс бореальных лесов с доминированием лиственничных кустарниковых (*Rhododendron adamsii*, *Spiraea alpina*) кустарничковых (*Vaccinium uliginosum*, *Empetrum nigrum*) зеленомошных лесов и сопутствующих им елово-кедрово-лиственничных зеленомошных лесов. В нижней части формируется подпояс гемибореальных лиственничных злаковых (*Bromus sibiricus*, *Festuca ovina*) и разнотравных (*Aconitum barbatum*, *Bistorta vivipara*, *Vicia cracca*) лесов.

Флороценоотип лесостепного пояса образован ковыльными (*Stipa krylovii*), типчаковыми (*Festuca lenensis*) и разнотравными (*Artemisia frigida*, *Iris humilis*) степями и лиственничными гемибореальными лесами (разнообразие насчитывает около 330 видов, степные виды составляют 1/3, а бореальные – 1/4).

В главе 5 для анализа экосистемного разнообразия Окинского географического варианта оробиома предложены **поясные сочетания экосистем**.

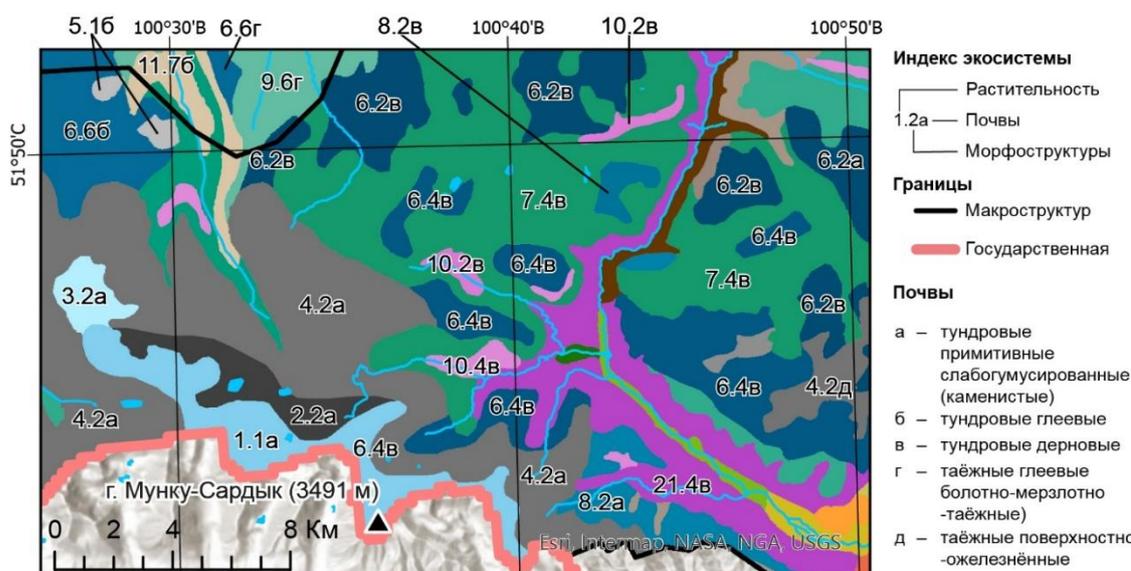
Пространственная организация экосистем выражена в соответствии с дифференциацией тепло- и влагообеспеченности по высотному градиенту и склонам разной экспозиции и крутизны, а также связана с экотопическим разнообразием на различных формах рельефа, что позволяет выделять в каждом высотном поясе экосистемы разного **статуса**. **Поясные экосистемы** выделяются как климаксные сообщества (климатипы) формаций, приуроченных к оптимальным условиям поясов. **Сопутствующие экосистемы** развиваются в близких к климатипам условиям, несколько отличаясь по экологии биотопов. **Эдафические варианты экосистем** занимают специфические местообитания по характеру почв и подстилающих пород. **Гидроморфные экосистемы** формируются в депрессиях в условия повышенного увлажнения. **Долинные комплексы экосистем** связаны с гидрологическим режимом рек. Различия по занимаемой площади в пределах поясов позволяет выделять экосистемы с разной **ролью по площади: доминирующие, содоминирующие и редкие**.

На созданной карте экосистем Окинского географического варианта (м. 1:1 000 000) отражена 131 экосистема. Легенда карты построена по матричному принципу: по горизонтали – растительные сообщества 6 высотных поясов, по вертикали – местообитания, включая типы макрорельефа, отложений и морфоструктур (рис. 5). Каждый высотный пояс имеет уникальное сочетание экосистем, что создает разнообразие оробиома, связанное с горными породами, климатом и историей растительности.

Впервые на примере Окинского варианта на основе экосистемного подхода раскрыто разнообразие высотных поясов. Определено, что близкие по фитоценолотическому составу экосистемы могут принимать разные статус и роль в разных поясах. Например, лишайниковые редколесья занимают большие площади в подгольцовом поясе и являются поясными, тогда как в горнотаёжном поясе они становятся сопутствующими при снижении их роли. Гетерогенная структура лесостепного пояса показана через поясные сочетания экосистем отличных по экологии ковыльно-типчаковых степей на световых склонах и лишайничных злаково-разнотравных лесов на теневых склонах.

В контексте экосистемного разнообразия, помимо широко распространённых экосистем, важна оценка **уникальных экосистем**. В Окинском варианте к ним относятся экосистемы на лавовых отложениях позднего плейстоцена и раннего голоцена (эдафический вариант). Они развиты в долине р. Жом-Болок и пади Хи-Гол (Vinogradov et al., 2024). В нижней части долины р. Жом-Болок выявлена связь разнообразия эдафических условий (Аржанников и др., 2015) с растительным покровом: его гетерогенная структура образована сочетанием лишайнично-еловых, лишайничных лесов, лишайниковых пустошей и степей.

Нарушенность экосистем. Антропогенное воздействие на экосистемы Окинского варианта существенно. Экосистемы подгольцового, горнотаёжного и лесостепного поясов, включая высокогорные луга и криофитные степи, подвержены выпасу скота. Пожары и рубки являются основными факторами нарушения горных лесов. Нарушенные леса составляют около 70 км². На ранних стадиях сукцессии на месте бореальных лишайничных и лишайничных с кедром лесов формируются кустарниковые сообщества. Затем эти сообщества сменяются лесами с преобладанием осины и берёзы. В гемибореальных лесах на последующих стадиях восстановление может проходить без смены основного лесобразующего вида.



Высотные пояса	Растительность	Макрорельеф		Горы			Плато		
		Тип отложений	Древние вулканические отложения	Древние вулканические отложения	Осадочные и смешанные отложения				
		Мезорельеф	Водоразделы	Склоны	Водоразделы	Склоны	Долины	Водоразделы	
		номера	1	2	3	4	5	6	7
Нивально-субнивный	Несомкнутые группировки среди каменистых тундр с господством накипных лишайников	1	1.1 а						
	Несомкнутые группировки мхов и лишайников среди каменистых россыпей	2		2.2 а					
Гольцовый	Субнивные луговины с господством накипных лишайников	3		3.2 а					
	Разреженные мохово-лишайниковые тундры в сочетании с гольцами	4	4.1 а, д		4.3 в				
Горнотундровый	Мохово-лишайниковые тундры	5	5.1 б						
	Дриадовые, злаковые, мохово-лишайниковые тундры	6		6.2 а, в		6.4 а, в		6.6 б	
	Кустарниковые тундры, местами в сочетании с мохово-лишайниковыми тундрами	7				7.4 в			
Подгольцовый	Злаковые тундры с участием дриадовых мохово-лишайниковых тундр	8		8.2 в		8.4 в			
	Кустарниковые тундры в сочетании с высокогорными лугами на мерзлоте	9		9.2 а		9.4 в, г			
	Кедровые ерниковые лишайниковые редколесья	10		10.2 в		10.2 в, г			
	Лиственничные кустарничково лишайниковые редколесья	11		11.2 г		11.2 г			11.7 в
Горнотаежный	Лиственничные кустарниковые зеленомошные леса	12		12.2 в					
	Елово-кедрово-лиственничные зеленомошные леса	13				13.6 в			
	Тополево-осиновые с участием лиственницы и ели разнотравные леса	14					14.5 в		
	Осоково-разнотравные луга с кустарниками	15					15.5 в		
Лесостепной	Лиственничные злаковые остепнённые леса	16					16.5 в		
	Ковыльно-типчаково-разнотравные степи	17					17.5 в		

Рис. 5. Фрагмент карты экосистем Окинского географического варианта.

Охрана экосистем. Уникальность горных экосистем и растущая антропогенная нагрузка требуют улучшения системы особо охраняемых природных территорий. Необходимо создать новые федеральные и региональные заказники и памятники природы для охраны редких уязвимых экосистем кедрово-еловых с пихтой лесов у минеральных источников в долинах Жойган и Хойто-Гол, лавовых комплексов в долине р. Жом-Болок, а также ерниковых сообществ с караганой гривастой и криофитных дерновиннозлаковых степей в верховьях бассейнов р. Китой и Ильчир.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Единство биоты Восточносаяно-Прибайкальского таёжного оробิโอма складывается в рамках высотно-поясного ряда растительности, включающего: нивально-субнивальный, гольцовый, горнотундровый, подгольцовый, горнотаёжный, подтаёжный и лесостепной пояса. На основе анализа структуры высотной поясности определены 6 географических вариантов оробิโอма со специфическими сообществами: Северо-Восточносаянский (подтаёжные берёзово-сосновые леса), Хамар-Дабанский (таёжно-черневые леса), Восточнотувинский (кедрово-лиственничные леса), Тункинский (лесостепные сосново-лиственничные леса), Окинский (лиственничные леса) и Хубсугульский (криофитные степи и подушечники).

2. Для каждого высотного пояса Восточносаяно-Прибайкальского оробิโอма определены климатопы на основе биоклиматических показателей. Термические показатели (средние годовые температуры июля и января) достоверно влияют на различие поясов по высотно-поясному ряду. Градиент средней годовой температуры в 1–2 °С и изменение осадков на 50–80 мм определяют смену поясов. Различия в типологическом составе поясов между географическими вариантами оробิโอма связаны с показателями континентальности климата и увлажнения (среднее многолетнее количество осадков июля, летнего и зимнего сезонов).

3. Ботаническое разнообразие Восточносаяно-Прибайкальского оробิโอма составляют флороценотические комплексы, объединяющие в составе каждого высотного пояса исторически сложившиеся совокупности растительных формаций и их видовой состав. Для Окинского географического варианта оробิโอма общее флористическое богатство насчитывает более 1000 видов сосудистых растений, варьируя от 200 видов в гольцовом поясе до 700–750 в горнотаёжном и подгольцовом поясах.

4. Фитоценотическое разнообразие Окинского варианта включает сообщества Южносибирских географо-генетических комплексов: горных тундр, бореальных лесов и дерновиннозлаковых степей. Леса представлены формациями бореальных лиственничных (*Larix sibirica*), кедровых (*Pinus sibirica*) и еловых (*Picea obovata*) лесов, а также гемибореальных лиственничных лесов. Фитоценотический состав определяет высотно-поясную структуру: в горнотаёжном поясе соотношение лесных сообществ маркирует верхний подпояс бореальных лесов и нижний гемибореальный (они закономерно сменяют друг друга на склонах разных экспозиций).

5. Алгоритм анализа экосистемной организации на основе карт позволил оценить экосистемное разнообразие Окинского варианта, включающее различные поясные сочетания экосистем. Их специфика определяется составом и соотношением экосистем разного статуса (основные – поясные типы и сопутствующие экосистемы, и дополнительные – долинные комплексы, гидроморфные и эдафические варианты) и роли экосистем по занимаемой площади (доминирующие, содоминирующие и редкие). Важной чертой экосистемного разнообразия Окинского варианта оробิโอма, обусловленной рельефом местности, является уменьшение площади поясов и увеличение доли долинных комплексов в направлении от высокогорных поясов к горнотаёжному и лесостепному.

6. Выявленные ботанико-географические особенности и современное состояние горных экосистем Окинского варианта послужили обоснованием их уникальности и природоохранной значимости. К наиболее ценным экосистемам относятся лавовый комплекс с лиственнично-еловыми лесами в долине р. Жом-

Болок, кедровые с пихтой леса у выходов термальных вод в долинах рек Сенца и Тисса, а также криофитные степи подгольцового пояса на водоразделе бассейнов рек Иркут и Китой. Эти экосистемы рекомендованы к охране.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по теме «Пространственно-временная организация экосистем в условиях изменений окружающей среды» (№ 121051100137-4), и при поддержке программы развития МГУ (П. 1220).

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю М.В. Бочарникову, профессору Г.Н. Огуреевой, доцентам Н.Б. Леоновой и И.М. Микляевой за научное руководство, консультации и помощь в подготовке работы и полевых исследованиях.

За участие в совместных исследованиях и подготовку научных статей автор благодарит М.М. Серебряного, С.А. Холбоеву, К.П. Савова, С.В. Дудова, Н.Ю. Степанову, Н.С. Гамову, А.Е. Гнеденко, А.Г. Чурюлину, С.О. Войцеховскую, Н.С. Веселова, В.В. Шелуху, А.В. Колодкина, Е.Н. Андриюшкевич, С.М. Прохорова, В.Н. Метляева, Р.Б. Комиссарова и М.Т. Кутузова. Особая признательность выражается Национальному парку «Тункинский» (директору А.А. Будунову, заместителю директора Б.О. Манзарову, начальнику отдела науки и экологического просвещения А.С. Ильиной) за обеспечение проведения полевых исследований и сбора материалов.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

*Статьи в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базе ядра
Российского индекса научного цитирования «eLibrary Science Index»:*

1. Serebryanyi M.M., Bocharnikov M.V., **Vinogradov A.A.**, Voitsekhovskaya S.O. Sparse spruce forests (*Picea obovata*) with moss-lichen bottom layer: The unique woodlands of the Oka plateau (East Sayan, Buryatia) // *Botanicheskii Zhurnal*. 2025. Vol. 110. № 7. pp. 715–726. EDN: HMCLYE. (SJR 0,299; 1,25 п.л.; вклад автора 15%).
2. **Vinogradov A.A.**, Bocharnikov M.V., Serebryanyi M.M., Voitsekhovskaya S.O., Dudov S.V. Altitudinal-belt structure of the vegetation of the Oka Plateau (Eastern Sayan): mapping and analysis. I. Spruce forests as a rare formation in the area // *Botanica Pacifica: A Journal of Plant Science and Conservation*. 2024. Vol. 13. № 2. pp. 81–92. EDN: CEIPFX. (SJR 0,281; 1,675 п.л.; вклад автора 80%).
3. Огуреева Г.Н., Бочарников М.В., **Виноградов А.А.** Биоразнообразие и география горных бореальных лесов Северного Забайкалья // *Лесоведение*. 2022. № 6. С. 687–702. EDN: LLWLCD. (Импакт-фактор РИНЦ 0,920; 1,25 п.л.; вклад автора 35%).
4. Бочарников М.В., **Виноградов А.А.** Картографирование фитоценологического разнообразия горнотаёжных лесов Северо-Восточного Забайкалья // *Лесоведение*. 2022. № 5. С. 461–477. EDN: CECKYF. (Импакт-фактор РИНЦ 0,920; 1,38 п.л.; вклад автора 45%).