

ВАНТЕЕВА Юлия Владимировна

**ФАКТОРАЛЬНАЯ СТРУКТУРА И ПРИРОДНЫЕ ФУНКЦИИ
ПРИБРЕЖНЫХ ГЕОСИСТЕМ ПРИБАЙКАЛЬЯ**

25.00.23 – физическая география и биогеография,
география почв и геохимия ландшафтов

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук

Научный руководитель: кандидат географических наук
Солодянкина Светлана Викторовна

Официальные оппоненты: **Хорошев Александр Владимирович**
доктор географических наук, доцент
Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова,
доцент кафедры физической географии и
ландшафтоведения

Черных Дмитрий Владимирович
доктор географических наук, доцент
Институт водных и экологических проблем
Сибирского отделения Российской академии наук,
главный научный сотрудник лаборатории
ландшафтно-водноэкологических исследований
и природопользования

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт географии
Российской академии наук

Защита состоится 30 мая 2018 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета Д 003.010.01, созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук по адресу: 664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, конференц-зал.

E-mail: margri@irigs.irk.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН и на сайте <http://www.irigs.irk.ru>

Автореферат разослан «__» _____ 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Григорьева Марина Александровна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Одной из современных тенденций в ландшафтоведении является развитие представлений о многофункциональности ландшафта [Хорошев, 2016]. Любая природная система выполняет множество функций, как по отношению к человеку, так и к отдельным компонентам природы и биосфере в целом. Анализ пространственной структуры геосистем и смены их состояний имеет принципиальное значение для оценки функций, так как именно структура определяет потоки и круговорот вещества и энергии в геосистемах.

Ландшафты, окружающие озеро Байкал и выполняющие средообразующие, стокорегулирующие, водоохраные и др. функции, обеспечивают его сохранение. Усиливающаяся антропогенная нагрузка и особый охранный статус оз. Байкал обуславливают необходимость проведения исследований пространственной структуры геосистем и оценки их функций.

Степень разработанности темы исследования. Исследование структуры и пространственно-временной организации географических систем - одно из основных направлений ландшафтоведения, которое разработано как отечественными (Н.А. Солнцев, А.Г. Исаченко, В.С. Преображенский, В.Б. Сочава, А.А. Крауклис, В.С. Михеев, К.Н. Дьяконов и др.), так и зарубежными (D. Harvey, R.T.T. Forman, M. Gordon, D.L. Urban и др.) учеными. Учение о геосистемах В.Б. Сочавы и факторально-динамический подход А.А. Крауклиса успешно применялись в исследованиях таежных и степных геосистем на стационарах Института географии Сибири и Дальнего Востока [Дружинина, 1973 и др.; Природные..., 1975; Крауклис, 1979] и продолжают развиваться. Вопросы факторного влияния на геосистемы и их отдельные компоненты отражены в работах В.В. Докучаева, В.Н. Сукачева, А.А. Григорьева и М.И. Будыко [1956], Л.Г. Раменского [1971] и др. Представления о функциях природных систем изначально сформировались в экологии [Biodiversity..., 2002; Павлов, 2007; Mapping..., 2017], а затем стали распространяться в ландшафтоведении и смежных дисциплинах [Преображенский, 1988; Добровольский, 1986, 1990; Трофимов, 2005, 2010; Тишков, 2005; Кирюшин, 2015 и др.], ландшафтном планировании [Ландшафтное..., 2005] и ландшафтной экологии [De Groot, 1992; Khoroshev, 2009; Bastian, 2014, 2015; Grunewald, 2014 и др.] и т.д.

В изучение биологической продуктивности и учета фитомассы большой вклад внесли отечественные исследователи: Л.Е. Родин [1965, 1967], Н.И. Базилевич [1986], Н.Л. Беручашвили [1990, 1997], А.И. Уткин [1996], В.А. Усольцев [2005], Д.Г. Замолотчиков [2003, 2005] и др. Значительное число методик оценки поверхностного стока, направленных преимущественно на количественную оценку перемещения наносов вследствие водной эрозии, разработано для нужд сельского хозяйства [Wischmeier, 1958, 1959; Мирцхулава 1970, 1976; Foster, 1981; Заславский, 1983; Renard, 1994; Ларионов, 1993]. В последнее время активно развиваются методы экспериментальных исследований [Pirson, 2010; Grismer, 2011, 2012; Егоров, 2015] и компьютерного моделирования [Моделирование..., 2006; Mapping..., 2017].

Объект исследования – прибрежные геосистемы Прибайкалья на примере ключевых участков: в предгорьях Баргузинского хребта, на Приольхонском плато и на северном макросклоне хребта Хамар-Дабан.

Предмет исследования – факторальная структура и природные функции геосистем.

Цель исследования – анализ структуры прибрежных геосистем Прибайкалья и оценка их функций (фитопродукционной и регулирования эрозии) на топологическом уровне.

Задачи исследования:

1. Обосновать подход и систему классификационных единиц для отражения пространственной структуры и иерархической организации исследуемых геосистем.

2. Составить физико-географическую характеристику ключевых участков исследования для выявления особенностей формирования геосистем на исследуемых территориях.

3. Выявить разнообразие геосистем на топологическом уровне и их факторальную структуру. Составить классификацию и провести картографирование геосистем ключевых участков.

4. Определить количественные значения функций геосистем методами полевых экспериментальных и лабораторных исследований.

5. Составить картографические модели распределения функций геосистем в зависимости от пространственных характеристик влияющих факторов на основе метода ландшафтно-интерпретационного картографирования.

6. Определить статистические зависимости показателей функций геосистем от факторов – климатических, морфологических, биотических.

Исходные материалы исследования. Основу работы составляют материалы, собранные в ходе маршрутных полевых исследований с проведением комплексных физико-географических описаний и экспериментальных измерений в период с 2011 по 2016 гг. на трех ключевых участках. При картографировании использовались данные дистанционного зондирования Земли (космические снимки среднего пространственного разрешения и цифровые модели рельефа), топографические карты (1:50 000, 1:200 000), тематические карты разного содержания (геологические, геоботанические и т.п.). Для сравнительного анализа использованы литературные источники и картографические материалы, а также материалы, собранные в рамках научно-исследовательских проектов лаборатории теоретической географии ИГ СО РАН.

Научная новизна:

1. На основе факторально-динамического подхода впервые составлены крупномасштабные ландшафтно-типологические карты для ключевых участков в предгорьях Баргузинского хребта и на северном макросклоне хребта Хамар-Дабан.

2. На основе комплексных физико-географических описаний и расчетов определены количественные характеристики функции накопления фитомассы (запасы древесной и травянистой фитомассы) для различных типов геосистем ключевых участков.

3. Определены количественные показатели водной эрозии в разных типах геосистем ключевого участка в Приольхонье на основе экспериментального моделирования.

4. Впервые составлены производные оценочные карты исследуемых функций: распределение фитомассы для трех участков, подверженность геосистем водной эрозии – отражает функцию регулирования эрозии для ключевого участка на Приольхонском плато.

5. Рассчитаны регрессионные модели, характеризующие зависимость функции накопления фитомассы от факторов среды на локальном уровне (для каждого ключевого участка) и региональном (для трех участков).

6. Для ключевого участка на Приольхонском плато рассчитано уравнение множественной регрессии, характеризующее зависимость переноса терригенного материала и почвы от крутизны склона, проективного покрытия растительного покрова, стадии деградации биогеоценоза и содержания песка мелкой фракции в верхнем горизонте почвы.

Теоретическая и практическая значимость работы. В рамках данной работы развивается направление экспериментального ландшафтоведения. Результаты, полученные в ходе исследования, дополняют и углубляют представления о факторально-динамических рядах фаций А.А. Крауклиса в виде факторальной структуры геосистем на топологическом уровне. Применяется геосистемный подход для оценки некоторых природных функций с использованием методов ландшафтно-интерпретационного картографирования.

Исследования выполнялись по научным темам Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН и в рамках проектов РФФИ: “Оценка и картографирование геосистемных функций на региональном и локальном уровне (на примере природных систем окружения озера Байкал)” № 12-05-31266 мол_а, «Определение показателей функционирования ландшафтов окружения оз. Байкал на основе термодинамического подхода по данным дистанционного зондирования» № 16-35-50035 мол_нр, «Функции прибрежных геосистем Прибайкалья» № 17-05-00588 А и совместного проекта с РГО «Мониторинг процессов деградации прибрежных геосистем Прибайкалья в условиях рекреационного воздействия» № 17-05-41020 РГО_а. Полученные результаты могут применяться для обоснования схем территориального и ландшафтного планирования, функционального зонирования территории и прогнозирования динамики геосистем. Результаты определения и картографирования исследуемых функций также могут быть использованы для оценки ряда экосистемных услуг.

Методология и методы исследования. Теоретико-методологической основой исследования послужили геосистемный подход и разработанный в его рамках двухрядный принцип классификации геосистем, предложенный В.Б. Сочавой, а также представления о факторально-динамических рядах фаций А.А. Крауклиса.

Работа выполнена с использованием методов обработки космических снимков, статистического анализа, геоинформационного пространственного анализа, картографирования геосистем и ландшафтно-интерпретационного

картографирования. Сбор первичного материала осуществлялся с применением комплексных методов полевых физико-географических описаний и экспериментальных исследований. Для расчета запасов фитомассы применялся метод объемно-конверсионных коэффициентов Д.Г. Замолодчикова и др. [2003, 2005].

Положения, выносимые на защиту.

1. Факторально-динамический анализ геосистем ключевых участков Прибайкалья выявляет их типологическую структуру, сформировавшуюся под влиянием орографических особенностей, высотной поясности, подстилающих пород, охлаждающего воздействия водной массы оз. Байкал, и отображающую особенности пространственной дифференциации природных функций.

2. Фитопродукционная функция геосистем имеет локальную специфику, выражающуюся в разнонаправленной зависимости запасов фитомассы от факторов среды: повышение с увеличением высоты, крутизны склонов и их ориентацией на север в Приольхонье, снижение в условиях избыточного увлажнения в предгорьях Баргузинского хребта и на Хамар-Дабане.

3. Экспериментальные исследования и моделирование природной функции регулирования водной эрозии в Приольхонье выявляют достоверную положительную связь ее интенсивности со степенью антропогенной деградации ландшафта, крутизной склонов, содержанием песка мелкой фракции в верхнем горизонте почвы и со снижением проективного покрытия растительности.

Степень достоверности результатов исследования подтверждается достаточным объемом и комплексным характером фактического материала, собранного непосредственно на ключевых участках исследования, применением современных методов обработки космических снимков и соответствующего программного обеспечения, статистической обработкой, а также анализом опубликованных материалов (баз данных, тематических карт и т.п.) по территории исследования.

Личный вклад автора. Автор принимал участие в полевых работах в 2011, 2012 и 2016 гг. на ключевом участке в предгорьях Баргузинского хребта, в 2013 и 2015 гг. – в Приольхонье, и в 2015 г. – на северном макросклоне хребта Хамар-Дабан. При непосредственном участии автора обработаны материалы 208 комплексных физико-географических описаний, подготовлены базы данных и ГИС-проекты для всех трех участков исследования, проанализированы данные дистанционного зондирования, составлены ландшафтно-типологические карты для ключевых участков в предгорьях Баргузинского хребта и на северном макросклоне хребта Хамар-Дабан, а также производные оценочные карты исследуемых функций.

Апробация работы. Основные научные результаты работы докладывались на всероссийских и международных конференциях: III Всероссийская научная конференция с международным участием «Экологический риск и экологическая безопасность» (Иркутск, 2012); I International conference «Open Landscapes 2013 – Ecology, Management and Nature Conservation» (Хильдесхайм, 2013); European Geosciences Union, General Assembly (Вена, 2015); IALE Annual Conference «Ecosystem Services to ensure Sustainable Rural Development and Sustainable Use of Natural Resources» (Бонн, 2015); 9-я международная

молодежная школа-конференция «Меридиан» «Методы и средства исследования природы и общества» (Курск, 2016); The 33rd International Geographical Congress of IGU (Пекин, 2016); IV Всероссийская научная конференция с международным участием «Экологический риск» (Иркутск, 2017); Всероссийская научная конференция «Фундаментальные проблемы экологии России» (Иркутск, 2017); XII Международная ландшафтная конференция «Ландшафтоведение: теория, методы, ландшафтно-экологическое обеспечение природопользования и устойчивого развития» (Тюмень, 2017).

Основное содержание исследований изложено в 28 научных публикациях, из них 5 статей в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК, и 1 статья в журнале, входящем в реферативную базу данных SCOPUS.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы, содержащего 194 источника, в том числе 52 зарубежных, и приложения. Объем работы составляет 202 страницы, включая 32 рисунка и 7 таблиц, в том числе 29 страниц приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Глава 1. Теоретико-методологические основы исследования факторальной структуры и функций геосистем

Теоретической основой исследования послужили достижения отечественных ученых в области пространственно-временной организации и структуры географических систем [Сочава, 1972, 1978; Михеев, 1974; Крауклис, 1979; Преображенский, 1988; Исаченко, 1991; Черкашин, 1997; Коновалова, 2010; Дьяконов, 2005; Хорошев, 2016 и др.]. Структура геосистем рассматривается с разных позиций: с одной стороны как совокупность или взаимное расположение структурных частей геосистем (или элементарных геосистем) в пространстве, с другой - упорядоченность смены состояний геосистем во времени. Принцип факторально-динамических рядов фаций, разработанный А.А. Крауклисом, позволяет выявить не только динамические состояния геосистем и их соотношение в пространстве, но и влияние внутренних ландшафтообразующих факторов на формирование их структуры на локальном уровне. Сочетание иерархической классификации с факторально-динамическими рядами позволяет получить представление о факторальной структуре геосистем, представляющей собой упорядоченность геосистем по градиентам факторов среды. При этом факторально-динамические ряды предлагается соотносить с классом фаций, а систему факторально-динамических рядов фаций ландшафта – с геомом.

Структурные характеристики геосистем определяют особенности их функций. Анализ литературных источников показал, что можно выделить два основных подхода к определению функций: 1) экологический (функции рассматриваются как результат процессов, протекающих в системе и обеспечивающих устойчивость как отдельных биогеоценозов, так и ландшафтной сферы в целом) и 2) социально-экономический (функции отражают роль и значение природных систем в обеспечении человека благоприятными условиями для существования).

В рамках данной работы рассматриваются природные (экологические) функции геосистем на примере накопления фитомассы и регулирования эрозии. Оценка функций с учетом пространственной и факторальной структуры геосистем позволяет соотнести их с рангом классификации геосистем и выявить основные влияющие факторы.

Глава 2. Условия формирования ландшафтной структуры геосистем Прибайкалья

Прибайкалье представляет собой горную область на юге Восточной Сибири и включает в себя котловину озера Байкал, горные хребты, примыкающие к озеру: с запада – Приморский и Байкальский, с востока и юга – Хамар-Дабан, Улан-Бургасы и Баргузинский, и смежные с ними суходольные котловины. Положение Прибайкалья в центральной части Евразии, четко выраженная смена условий циркуляции атмосферы по сезонам года и связанный с ней повышенный приход солнечной радиации, расчлененность рельефа, ориентация горных хребтов перпендикулярно основному переносу воздушных масс, абсолютная высота местоположения и огромная водная масса озера Байкал определяют климатические условия территории и оказывают влияние на формирование ландшафтной структуры.

В качестве объектов исследования на топологическом уровне выбраны три ключевых участка, располагающиеся в разных частях Байкальской котловины и частично отражающие разнообразие прибрежных геосистем Прибайкалья: 1) в северном Прибайкалье – предгорья Баргузинского хребта (территория лечебно-оздоровительной местности «Хакусы»); 2) в западном – Приольхонское плато (район залива Куркут); 3) в южном – северный макросклон хребта Хамар-Дабан (бассейны рек Большой и Малый Мамай).

Анализ природных условий показал, что выбранные территории значительно различаются условиями и факторами формирования ландшафтной структуры как под влиянием общего климатического фона, свойственного югу Восточной Сибири, так и под влиянием орографических особенностей и водной массы озера Байкал. Ключевой участок в предгорьях Баргузинского хребта отличается наиболее суровым климатом. Восточный берег этой части озера самый холодный в течение всего года. Охлаждающее воздействие огромной водной массы оз. Байкал и влияние окружающих горных систем на местный климат этой части побережья обусловили здесь формирование полосы температурной инверсии, простирающейся до высоты 100–120 м над уровнем моря [Типы..., 1959]. Ключевые участки на Приольхонском плато и на хр. Хамар-Дабан отличаются более мягкими климатическими условиями, но в значительной степени различаются по степени увлажнения. Приольхонье относится к самому засушливому району котловины Байкала (годовое количество осадков 200 – 300 мм), а участок побережья Южного Байкала с примыкающим к нему северным макросклоном хр. Хамар-Дабан, наоборот, является самым влажным из всех районов Прибайкалья. Эта территория отличается не только максимальным среднегодовым количеством осадков (до 1500–1800 мм), но и мощным снежным покровом (до 2 м у верхней границы леса). Район Баргузинского хребта

занимает в данном случае промежуточное положение (в предгорной части осадков выпадает 300–400 мм/год, в горах от 400–500 до 1000 мм/год). Территория Приольхонья отличается более сглаженными формами рельефа и незначительным перепадом высот. Антропогенное воздействие также оказывает влияние на формирование ландшафтной структуры исследуемых территорий. Наибольшую нагрузку испытывают геосистемы Приольхонского плато преимущественно вследствие интенсивного развития рекреационной деятельности.

Таким образом, выбранные ключевые участки позволяют учесть региональные особенности и разнообразие геосистем Прибайкалья, формируемое под влиянием орографических, климатических и антропогенных факторов.

Глава 3. Классификация и картографирование геосистем

Исследования ландшафтной структуры ключевых участков проводились в 2011–2016 гг. Проведены комплексные физико-географические описания наиболее репрезентативных участков, характеризующих разнообразие геосистем территории исследования. Объектом полевых исследований являлись ряды биогеоценозов. Тестовые площадки (10 × 10 м – для степей и лугов, 15 × 15 – для леса) закладывались так, чтобы охватить все основные элементы рельефа в разных местоположениях. Всего на трех участках выполнено 208 комплексных физико-географических описаний. На каждой площадке определялись: координаты точек, характеристики рельефа, почв, растительности, также тип и степень антропогенного воздействия.

Классификация геосистем осуществлялась на топологическом уровне по ряду геомеров: группы фаций – классы фаций – геомы. Группы фаций упорядочивались в классы фаций по принадлежности к определенному факторально-динамическому ряду (по А.А. Крауклису), в котором выделяется собственный коренной вариант, наиболее приближенный к зональной норме, и мнимокоренные и серийные группы фаций, видоизмененные определенным фактором. Геомы выделялись по поясной принадлежности (для горных территорий) со сходными структурными особенностями почвенного покрова и растительности. Иерархические уровни выше геома приведены в соответствии с легендой карты ландшафтов юга Восточной Сибири [Ландшафты..., 1977]. При классификации выделялись производные состояния геосистем (находящиеся в стадии восстановления после нарушений) и антропогенные модификации.

Картографирование геосистем проводилось на основе данных, полученных в ходе полевых работ, анализа цифровых моделей рельефа (SRTM, 30 м), автоматической классификации пикселей космических снимков (Landsat 5 и 8, Aster) с обучением и т.д.

В результате классификации и картографирования геосистем ключевого участка в предгорьях Баргузинского хребта выделено пять геомов, семь классов фаций и 13 групп фаций (рис. 1).

Для анализа ландшафтной структуры ключевого участка на Приольхонском плато использовалась карта геосистем, составленная на уровне фаций (1:25 000) М.В. Загорской [2004]. По данным полевых работ, кадастрового деления территории и анализа данных дистанционного зондирования (SPOT 4,

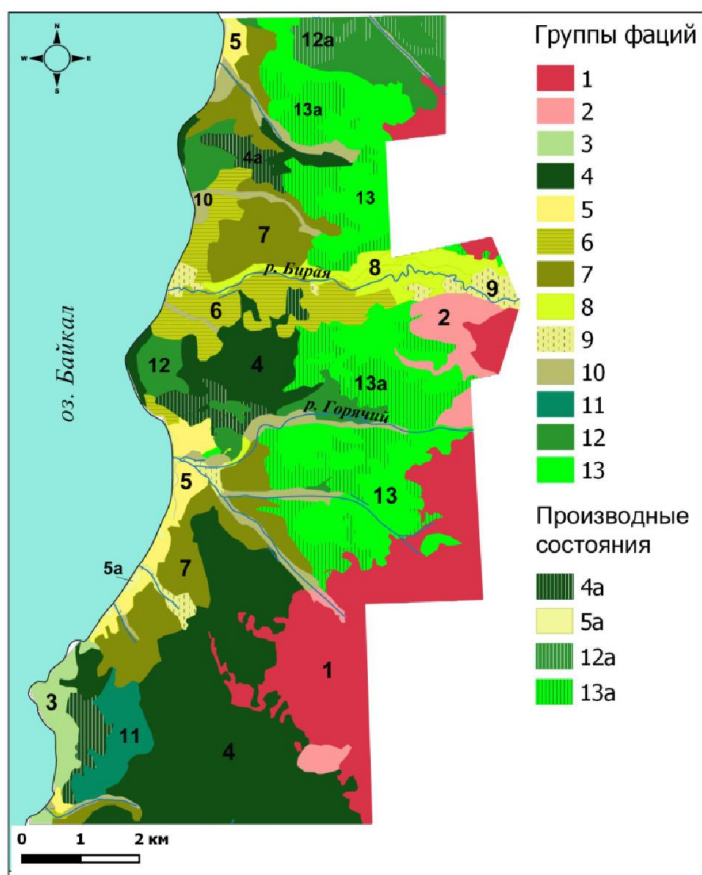


Рисунок 1 – Геосистемы ключевого участка в предгорьях Баргузинского хребта (группы фаций 1-13)

А. СЕВЕРОАЗИАТСКИЕ ГОЛЬЦОВЫЕ И ТАЕЖНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ

А1 Гольцовые и подгольцовые байкало-джугджурские

Геом I. Подгольцовые кустарниковые на гранитах и пегматитах

Ia. Класс сублитоморфных фаций

1. Куртины кедрового стланика на коллювиальных отложениях крутых склонов, в том числе на курумах (С) (0 – 92 т/га).

А2 Горнотаежные байкало-джугджурские Геом II. Горнотаежные лиственничные на биотитовых гранитах и гранодиоритах

IIa. Класс сублитоморфных фаций

2. Сосново-лиственничные с березой леса на литоземах серогумусовых типичных и коллювиальных отложениях крутых склонов преимущественно северной экспозиции (С) (142 – 177 т/га).

3. Редкостойные лиственничные с кедровым стлаником и багульником болотным бруснично-зеленомошные леса на литоземах серогумусовых типичных с выходами горных пород крутых склонов (М) (150 – 160 т/га).

4. Лиственнично-кедровые и кедрово-лиственничные кустарниковые мелкотравно-брусничные зеленомошные леса на дерново-буро-подзолистых типичных почвах склонов и приводораздельных частей склонов (К) (145 – 287 т/га); а – производные смешанные осиново-березово-лиственничные с кедром бруснично-разнотравные леса (212 – 221 т/га).

Геом III. Межгорных понижений и долин таежные лиственничные на аллювиальных отложениях

IIIб. Класс субпсаммоморфных фаций

5. Редкостойные лиственничные кустарниковые лишайниковые леса на мозаиках подзолов типичных и псаммомоземов гумусовых озерных террас (М) (92 – 156 т/га); а – песчано-галечные пляжи (0 т/га).

6. Кедрово-лиственничные с багульником болотным бруснично-лишайниковые леса на мозаиках подзолов типичных и серых типичных почв озерных террас и долин (М) (101 – 164 т/га).

7. Лиственничные с кедровым стлаником и багульником болотным бруснично-зеленомошные леса на подзолах типичных озерных и речных террас (К) (90 – 219 т/га).

IIIв. Класс субгидроморфных фаций

8. Лиственничные иногда с сосной в сочетании с березово-осиновыми зарослями кустарниковые бруснично-мелкотравные на дерново-буро-подзолистых типичных почвах долин и низких террас (М) (125- 305 т/га).

IIIг. Класс субстагнозных фаций

9. Сфагновые болота кустарниковые с лиственницей и кедром бруснично-клюквенные на торфяных эутрофных перегнойно-торфяных и аллювиальных торфяно-глеевых типичных почвах в днищах заболоченных долин, часто в условиях многолетней мерзлоты (С) (1 – 30 т/га).

10. Лиственничные кустарниковые брусничные редколесья на глееземах типичных речных долин (М) (31 – 137 т/га).

А3 Горнотаежные южносибирские

Геом IV. Подгорные и межгорные понижений таежные темнохвойные на гранитогнейсах

IVд. Класс сублитогидроморфных фаций

11. Пихтовые и кедрово-пихтовые кустарниковые кустарничково-мелкотравные леса на дерново-буро-подзолистых типичных почвах пологих склонов и седловин (К) (305 – 370 т/га).

Геом V. Горнотаежные сосновые на биотитовых гранитах, гранодиоритах и монцонитах

Va. Класс сублитоморфных фаций

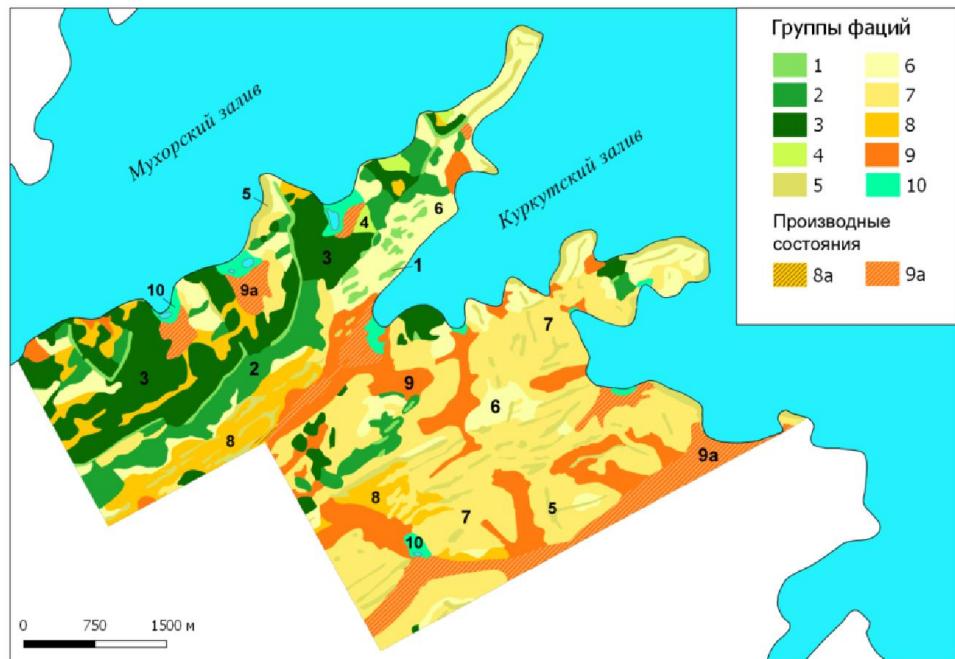
12. Лиственнично-сосновые кустарниковые брусничные леса на мозаиках дерново-буро-подзолистых типичных и серых типичных почв пологих склонов (М) (280 – 373 т/га); а – производные смешанные осиново-березово-светлохвойные бруснично-разнотравные леса (147 – 149 т/га).

13. Сосновые бруснично-зеленомошные и бруснично-мертвопокровные леса на мозаиках подзолов типичных и дерново-буро-подзолистых типичных почв преимущественно крутых склонов (М) (204 – 406 т/га); а – производные смешанные березово-осиновые с сосной бруснично-мелкотравные леса (146 – 147 т/га).

Примечание. Группы фаций: К – коренные, М – мнимокоренные, С – серийные.

портал Google Earth) карта была актуализирована по результатам оценки антропогенной трансформации геосистем. На основе ГИС-анализа выявлено, что за период с 2003 по 2013 гг. площадь трансформированных геосистем увеличилась на 6,3 % за счет роста площадей рекреационных и селитебных объектов. Классификация геосистем была трансформирована с учетом факторально-динамических рядов до уровня групп фаций. Ландшафтная структура данной территории включает два геома, четыре класса фаций и десять групп фаций (рис. 2).

Рисунок 2 – Геосистемы ключевого участка на Приольхонском плато (группы фаций 1-10)



**А.
СЕВЕРОАЗИАТСКИЕ
ГОЛЬЦОВЫЕ И
ТАЕЖНЫЕ
ГЕОСИСТЕМЫ**

**А2. Горнотаежные байкало-джугджурские
Геом I. Подгорные
светлохвойные на кристаллосланцах, гнейсах
и мраморах**

Иа. Класс субсеролитоморфных фаций

1. Крутых склонов редкостойные лиственничные разнотравно-злаковые на петроземах гумусовых или серогумусовых сильно скелетных почвах с выходами горных пород (С) (30 – 94 т/га).
2. Крутых склонов преимущественно южной и юго-восточной экспозиции редкостойные лиственничные разнотравно-полынные и разнотравно-злаковые с караганой на петроземах гумусовых или серогумусовых сильно скелетных почвах (М) (20 – 35 т/га).

Иб. Класс сублитоморфных фаций

3. Склонов преимущественно северной и северо-западной экспозиции лиственничные с кизильником осоково-типчаково-разнотравные на петроземах гумусовых или серогумусовых сильно скелетных почвах (М) (57 – 101 т/га).

Ив. Класс субпсаммоморфных фаций

4. Седловин редкостойные лиственничные разнотравно-злаковые на псаммоземах (С)

В. ЦЕНТРАЛЬНОАЗИАТСКИЕ СТЕПНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ

В1. Горные Западнобайкальские

Геом II. Подгорно-степные на кристаллосланцах, гнейсах и мраморах

Иа. Класс субсеролитоморфных фаций

5. Привершинные и склоновые разнотравно-типчаковые и низкотравные иногда с караганой степи на петроземах мало гумусовых или серогумусовых сильно скелетных почвах с выходами горных пород (С) (0,6 – 1,9 т/га).
6. На склонах карагановые злаково-разнотравно-осочковые степи на петроземах гумусовых либо мало гумусовых или серогумусовых сильно скелетных почвах (С) (0,4 – 1,5 т/га).
7. Склоновые разнотравно-типчаковые степи на петроземах гумусовых или серогумусовых сильно скелетных почвах (М) (0,6 – 1,3 т/га).
8. Склоновые разнотравно-ковыльные степи на гумусовых либо мало гумусовых петроземах или серогумусовых сильно скелетных почвах (М) (0,6 – 0,8 т/га); а – антропогенные модификации.
9. Пологих склонов и межгорных понижений разнотравно-злаковые степи на петроземах гумусовых или серогумусовых сильно скелетных почвах (К) (0,5 – 1,6 т/га); а – производные разнотравно-полынные и антропогенные модификации (селитебные) (0,3 – 1 т/га).

Иг. Класс субгидроморфных фаций

10. Межгорных и приозерных понижений заболоченные разнотравно-осоковые луговины на перегнойно-глеевых почвах (С) (1,4 – 3,2 т/га).

В результате классификации и картографирования геосистем ключевого участка на северном макросклоне хребта Хамар-Дабан (рис. 3) выделено пять геомов, девять классов фаций и 14 групп фаций.

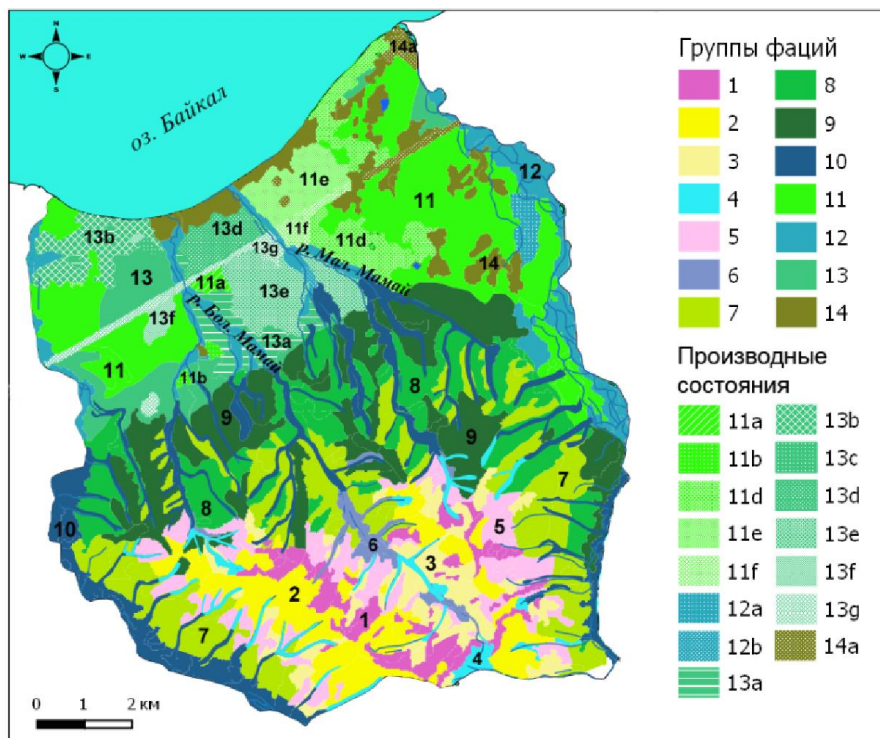


Рисунок 3 – Геосистемы ключевого участка на северном макросклоне хр. Хамар-Дабан (группы фаций 1-14)

А. СЕВЕРОАЗИАТСКИЕ ГОЛЬЦОВЫЕ И ТАЕЖНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ

А1 Гольцовые и подгольцовые байкало-джугджурские Геом I. Подгольцовые кустарниковые на скальниках и курумах плагниогнейсов и гнейсов

Ia. Класс сублитоморфных фаций

1. Куртины кедрового стланика с березовыми редколесьями на коллювиальных и элювиальных отложениях на мозаиках петроземов с выходами горных пород на водоразделах и крутых склонах (С) (42 – 80 т/га).

Геом II. Субальпийнотипные высокогорно-луговые на плагниогнейсах и гнейсах

IIa. Класс сублитоморфных фаций

2. Разнотравно-папоротниковые луга с редкими куртинами кустарников на мозаиках темногумусовых иллювиально-ожелезненных почв, литоземов грубогумусовых иллювиально-ожелезненных и петроземов на приводораздельных поверхностях и крутых склонах (С) (0 - 50 т/га).

IIб. Класс субгидроморфных фаций

3. Высокотравно-папоротниковые луга на темногумусовых почвах в сочетании с кустарниковыми зарослями на темногумусовых метаморфизованных почвах на пологих склонах и речных террасах (К) (0 - 10 т/га).

4. Высокотравные луга на темногумусовых почвах в сочетании с осоковыми и осоково-кустарничковыми болотами на торфяно-глеземмах перегнойно-торфяных и торфяных олиготрофных почвах на водосборных понижениях и в речных долинах (М) (0 – 37 т/га).

А3 Горнотаежные южносибирские

Геом III. Подгольцовые темнохвойно-редколесные на плагниогнейсах и гнейсах

IIIa. Класс сублитоморфных фаций

5. Пихтовые редколесья с березой кустарниковые на мозаиках серогумусовых метаморфизованных почв, литоземов серогумусовых с петроземами на крутых склонах (С) (73 -74 т/га).

IIIб. Класс субгидроморфных фаций

6. Пихтовые редколесья травянисто-зеленомошные на комплексах буроземов и перегнойно-темногумусовых метаморфизованных глееватых почв на водосборных понижениях и в верховьях речных долин (С) (44 т/га).

Геом IV. Горнотаежные темнохвойные на гнейсах и плагниогнейсах

IVa. Класс сублитоморфных фаций

7. Пихтовые с елью и кедром разнотравно-бадановые леса на мозаиках литоземов грубогумусовых, буроземов грубогумусовых с выходами горных пород на крутых склонах (С) (198 – 344 т/га).

8. Елово-пихтовые и пихтово-еловые разнотравные и разнотравно-папоротниковые с черникой леса на мозаиках дерново-подбуров иллювиально-железистых и серогумусовых иллювиально-ожелезненных почв на крутых склонах (М) (600 – 1450 т/га).

9. Пихтовые и пихтово-кедровые мелкотравно-черничные леса на буроземах и подбурях грубогумусированных иллювиально-гумусово-железистых на выположенных поверхностях (К) (406 – 792 т/га).

IVб. Класс субгидроморфных фаций

10. Пихтово-еловые леса и редколесья с ивой на серогумусовых метаморфизованных почвах в сочетании с высокоотравными лугами на комплексах темногумусовых метаморфизованных и темногумусовых метаморфизованных глееватых почв в речных долинах (С) (57 – 186 т/га).

Геом V. Подгорные таежные темнохвойные на речных и озерных аллювиальных отложениях

Вб. Класс субгидроморфных фаций

11. Кедрово-еловые с пихтовым стлаником кустарничковые мелкотравно-осоковые сфагновые леса на пятнистостях подбуров грубогумусированных иллювиально-ожелезненных оподзоленных глееватых и иллювиально-гумусовых грубогумусированных с комплексами торфяно-глееземов и олиготрофных торфяных почв на предгорной равнине (М) (433 – 463 т/га).

Стадии восстановительных сукцессий и антропогенные модификации (60 - 218 т/га): **a** – елово-березовый с кедром и черемухой разнотравно-ветреничный лес на серогумусовых иллювиально-ожелезненных почвах; **b** – елово-березовый злаково-кустарничковый лес на подбуре грубогумусированном иллювиально-железистом; **c** – елово-березовый хвощово-черничный лес на подбурах иллювиально-гумусовых грубогумусированных в пониженных местоположениях; **d** – березовый с кедром и елью иногда с пихтовым стлаником хвощово-осоково-вейниковый лес на серогумусовых глеевых и грубогумусовых глеевых почвах; **e** – елово-березовый кустарничковый лес на подбурах иллювиально-гумусово-железистых глееватых в сочетании с высокотравно-осоковыми лугами на серогумусовых глеевых почвах; **f** – вырубка.

12. Топольевые леса с елью, березой кустарничковые высокотравные на пятнистостях аллювиальных дерновых и аллювиальных дерновых глееватых, серогумусовых метаморфизованных глееватых почвах в долинах (М) (758 – 1728 т/га).

Стадии восстановительных сукцессий (0 - 192 т/га): **a** – ивово-березовый высокотравный лес на аллювиальных дерновых почвах; **b** – вейниково-высокотравный с кустарником луг на серогумусовых метаморфизованных глееватых почвах.

13. Кедровые и пихтово-кедровые с пихтовым стлаником мелкотравно-черничные леса на микроразличиях подбуров иллювиально-гумусовых с иллювиально-гумусовыми оподзоленными и пятнистостях подбуров иллювиально-гумусово-железистых глееватых с иллювиально-гумусово-железистыми оподзоленными глееватыми на предгорной равнине (К) (460 – 588 т/га).

Стадии восстановительных сукцессий и антропогенные модификации (37 - 292 т/га): **a** – кедровый с елью, березой и пихтовым стлаником мелкотравно-осоково-черничный с пятнами вейника лес на микроразличиях дерново-буро-подзолистых (часто с микропрофилем подзолов) почв; **b** – березово-кедровый с пихтовым стлаником мертвопокровный на микросочетаниях подбуров глеевых иллювиально-гумусово-железистых с комплексами торфяно-глееземов и торфяных олиготрофных глеевых почв; **c** – березовый с кедром злаково-черничный лес на подбурах иллювиально-гумусово-железистых оподзоленных грубогумусированных глееватых; **d** – смешанный темнохвойно-березовый черничный лес на подбурах иллювиально-гумусовый грубогумусированных; **e** – березовый с пихтой в подросте чернично-вейниково-мелкотравный лес на подбурах иллювиально-гумусово-железистых грубогумусированных; **f** – березовый кустарничковый вейниково-мелкотравный лес на серогумусовых иллювиально-ожелезненных почвах; **g** – вырубка.

Вв. Класс субстагнозных фаций

14. Болота осоково-сфагновые и кустарничково-осоково-сфагновые с редирами голубики и ерника с участием заболоченных осоковых лугов на комплексах торфяно-глееземов и олиготрофных торфяных глеевых почв в днищах долин и на староречьях (М) (0 – 7 т/га); **a** – антропогенная модификация (насыпи, карьеры, застройка).

В результате классификации и картографирования геосистем ключевых участков получены представления о структурных и динамических особенностях исследуемых территорий. Для ключевых участков в предгорьях Баргузинского хребта и на северном макросклоне Хамар-Дабана характерно распределение ландшафтов в соответствии с высотно-поясными закономерностями, но в первом случае оно не везде четко прослеживается из-за сформировавшихся вследствие охлаждающего воздействия водной массы оз. Байкал ложноподгольцовых геосистем (5-7 типы, см. рис. 1). На данном ключевом участке, в соответствии с зональной нормой, широкое распространение получила лиственничная и сосново-лиственничная горная тайга, в высокогорьях – подгольцовые кустарничковые геосистемы. Субальпийские ландшафты на участке не выражены. Ограниченно на территории, в защищенных от влияния Байкала местоположениях, сформировались таежные темнохвойные (пихтовые и кедрово-пихтовые) геосистемы. Наибольшее распространение темнохвойная тайга получила на ключевом участке на северном макросклоне хр. Хамар-Дабан. В высокогорьях на данной территории распространены подгольцовые кустарничковые заросли и редколесья в сочетании с субальпийскими лугами. Ключевой

участок в Приольхонье представлен преимущественно подорно-степными и подгорными светлохвойными геосистемами.

Факторально-динамический анализ столь контрастных по природным условиям и ландшафтной структуре территорий позволил выявить некоторые их особенности. Ключевой участок в предгорьях Баргузинского хребта по сравнению с другими участками отличается наиболее сложной факторальной структурой. На данной территории представлены пять факторальных рядов: сублитоморфный (крутых склонов с выходами горных пород); сублитогидроморфный (межгорных понижений); субгидроморфный (речных долин и низких террас); субпсаммоморфный (озерных террас); субстагнозный (заболоченных долин). Тем не менее, геосистемы литоморфных рядов разных геомов здесь преобладают и занимают 72 % от площади территории. Основным фактором, обусловившим формирование факторальной структуры на ключевом участке в Приольхонье, является климат. Отчетливо на участке проявляется влияние литоморфного фактора, связанного со скелетностью почв, под воздействием которого на большей площади (76 %) формируются геосистемы субксеролитоморфного ряда разной степени серийности. В местах, где создаются условия дополнительного увлажнения, встречаются геосистемы гидроморфного ряда, занимающие 1,5 % территории. Факторальная структура геосистем ключевого участка на хребте Хамар-Дабан складывается под влиянием двух основных факторов: литоморфного, обусловленного горным сильно расчлененным рельефом и активными экзогенными процессами, и гидроморфного, связанного с местными климатическими особенностями. Геосистемы литоморфных рядов с разной степенью серийности, принадлежащих разным геомам, занимают 48 % территории, геосистемы гидроморфных рядов – 47 %, в условиях избыточного увлажнения формируются геосистемы субстагнозного ряда, занимающих 4,4 % территории.

Таким образом, факторально-динамический анализ геосистем и составленные крупномасштабные ландшафтно-типологические карты ключевых участков раскрывают локальные особенности структуры расположенных в прибрежной части Прибайкалья ландшафтов.

Глава 4. Определение функций геосистем

Для исследуемых территорий детально рассмотрены две природные функции: накопление фитомассы для всех трех ключевых участков и регулирование эрозии для ключевого участка в Приольхонье.

Для определения количественных значений запасов фитомассы древостоя применялся метод объемно-конверсионных коэффициентов [Замолотчиков, 2003, 2005]. Расчет количественных значений производился на основе данных полевых исследований: видовой состав древостоя, средний диаметр ствола на высоте 1,3 м (см) от подстилающей поверхности, средняя высота древостоя (м), густота (шт/га), группа возраста. Для определения надземной травянистой фитомассы производился сбор укосов с площадок $0,5 \times 0,5$ м в период максимального развития травостоя в различных типах геосистем. Таким образом, определены количественные значения запасов фитомассы древесной и травянистой растительности для всех тестовых площадок на каждом ключевом участке.

На основе полученных данных определены значения запаса для каждого типа геосистем на уровне групп фаций. По результатам расчетов фитомассы с использованием ландшафтно-типологических карт в режиме ландшафтно-интерпретационного картографирования составлены карты запасов фитомассы (рис. 4).

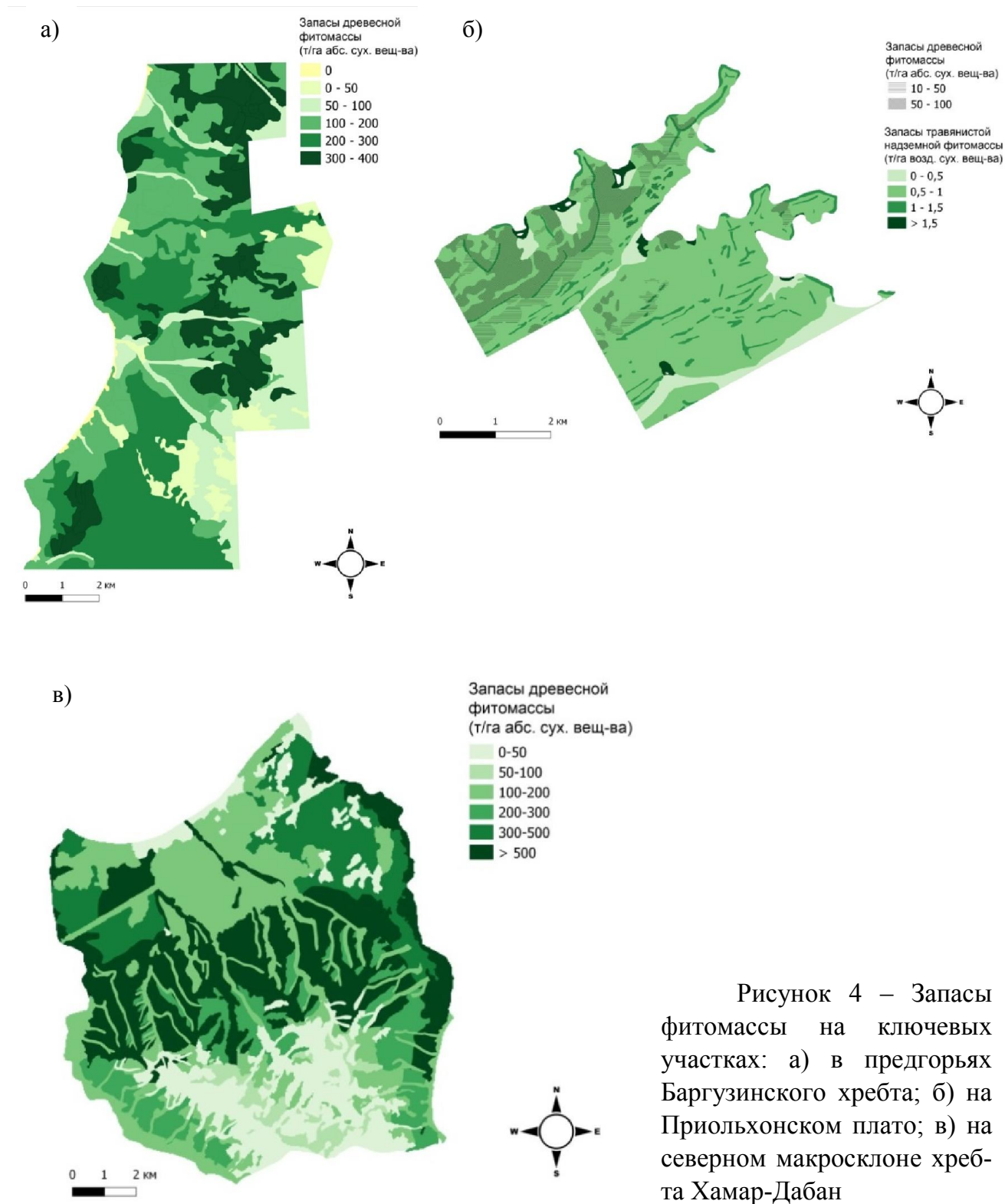


Рисунок 4 – Запасы фитомассы на ключевых участках: а) в предгорьях Баргузинского хребта; б) на Приольхонском плато; в) на северном макросклоне хребта Хамар-Дабан

Запасы фитомассы значительно варьируют в зависимости от типа геосистем. На ключевом участке на Баргузинском хребте геосистемы (см. рис. 4а) с максимальными значениями запасов древесной фитомассы (300–400 т/га) занимают 20,5 % от общей площади ключевого участка и представлены коренной группой фаций сублитогидроморфного ряда подгорных и межгорных понижений таежных темнохвойных геосистем (11 тип, см. рис. 1) и мнимокоренными группами фаций сублитоморфного ряда горнотаежных сосновых геосистем (12–13 типы, см. рис. 1). Наибольшую площадь ключевого участка (33 %) занимают геосистемы с запасами фитомассы 100–200 т/га, представленные как горнотаежными листовенничными типами сублитоморфного ряда (2–3 типы, см. рис. 1), так и расположенными в предгорной части хребта группами фаций озерных террас и долин субпсаммоморфного ряда (5–7 типы, см. рис. 1). Минимальные значения (0–50 т/га) характерны для серийных подгольцовых кустарниковых геосистем сублитоморфного ряда и межгорных понижений и долин субстагнозного ряда.

На ключевом участке в Приольхонье запасы древесной фитомассы относительно низкие (см. рис. 4б). Для групп фаций подгорных светлохвойных геосистем субксеролитоморфного ряда разной степени серийности значения варьируют преимущественно в пределах 10–50 т/га (1 и 2 тип, см. рис. 2), максимальные значения (50–100 т/га) отмечаются для мнимокоренной группы фаций сублитоморфного ряда (3 тип, см. рис. 2). Запасы надземной травянистой фитомассы подгорностепных геосистем варьируют в пределах от 0 до 1,5 т/га, максимальные приходятся на геосистемы субгидроморфного ряда (10 тип, см. рис. 2). Минимальные значения выявлены в основном для антропогенно-нарушенных территорий – производных разнотравно-полынных и антропогенных модификаций (типы 8а, 9а, см. рис. 2). Ландшафты с запасами надземной травянистой фитомассы в пределах 0,5–1 т/га занимают 76% территории и представлены преимущественно степными геосистемами субксеролитоморфного ряда разной степени серийности (группы фаций 6–9, см. рис. 2).

Наибольшую площадь территории (31 %) ключевого участка на хребте Хамар-Дабан занимают ландшафты с запасами фитомассы от 500 т/га и выше, представленные горнотаежными темнохвойными мнимокоренными и коренными геосистемами сублитоморфного ряда (типы 8–9, см. рис. 3), а также подгорными таежными темнохвойными коренными геосистемами субгидроморфного ряда (13 тип, см. рис. 3). Максимальные значения (до 1700 т/га) соответствуют мнимокоренной долинной группе фаций субгидроморфного ряда (12 тип, см. рис. 3), получившей на территории незначительное распространение (5%) в предгорной части хребта. Запасы фитомассы в пределах 300 – 500 т/га свойственны мнимокоренной группе фаций субгидроморфного ряда на предгорной равнине (11 тип, см. рис. 3). Для производных состояний геосистем (11а–f, 12а–b, 13а–f, см. рис. 3) этот показатель значительно ниже и варьируют преимущественно в пределах 100–200 т/га. С увеличением высоты и крутизны склонов запасы фитомассы снижаются. Минимальные значения характерны для подгольцовых серийных геосистем (50–100 т/га) класса сублитоморфных фаций (1 тип, см. рис. 4) и субальпийских (0–50 т/га).

Для определения факторов среды, оказывающих влияние на фитопродукционную функцию исследуемых геосистем, произведен множественный регрессионный анализ данных по запасам фитомассы (древесной и надземной травянистой - для ключевого участка в Приольхонье) на локальном (для ключевых участков в отдельности) и на региональном (по совокупности данных) уровнях. Некоренные сукцессионные стадии и антропогенные модификации из статистического анализа исключались.

В качестве независимых переменных рассматривались следующие факторы: 1) экспозиция склонов (на основе ЦМР, град.); 2) высота местоположения (данные ЦМР, м); 3) крутизна склона (на основе ЦМР, град.); 4) степень увлажнения местоположений (топографический индекс влажности на основе ЦМР, безразмерная величина); 5) степень выпуклости/вогнутости рельефа (характеризует перераспределение гравитационных потоков вещества в пространстве, индекс конвергенции на основе ЦМР, безразмерная величина); 6) среднегодовое количество осадков (данные из атласа оз. Байкал [Атлас..., 1993], мм/год); 7) суммы активных температур (выше 10 °С, по данным А.А. Сорокового [2008]); 8) мощность гумусового горизонта (см) – по данным полевых описаний. Так как имеющиеся данные о количестве осадков и сумме активных температур мелкомасштабны и в границах одного участка практически не изменяются (однородны), их включали в анализ только на региональном уровне.

Для ключевого участка в предгорьях Баргузинского хребта (объем выборки – 50 тестовых площадок) линейное уравнение множественной регрессии ($R = 0,72$; $R^2 = 0,52$; значение критерия Фишера $F = 12,2$, вероятность ошибки $p = 8,5887E-07$) учитывает следующий набор факторов в логарифмическом масштабе: x_1 – степень увлажнения (топографический индекс влажности, безразмерная величина); x_2 – экспозиция склона (град.); x_3 – степень выпуклости/вогнутости рельефа (индекс конвергенции, безразмерная величина); x_4 – мощность гумусового горизонта (см):

$$y = -2,68x_1 - 0,71x_2 - 0,41x_3 + 0,62x_4 + 14,93 \quad (1),$$

где y – запасы древесной фитомассы (т/га абс. сух. вещ-ва, в логарифмическом масштабе). Регрессионное уравнение (1) не учитывает влияние всех возможных факторов, но позволяет выявить следующие закономерности: запасы фитомассы уменьшаются с увеличением степени увлажнения (в пониженных местоположениях). В меньшей степени отрицательное влияние оказывает экспозиция (на склонах северной и северо-западной экспозиции, т.е. обращенных к Байкалу, запасы меньше) и увеличение степени выпуклости рельефа. Положительно накопление фитомассы связано с мощностью гумусового горизонта.

Для ключевого участка на Приольхонском плато расчет производился как для древесной фитомассы, так и для травянистой, потому что значительную площадь участка занимают степные ландшафты. Объем выборки по фитомассе древостоя - 58 площадок. В линейном уравнении множественной регрессии ($R = 0,53$; $R^2 = 0,28$; $F = 7,0993$, $p = 0,0004$) учитываются в логарифмическом масштабе следующие факторы: x_1 – высота (м); x_2 – крутизна склона (град.) и x_3 – экспозиция склонов (град.):

$$y = 0,81x_1 + 0,08x_2 + 0,07x_3 + 0,23 \quad (2),$$

где y – запасы древесной фитомассы (т/га абс. сух. вещ-ва). Выявлена невысокая положительная корреляционная связь запасов древесной фитомассы с высотой местоположения, крутизной склонов и экспозицией (при ориентации склонов на северо-запад, север и северо-восток запасы увеличиваются).

Для запасов надземной травянистой фитомассы (объем выборки – 43 площадки) наибольшую достоверность показала парная корреляция ($R = -0,54$; $R^2 = 0,29$; t -критерий Стьюдента = $-4,06$, $p = 0,0002$), связывающая фитопродукционную функцию со степенью вогнутости/выпуклости рельефа (x – индекс конвергенции, безразмерная величина, y – запасы надземной травянистой фитомассы, т/га возд. сух. вещ-ва). Уравнение в логарифмическом масштабе имеет следующий вид:

$$y = -1,38x + 4,23 \quad (3)$$

Из уравнения (3) следует, что при увеличении вогнутости рельефа запасы травянистой фитомассы увеличиваются. Так как для территории характерны засушливые климатические условия, то естественно, что форма рельефа в данном случае играет важную роль, как фактор, отвечающий за перераспределения влаги.

Для ключевого участка на хр. Хамар-Дабан (объем выборки – 52 площадки) линейное уравнение множественной регрессии ($R = 0,63$; $R^2 = 0,39$; $F = 15,75$, $p = 5,2154E-06$) учитывает следующий набор факторов в логарифмическом масштабе: x_1 – высота (м); x_2 – степень увлажнения (топографический индекс влажности, безразмерная величина):

$$y = -0,91x_1 - 0,64x_2 + 1,75 \quad (4),$$

где y – запасы древесной фитомассы (т/га абс. сух. вещ-ва). Корреляционная связь средняя. Выявлено, что с высокой достоверностью отрицательное воздействие на функцию по накоплению фитомассы в первую очередь оказывает высота, во вторую – избыточное увлажнение, обусловленное особенностями рельефа и недостаточным дренажом.

При анализе на региональном уровне объем выборки составил 157 площадок. Линейное уравнение множественной регрессии ($R = 0,71$; $R^2 = 0,5$; $F = 50,79$; $p = 7,7231E-23$) учитывает следующие факторы в логарифмическом масштабе: x_1 – среднегодовое количество осадков (интервалы значений в мм/год); x_2 – высота (м); x_3 – степень увлажнения (топографический индекс влажности, безразмерная величина):

$$y = 0,49x_1 - 0,99x_2 - 0,54x_3 + 0,97 \quad (5),$$

где y – запасы древесной фитомассы (т/га абс. сух. вещ-ва). Уравнение (5) характеризуется высокой корреляционной связью. Среди всех анализируемых параметров с наибольшей достоверностью на функцию по накоплению фитомассы на региональном уровне влияют следующие факторы: отрицательно – высота и степень увлажнения (зависящая от формы рельефа), положительно – среднегодовое количество осадков.

Оценка функции регулирования водной эрозии проводилась только для участка в Приольхонье, где развиваются процессы денудации из-за специфических особенностей климата, водного режима почв и интенсивного рекреационного воздействия. Экспериментальные исследования осуществлялись с помо-

щью специально собранной установки, имитирующей ливневый дождь и улавливающей переносимый поверхностным стоком рыхлый материал [Vanteeva, 2015]. Измерения проводились для склоновых участков в разных типах геосистем. На основе собранного эмпирического материала сформирована база данных в ГИС, привязанная к ландшафтно-типологической карте ключевого участка исследования. Это позволило провести интерполяцию результатов экспериментальных измерений по переносу рыхлого материала (мелкозема) с учетом параметров каждого типа геосистемы, уклона и стадии дигрессии и составить оценочную карту (рис. 5).

Для выявления факторов, оказывающих влияние на формирование переноса, проанализированы данные 28 экспериментальных измерений по следующим показателям: крутизна склона (град.), экспозиция (град.), проективное покрытие растительного покрова (%), плотность почвы ($\text{г}/\text{см}^3$), запасы наземной и подземной фитомассы ($\text{г}/\text{м}^2$), стадия дигрессии растительного сообщества (баллы), процентное содержание крупного (1–0,25 мм) и мелкого (0,25–0,05 мм) песка, крупной (0,05–0,001 мм), средней (0,01–0,005 мм) и мелкой (0,005–0,001 мм) пыли, ила (<0,001 мм), скелетность, количество органического углерода в почве (%).

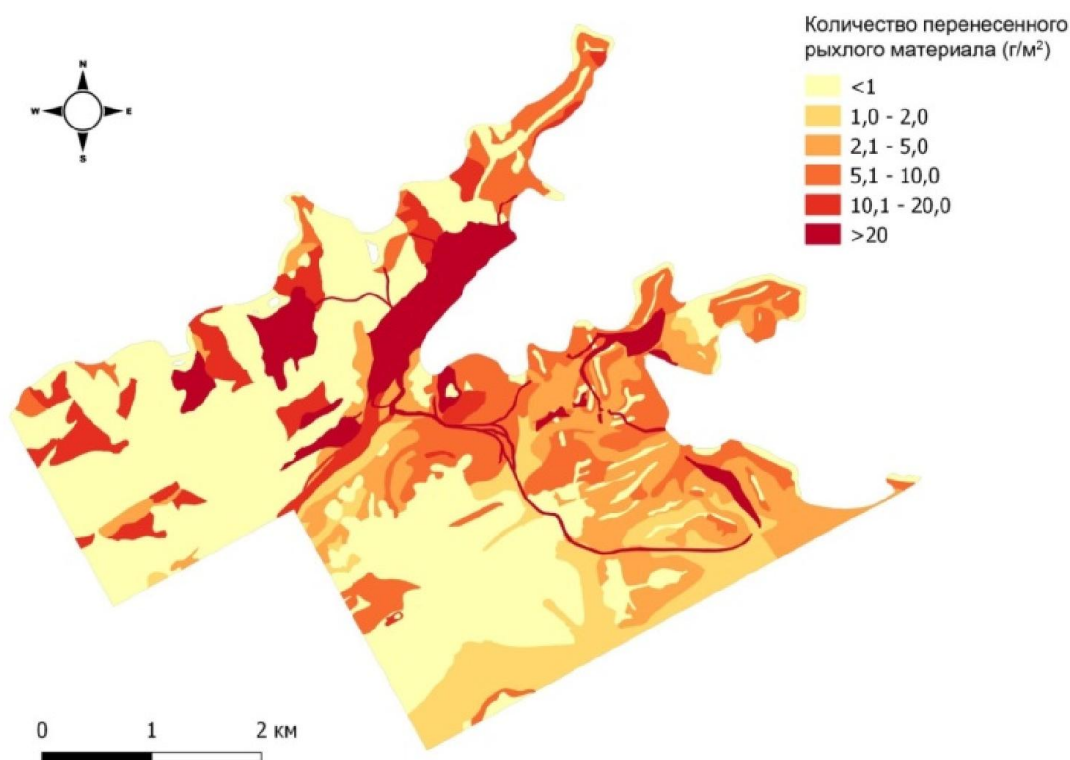


Рисунок 5 – Подверженность геосистем ключевого участка на Приольхонском плато водной эрозии.

Линейное уравнение множественной регрессии, характеризующееся высоким коэффициентом множественной корреляции ($R = 0,86$; $R^2 = 0,74$; $F = 16,07$; $p = 2.06898\text{E-}06$), учитывает следующие факторы в логарифмическом масштабе: x_1 – крутизну склона (град.); x_2 – проективное покрытие растительного покрова (%); x_3 – стадию дигрессии (баллы); x_4 – количество песка мелкой фракции в верхнем горизонте почвы (%). Уравнение имеет следующий вид:

$$y = 1,12x_1 - 0,27x_2 + 1,55x_3 + 0,35x_4 + 4,54 \quad (6),$$

где y – количество перенесенного рыхлого материала ($\text{г}/\text{м}^2$) в логарифмическом масштабе. Согласно уравнению (6), положительное влияние на развитие водной эрозии оказывают стадия дигрессии, характеризующая антропогенные нарушения, связанные с рекреационной деятельностью, крутизна склона, количество песка мелкой фракции в верхнем горизонте почвы; отрицательное – проективное покрытие растительного покрова.

Результаты экспериментального моделирования показали, что значения перенесенного мелкозема значительно варьируют ($0,01$ – $52,4 \text{ г}/\text{м}^2$ за 10 мин полива). Максимальные значения соответствуют антропогенно-трансформированным ландшафтам (4 и 5 стадии дигрессии) с низким проективным покрытием растительности (от 0 до 20%) и с крутизной склона 7° и более. Растительность играет в этом случае регулируемую роль, но в условиях рекреационной нагрузки также испытывает воздействие. На тестовых площадках с высокой стадией дигрессии запасы надземной травянистой фитомассы минимальны, например, для селитебных территорий запасы фитомассы варьируют в пределах 40 – $44 \text{ г}/\text{м}^2$. В зонах грунтовых дорог и палаточных городков растительность фактически отсутствует, и запас сводится к нулю.

Наибольшим потенциалом для осуществления функции регулирования эрозии согласно результатам картографирования (см. рис. 5) и регрессионного анализа обладают склоновые редкостойные лиственничные разнотравно-злаковые леса, заболоченные разнотравно-осоковые луговины, разнотравно-ковыльные и низкотравно-типчачковые степи с доминированием типчака, ковыли, хамеродоса алтайского, которые формируют плотные дерновины и сомкнутое проективное покрытие, предотвращающее развитие денудационных процессов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе полученных результатов сделаны следующие **выводы**:

1. Структура геосистем ключевых участков, отображенная в рамках факторально-динамического анализа, отражает как региональные особенности ландшафтной дифференциации Прибайкалья, обусловленные преимущественно высотно-поясными закономерностями распространения на территории субальпипинотипных, подгольцовых, горно-таежных темнохвойных и светлохвойных, подтаежных и степных геосистем, так и локальную специфику ключевых участков, сформировавшуюся под влиянием орографии и охлаждающего воздействия водной массы оз. Байкал.

На ключевом участке в предгорьях Баргузинского хребта распространены горно-таежные лиственничные с примесью кедра и сосново-лиственничные геосистемы, но отмечаются и элементы темнохвойной тайги – пихтовой и кедрово-пихтовой. Из-за местных климатических особенностей в предгорной части хребта на озерных террасах сформировались ложноподгольцовые геосистемы, характеризующиеся проникновением гольцовых видов в лесной пояс. Ключевой участок в Приольхонье отличается значительной контрастностью по сравнению с другими исследуемыми территориями, так как здесь сочетаются элементы таежного и степного типов природной среды. Распространение на клю-

чевом участке сухостепных геосистем центральноазиатского типа обусловлено влиянием барьерного эффекта и огромных водных масс оз. Байкал. На ключевом участке на северном макросклоне хребта Хамар-Дабан более четко выражена высотная поясность. Наибольшее распространение на данной территории получили горно-таежные темнохвойные геосистемы: пихтовые и кедрово-пихтовые. Интенсивное увлажнение и мощный снежный покров обеспечили здесь сохранение реликтов неморальной флоры, а также способствовали формированию в подгольцовом поясе пихтовых редколесий.

2. В формировании факторальной структуры для всех трех исследуемых территорий характерно участие литоморфного фактора, но в большей степени он выражен на ключевом участке в предгорьях Баргузинского хребта, где классы сублитоморфных фаций занимают 72 % территории, на северном макросклоне хребта Хамар-Дабан они занимают почти половину территории (48 %), а на участке в Приольхонье около 12 %. Для двух последних участков выражено влияние местных климатических особенностей на формирование факторальной структуры, что проявляется в преобладании геосистем субксеролитоморфного ряда (76 %) на ключевом участке в Приольхонье (обусловлено засушливым климатом) и значительным распространением геосистем субгидроморфного ряда (47 %) на ключевом участке на северном макросклоне хр. Хамар-Дабан (связанным с избыточным увлажнением).

3. Ландшафтно-типологические карты, отражающие динамическое состояние геосистем, являются основой для пространственного отображения показателей функций геосистем на определенном иерархическом уровне с учетом влияющих факторов.

4. Регрессионный анализ данных по запасам фитомассы на ключевых участках, характеризующих различные климатические условия и ландшафтное разнообразие прибрежных геосистем Прибайкалья, показал, что факторы и направленность их влияния на фитопродукционную функцию геосистем меняются в зависимости от локальных особенностей территории.

Основными факторами, отрицательно влияющими на накопление древесной фитомассы, на ключевом участке в предгорьях Баргузинского хребта являются степень увлажнения (определенная по топографическому индексу влажности), экспозиция склонов (северная и северо-западная) и степень выпуклости рельефа, положительно влияет мощность гумусового горизонта. Незначительный запас древесной фитомассы в долинах и водосборных понижениях связан с локальными климатическими особенностями данной территории: среднегодовое количество осадков 300–400 (в горах от 400–500 до 1000 мм) в условиях низких температур и малой испаряемости способствуют заболачиванию и формированию геосистем субстагнозного ряда.

В геосистемах ключевого участка на хребте Хамар-Дабан на функцию накопления древесной фитомассы отрицательно влияют высота и степень увлажнения. В отличие от ключевого участка на Баргузинском хребте, здесь отчетливо проявляется закономерное влияние температурного градиента, связанного с изменением высоты, когда минимальные запасы формируются в под-

гольцовых и субальпинотипных геосистемах. Отрицательное влияние избыточного увлажнения также ярко выражено в геосистемах субстагнозного ряда.

В подгорных светлохвойных ландшафтах, ограничено представленных на ключевом участке в Приольхонье, запасы древесной фитомассы увеличиваются с высотой (до определенного предела), повышением крутизны склонов и при ориентации склонов на север и северо-восток (теневые склоны). В степных геосистемах на накопление травянистой фитомассы среди рассмотренных факторов в наибольшей степени влияет форма рельефа (в отрицательных формах запас выше), что естественно в условиях засушливого климата.

5. Регрессионный анализ для трех участков (региональный уровень) показал, что среди анализируемых факторов с наибольшей достоверностью положительное влияние на накопление фитомассы оказывает среднегодовое количество осадков, а отрицательное – высота и степень увлажнения местоположений. Среднегодовое количество осадков в данном случае является лимитирующим фактором. Недостаточное количество осадков ярко проявляется в минимизации запасов древесной фитомассы в геосистемах субксеролитоморфного ряда на ключевом участке на Приольхонском плато по сравнению с другими территориями. Но при определенных условиях и повышенное увлажнение может приводить к такому же эффекту: при слабой дренированности местности, низких температурах и т.д. оно становится избыточным и способствует их заболачиванию, что также снижает запасы фитомассы. Эта тенденция хорошо проявляется на двух других ключевых участках.

Влияние температурного градиента на показатели фитомассы отчетливо выявляется на региональном уровне, а так же на локальном для ключевого участка на хр. Хамар-Дабан. В предгорьях Баргузинского хребта эта закономерность не проявилась из-за сформировавшейся здесь температурной инверсии.

6. Экспериментальные исследования водной эрозии в степных ландшафтах показали, что природная функция регулирования эрозии в значительной степени зависит от особенностей отдельных компонентов геосистем. Отрицательно на функцию по регулированию эрозии на ключевом участке в Приольхонье влияют следующие факторы (в порядке уменьшения влияния): дигрессия растительных сообществ, крутизна склона, количество песка мелкой фракции в верхнем горизонте почвы и положительно - проективное покрытие растительного покрова, что подтверждается рассчитанной на основе эмпирических данных локальной регрессионной моделью.

7. Наибольшим потенциалом для осуществления функции регулирования эрозии обладают группы фаций: склоновые редкостойные листовенничные разнотравно-злаковые; заболоченные разнотравно-осоковые луговины; разнотравно-ковыльные и низкотравно-типчаковые степи с доминированием типчака, ковыли, хамеродоса алтайского, которые формируют плотные дерновины и сомкнутое проективное покрытие растительного покрова, предотвращающее развитие денудационных процессов. В антропогенно-трансформированных геосистемах на склонах ($7,2 - 30^\circ$) осуществление данной функции нарушено в связи с изменением видового состава растительности, снижением проективного покрытия и запасов фитомассы, нарушением верхних горизонтов почвы.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых научных изданиях:

1. Солодянкина, С.В. Картографирование ландшафтов северо-восточного побережья озера Байкал и их устойчивости в условиях развития рекреационной деятельности / С.В. Солодянкина, **Ю.В. Вантеева**, Е.А. Истомина // Геодезия и картография. – 2012. – № 12. – С. 34-41.
2. **Вантеева, Ю.В.** Определение значимости и чувствительности ландшафтов на ключевых участках южного Прибайкалья для организации устойчивого природопользования / **Ю.В. Вантеева**, С.В. Солодянкина // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». – 2014. – Т. 7. – С. 46-64.
3. **Вантеева, Ю.В.** Оценка и картографирование продуктивности ландшафтов Северного Прибайкалья / **Ю.В. Вантеева**, С.В. Солодянкина // География и природные ресурсы. – 2014. – № 3. – С. 63-69.
4. **Vanteeva, J.V.** Ecosystem functions of steppe landscapes near Lake Baikal / **J.V. Vanteeva**, S.V. Solodyankina // *Haquetia*. – 2015. – Vol. 14/1 – P. 65-78.
5. Солодянкина, С.В. Изменчивость продукционной функции растительности прибрежных геосистем Прибайкалья / С.В. Солодянкина, **Ю.В. Вантеева** // География и природные ресурсы. – 2017. – № 2. – С. 73-80.
6. **Вантеева Ю.В.**, Пузаченко Ю.Г., Сандлерский Р.Б. Оценка термодинамических переменных геосистем Северо-восточного Прибайкалья на основе мультиспектральной дистанционной информации // Известия РАН. Серия географическая. – 2017. – № 6. – С. 99-116.

Материалы конференций и совещаний:

1. **Vanteeva, J.V.** Ecosystem functions of steppe landscapes near Lake Baikal / **J.V. Vanteeva**, S.V. Solodyankina // *The Open Landscapes: ecology, management and nature conservation* (29th September – 3rd October 2013, Hildesheim, Germany), 2013. - P. 83-84.
2. **Vanteeva, J.** Current ecosystem processes in steppe near Lake Baikal / **J. Vanteeva** // European Geosciences Union, General Assembly 2015 – Vienna – Austria, 12 – 17 April 2015. <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2015/EGU2015-645.pdf>.
3. Marinskiy, D.M. Landscape functions as the basis for assessment of ecosystem services capacity / D.M. Marinskiy, S.V. Solodyankina, **U.V. Vanteeva** // Book of abstracts of the conference "Ecosystem Services to ensure Sustainable Rural Development and Sustainable Use of Natural Resources". Erscheinungsort Bonn, 2015. – P 104-105.
4. **Вантеева, Ю.В.** «Ландшафтная структура и геосистемные функции прибрежных ландшафтов Прибайкалья» / **Ю.В. Вантеева** // Сборник материалов 9-й международной молодежной школы-конференции «Меридиан»: Методы и средства исследования природы и общества / отв. ред. Кладовщикова М.Е. – М.: ИГ РАН, 2016. – С. 26-29.
5. **Vanteeva, J.V.** Land-Cover Structure Changes Due to Recreational Development on Lake Baikal / **J.V. Vanteeva**, S.V. Solodyankina // 33rd International Geographical Congress (21-25 August 2016). Book of abstracts. Beijing, China, 2016. – P. 445.
6. **Вантеева, Ю.В.** Ландшафтное картографирование на примере ключевых участков в Прибайкалье / **Ю.В. Вантеева**, С.В. Солодянкина // Геосистемы в Северо-Восточной Азии: территориальная организация и динамика / Материалы Всероссийской научно-практической конференции 20-21 апреля 2017 г. – Владивосток: Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, 2017. – С. 94-97.
7. Солодянкина, С.В. Оценка потенциальной водной эрозии на склонах в Приольхонье / С.В. Солодянкина, **Ю.В. Вантеева**, Т.И. Знаменская // Экологический риск / Материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием (г. Иркутск, 18-21 апреля 2017 г.). – Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2017. – С. 295-296.

8. **Вантеева, Ю.В.** Структура и функции прибрежных ландшафтов Прибайкалья / **Ю.В. Вантеева, С.В. Солодянкина** // Фундаментальные проблемы экологии России / Тезисы докладов Всероссийской научной конференции (г. Иркутск – пос. Листвянка (оз. Байкал), 25 июня – 1 июля 2017 г.) – Иркутск: Издательство Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2017. – С. 37.

9. **Вантеева Ю.В.** Факторная структура и функции прибрежных геосистем Прибайкалья / **Ю.В. Вантеева, С.В. Солодянкина** // Ландшафтоведение: теория, методы, ландшафтно-экологическое обеспечение природопользования и устойчивого развития [Электронный ресурс]: материалы XII Международной ландшафтной конференции, Тюмень-Тобольск, 22-25 августа 2017 г.: в 3 т. / отв. ред. чл.-кор. РАН К.Н. Дьяконов. – Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2017. – Т. 2. – С. 121 – 125.

ВАНТЕЕВА Юлия Владимировна

ФАКТОРАЛЬНАЯ СТРУКТУРА И ПРИРОДНЫЕ ФУНКЦИИ ПРИБРЕЖНЫХ
ГЕОСИСТЕМ ПРИБАЙКАЛЬЯ

Автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата географических наук

Подписано к печати 27.03.2018 г.

Формат 60×84/16. Объем 1,4 п.л. Тираж 100 экз. Заказ № 805.
Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН.
664033 г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1.