

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ  
ИМЕНИ В. Ф. КУПРЕВИЧА  
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»

Объект авторского права  
УДК 574.42

ГРУММО  
Дмитрий Геннадьевич

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ И МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ  
СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ  
РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА БЕЛАРУСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ  
И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Автореферат**  
**диссертации на соискание ученой степени**  
**доктора биологических наук**

**по специальностям 03.02.01 – ботаника, 03.02.08 – экология**

Минск, 2025

Работа выполнена в государственном научном учреждении «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

**Научный консультант:** **Ламан Николай Афанасьевич**,  
доктор биологических наук, профессор, академик НАН Беларуси, заведующий лабораторией роста и развития растений государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

**Официальные оппоненты:** **Рупасова Жанна Александровна**,  
доктор биологических наук, профессор, Заслуженный деятель науки Республики Беларусь, член-корреспондент НАН Беларуси, главный научный сотрудник лаборатории экологической физиологии и химии растений государственного научного учреждения «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»

**Падутов Владимир Евгеньевич**,  
доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, заведующий научно-исследовательским отделом генетики, селекции и биотехнологии государственного научного учреждения «Институт леса Национальной академии наук Беларуси»

**Мартыненко Василий Борисович**,  
доктор биологических наук, Заслуженный деятель науки Республики Башкортостан, руководитель Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук

**Оппонирующая организация:** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ботанический институт имени В. Л. Комарова Российской академии наук

Защита диссертации состоится «27» марта 2025 г. в 12.00 на заседании совета по защите диссертаций Д 01.38.01 в государственном научном учреждении «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси» по адресу: 220072, г. Минск, ул. Академическая, 27. E-mail: nan.botany@yandex.by, тел.: (+37517) 378-14-69, факс: (+37517) 322-18-53.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке имени Якуба Коласа Национальной академии наук Беларуси.

Автореферат разослан «25» февраля 2025 г.

Ученый секретарь  
совета по защите диссертаций,  
кандидат биологических наук, доцент

Е. Я. Куликова

## ВВЕДЕНИЕ

В связи с общей тенденцией увеличения деградации природных экосистем, необходимостью оценки их динамики и устойчивости актуальной является проблема изучения пространственной структуры растительного покрова (Котлов, 2023). Картографический метод представляется наиболее эффективным как в рамках описания структуры самой растительности, так и в категориях ее специализированной оценки и прогнозирования (Белов, 2003; Pedrotti, 2004; Юрковская, 2012; Атлас..., 2013; Ершов, 2015; Холод, 2015; Спутниковое картографирование..., 2016; Турубанова, 2017; Черненкова, 2022; Potarov, 2022 и др.).

К концу истекшего столетия возможности картографического метода исследования растительного покрова существенно расширились за счет создания и внедрения геоинформационных систем (ГИС), свободного доступа к данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Развитие информационных технологий привело к трансформации картографической парадигмы. На смену традиционному взгляду, когда карта является конечным продуктом (парадигма сообщения), приходит альтернативный подход, предполагающий хранение и анализ геоботанических данных для создания новых специализированных тематических карт (аналитическая парадигма).

В Беларуси тематическое картографирование активно развивается со второй половины XX в., что было продемонстрировано созданием серии геоботанических карт, внесших значительный вклад в изучение растительного покрова страны. Базовая концепция геоботанического картографирования еще не исчерпала себя, однако на рубеже столетий методология исследований нуждается в существенном обновлении, что обусловлено научно-техническим прогрессом и возросшими потребностями экономики и общества. Традиционные средства и методы тематического картографирования в настоящее время уже не обеспечивают оперативный контроль за состоянием и динамикой растительного покрова Беларуси. Для решения проблемы нужна новая научно-методологическая база, в основу которой должны быть положены современные технологии цифрового геоботанического картографирования.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Связь работы с научными программами (проектами), темами.** В 2006–2024 гг. результаты исследований использованы при выполнении более 40 заданий государственных программ, отдельных договоров и грантов. Первостепенное значение для накопления фактического материала имели научно-исследовательские работы в рамках: ГПНИ «Информатика и космос, научное

обеспечение безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций» (2010–2012 гг.) «Разработать систему методов дистанционной диагностики состояния нарушенных торфяных месторождений и стадий их восстановления при повторном заболачивании для учета потоков парниковых газов» (№ ГР 20100237), ГПНИ «Информатика и космос» (2013–2015 гг.) «Разработка технологии количественной оценки растительных ресурсов с использованием спутниковой информации (на примере болотных угодий)» (№ ГР 20131132), ГПНИ «Природопользование и экология» (2016–2020 гг.) «Разработать принципы составления и создать среднемасштабную цифровую карту растительности северной геоботанической подзоны дубово-темнохвойных лесов, определить основные направления её динамики» (№ ГР 20161169), ГП «Научно-технологические технологии и техника» (2018–2020 гг.) «Провести работы по обеспечению системы наземного мониторинга объектов растительного мира и создать комплект тематических слоев, характеризующих современное состояние растительного покрова национального парка «Нарочанский» (№ ГР 20182040), ГП «Научно-технологические технологии и техника» (2021–2025 гг.) «Разработать методики обеспечения мониторинга и управления состоянием природных экосистем особо охраняемых природных территорий с использованием данных дистанционного зондирования Земли» (№ ГР 20213778), ГНТП «Природопользование и экологические риски» (2019–2020 гг.) «Обеспечить наполнения баз данных по растительности и биотопам для электронного атласа торфяных месторождений Брестской, Гомельской и Могилевской областей на основе анализа данных спутниковых снимков» (№ ГР 20192933), ГНТП «Природопользование и экологические риски» (2021–2023 гг.) «Обеспечить наполнения баз данных по растительности и биотопам для электронного атласа торфяных месторождений Гродненской, Минской и Витебской областей на основе анализа данных спутниковых снимков (№ ГР 20213800), гранта БРФФИ-РФФИ «Разработка наземно-дистанционных методов выявления ключевых биотопов лесов и других наземных экосистем особо охраняемых природных территорий Российской Федерации и Республики Беларусь» (БРФФИ № Б18Р-163, № ГР 20181173), Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС (2021–2025 гг.) «Создать систему наземного мониторинга лесных экосистем и разработать методические документы о порядке проведения мониторинга лесных экосистем на территориях с сильным уровнем радиоактивного загрязнения на основе методов дистанционного зондирования с целью раннего выявления угроз потери их устойчивости и недопущения резкого ухудшения их санитарного состояния» (№ ГР 20214054), отдельных заданий: «Характеристика окружающей среды и оценка воздействия на нее БелАЭС. Растительность» (2009 г.), «Комплексные инженерно-экологические изыскания с разработкой прогнозов и предложений к программе мони-

торинга наземных и водных экосистем» (№ ГР 20130722), «Создать атлас цифровых тематических карт современного состояния биоразнообразия национального парка и оригинал-макет рукописи книги «Растительность и биотопы Беловежской пуши» (№ ГР 20180266), ряда международных проектов и грантов «Разработка и реализация плана по сохранению старейшего болота в Беларуси» (№ ГР 20130723), «Оценка степени трансформации, актуальных угроз и приоритетов в охране болотного массива «Дикое» в рамках проекта «Природоохранный проект для Беловежской пуши» (№ ГР 20143812), «Дать скрининг-оценку современного состояния нарушенных торфяников Беларуси и разработать план их экологической реабилитации на период до 2040 года» (№ ГР 20200975), «Разработать стратегию и план действий – дорожную карту по интеграции принципов Изумрудной сети в систему территориальной охраны природы Республики Беларуси» (№ ГР 20201812), «Редкие и типичные биотопы в проектном регионе Припятское Полесье: инвентаризация, разработка стратегии их охраны, основа для расширения Изумрудной сети» (№ ГР 20200209).

**Цель, задачи, объект и предмет исследования.** *Цель* – разработать научные основы и методологию оценки структурно-функциональной организации растительного покрова Беларуси с использованием данных дистанционного зондирования Земли и ГИС-технологий.

Для достижения данной цели поставлены следующие *задачи*:

1. Развитие системной концепции и методологии оценки структурно-функциональной организации растительного покрова Беларуси на основе четырехэтапного картографического цикла исследований, включающего создание универсальных инвентаризационных карт, проведение специализированных работ по оценочному и прогнозному картографированию с составлением прикладных карт территориально-планировочного характера.

2. Изучение картографическими методами растительного покрова модельных территорий Беларуси, оценка его типологического разнообразия, структуры и динамики, экологического потенциала, что предполагало решение ряда фундаментальных и прикладных проблем, определивших этапность проводимых исследований, таких как:

- создание и анализ крупномасштабных геоботанических карт;
- выявление видового, ценотического и биотопического разнообразия, установление их взаимосвязи с факторами природного и антропогенного воздействия;
- оценка динамики растительного покрова с использованием системных подходов к изучению его структурно-функциональной организации;
- разработка критериев оценки экологического состояния, определение степени нарушенности, а также устойчивости растительности к различным видам антропогенных воздействий;

– изучение функциональной роли растительных сообществ путем пространственного анализа качественных и количественных показателей, характеризующих экологический (средоформирующий, ландшафтно-защитный и др.) и ресурсный потенциалы;

– развитие фитоиндикационного картографирования для оценки экологических параметров окружающей среды.

3. Разработка прогностических подходов к формированию растительного покрова модельных территорий.

4. Составление территориально-планировочных (природоохранных) карт и разработка на их основе практических вопросов сохранения и устойчивого использования растительных ресурсов модельных территорий.

*Объект* исследования – растительный покров модельных территорий (общей площадью 54,4% территории Беларуси): геоботаническая подзона дубово-темнохвойных лесов (в т.ч. Березинский биосферный заповедник, национальные парки «Нарочанский», «Браславские озера»), биосферный резерват «Припятское Полесье» (включая национальный парк «Припятский», республиканские заказники «Ольманские болота», «Старый Жаден»), национальный парк «Беловежская пуша», Полесский государственный радиационно-экологический заповедник (ПГРЭЗ).

*Предмет* исследования – типологическая структура, динамика, сукцессионные смены, степень нарушенности, экологический и ресурсный потенциал растительного покрова.

**Научная новизна.** Разработаны научные основы системной оценки структурно-функциональной организации растительного покрова с использованием данных ДЗЗ и ГИС-технологий, позволившие обосновать новое научное направление изучения растительности, сочетающее принципы геоинформатики, фитоценологии и экологии, что значительно расширяет возможности традиционных геоботанических методов.

На основе наземно-дистанционных данных впервые получены крупномасштабные геоботанические карты модельных территорий с высокими и стабильными показателями точности, позволившие оценить современный фитоценотический состав, эколого-функциональные, географические и динамические особенности структуры растительного покрова.

Разработана принципиально новая методологическая основа комплексного тематического картографирования с использованием дистанционного зондирования и ГИС-технологий, обеспечившая составление серии тематических карт, отражающей современные и прогнозные параметры структурно-функциональной организации растительного покрова Беларуси в условиях воздействия природных и антропогенных факторов.

Разработаны оригинальные критерии и методы оценки состояния растительного покрова и природных экосистем (в т.ч. на особо охраняемых природных территориях), с использованием которых выявлены пространственно локализованные экологические проблемы модельных территорий.

Впервые изучена функциональная роль растительности модельных территорий методом пространственного анализа качественных и количественных показателей, характеризующих их экологический и ресурсный потенциал, что в итоге позволило создать серию природоохранных карт и разработать на их основе предложения по охране и рациональному использованию растительных ресурсов.

Предложены инновационные методы дистанционного мониторинга растительного покрова Беларуси, что существенно повысило масштаб и оперативность эколого-биологических исследований.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. В основу картографической оценки структурно-функциональной организации растительного покрова положен системный подход, позволяющий объединять инвентаризационное, оценочное, прогнозное и территориально-планировочное направления геоботанического картографирования. Созданная серия тематических карт (всего 102 карты, в т.ч. инвентаризационных – 11, оценочных – 71, прогнозных – 13, территориально-планировочных – 7, с площадью закартированных объектов от 7,0 до 8999,5 тыс. га) обеспечивает получение разнообразной объективной информации о структуре, состоянии и динамике растительного покрова. Разработанные научные основы и методология значительно расширяют возможности традиционных геоботанических методов и являются новым научным направлением изучения растительности, формирующимся на стыке геоинформатики, фитоценологии и экологии.

2. Универсальные геоботанические карты, построенные на принципах многоступенчатой иерархической классификации, являются научной и информационной базой для пространственного изучения структурно-функциональной организации растительного покрова. На основе наземно-дистанционных данных составлены крупномасштабные геоботанические карты с высокими и стабильными показателями точности (82,3–87,6%), позволившие выявить типологический состав, эколого-географические и динамические особенности структуры растительного покрова модельных территорий на общей площади 113023,58 км<sup>2</sup> или 54,4% территории Беларуси.

3. Разработанные качественные и количественные методы пространственного анализа видового, ценотического и биотопического разнообразия в разрезе опорных территориальных единиц (регулярная сеть, геоботаническое районирование, подразделений ландшафтной структуры, функционального зонирования особо охраняемых природных территорий) являются эффектив-

ным инструментом изучения растительного покрова с определением общих, региональных и локальных особенностей, а также экологических приоритетов в системе охраны природной среды и природопользования.

4. На основе комплексной оценки 65 тыс. учетных единиц растительности модельных полигонов с использованием 5,5 тыс. признаков, 54 индексов и коэффициентов научно обоснован принципиально новый методический подход оценочного и прогнозного изучения природно-растительных комплексов Беларуси, базирующийся на совокупности инновационных приемов обработки данных дистанционного зондирования Земли, многокомпонентном синтезе и анализе спутниковых картографических продуктов.

5. Комплексное картографирование, основанное на использовании данных дистанционного зондирования, ГИС-технологий и обобщении инвентаризационной, оценочной и прогнозной информации, позволяет создавать систему территориально-планировочных карт, в 2,5–3 раза сократить объем наземных исследований и существенно повысить оперативность анализа.

**Личный вклад соискателя.** Автором лично проведены полевые исследования в 2006–2024 гг. и собран первичный материал о составе и структуре растительного покрова модельных территорий Беларуси. Разработана программа исследований, методология, методика и принципы комплексного картографирования растительного покрова на основе аэрокосмической информации и использования ГИС-технологий. При непосредственном участии автора составлены все инвентаризационные и специальные (оценочные, прогнозные, природоохранные) карты модельных территорий общей площадью более 113,0 тыс. км<sup>2</sup>. Обработка результатов, их статистический и геопространственный анализ, обобщение и интерпретация данных, а также написание и оформление диссертации осуществлены автором самостоятельно.

**Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов.** Научные результаты исследований доложены на 30 международных конференциях, симпозиумах, семинарах, в т.ч.: I–IV Международных семинарах «Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны (Минск, 2009, 2015; Минск–Гродно, 2018; Минск–Витебск, 2021, Беларусь), X Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии» (Гродно, Беларусь, 2014), Международной научной конференции «Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья» (Минск, Беларусь, 2016), Международной научно-практической конференции «Радио-экологические и радиобиологические последствия Чернобыльской катастрофы» (Хойники, Беларусь, 2017), III Международной конференции «Классификация растительности и биотопов Украины» (Киев, Украина, 2018), Всероссийских конференциях с международным участием: IX–XII Галкинские

чтения (Санкт-Петербург, Россия, 2018, 2019, 2021, 2023), VII Всероссийской конференции (с международным участием) «Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении, лесном хозяйстве и экологии» (Москва, Россия, 2019), Всероссийской конференции с международным участием «Российская геоботаника: итоги и перспективы – к 100-летию Отдела геоботаники БИН РАН» (Санкт-Петербург, Россия, 2022), Международной научной конференции «Радиобиология и экологическая безопасность» (Гомель, Беларусь, 2023), Международной конференции «Картографирование биоты: традиции и актуальные вопросы развития» (Иркутск, Россия, 2023) и др.

Практическая значимость подтверждается 46 актами внедрения результатов научно-исследовательской работы, 3 актами опытно-производственной проверки научно-технической продукции, 2 актами о практическом использовании результатов исследования в образовательном процессе, 1 свидетельством о государственной регистрации информационного ресурса.

**Опубликованность результатов диссертации.** Основные результаты диссертации изложены в 100 публикациях, в том числе: в 6 коллективных монографиях (147,89 авторских листа, лично соискателя – 47,45), 31 статье в научных изданиях, включенных в Перечень ВАК Республики Беларусь и соответствующих пункту 18 Положения ВАК о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь (16,52 авторских листа, лично соискателя – 9,17), 17 статей в других рецензируемых изданиях, 42 статьи в материалах научных конференций, 4 публикации в сборниках тезисов докладов.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из перечня сокращений и обозначений, введения, общей характеристики работы, 7 глав, заключения, библиографического списка и 38 приложений. Работа изложена на 1174 страницах. Основной текст (528 страниц) содержит 257 рисунков, 105 таблиц. Список использованных источников включает 519 наименований, из них 169 на иностранных языках. Приложения изложены на 646 страницах, содержат 268 рисунков, 102 таблицы.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

### Глава 1. Картографирование растительности: основные направления развития, проблемы и современные задачи (аналитический обзор)

В первой главе приводится аналитический обзор исторического развития подходов к изучению структуры, состояния и динамики растительного покрова с использованием картографического метода.

В развитии теории и методологии геоботанического картографирования выделяются 3 основных направления: 1) классификация типологических единиц растительного покрова; 2) методы оценки качественных и количественных характеристик структуры, состояния и динамики биоразнообразия растительного покрова, включая разработку моделей прогнозного характера; 3) геоинформационные технологии обработки и анализа данных наземного и дистанционного мониторинга.

Центральной научной задачей геоботанического картографирования является выявление биотических (фитоценологических) и географических основ и принципов организации растительного покрова как части природных комплексов с учетом их генезиса, высокой степени спонтанной и антропогенной динамики. Объективность картографического моделирования, выводов и рекомендаций во многом определяет легенда геоботанической карты. Выявление и классификация растительных сообществ разного таксономического ранга на основе их системной соподчиненности позволяют отражать на картах как основные регионально-географические и генетические закономерности в организации растительного покрова, так и тополого-экологические особенности, определяющие типологию конкретных таксонов растительности (Александрова, 1969; Грибова, 1970, 1972; Сочава, 1961, 1979; Холод, 2015; Юрковская, 2012; Faliński, 1991; Karte der natürlichen..., 2004; Küchler, 1967; Matuszkiewicz, 2008; Neuhäuslová, 2001; Ozenda, 1986; Pedrotti, 2004, 2013; Zeigerwerte..., 1991 и др.).

Для решения научно-практических задач разрабатываются подходы, основанные на выявлении качественных и количественных параметров структуры, состояния и динамики растительного покрова. В главе обсуждаются различные типы и сюжеты тематических карт растительности: 1) *инвентаризационных* (Атлас..., 2013; Белов, 2003; География и мониторинг..., 2002; Лавренко, 1988; Лавриненко, 2020; Faliński, 1991; Géhu, 1991; Pedrotti, 2013; Rivas-Martínez, 1985 и др.); 2) *оценочных* (Анализ динамики..., 2017; Атлас..., 2013; Белов, 2002, 2003; Биоразнообразие..., 2021; Исаченко, 1964, 1965; Карамышева, 1962; Комплексное картографирование..., 2001; Лавренко, 1988; Марвет, 1968; Огуреева, 2000; Опыт картографирования..., 2000; Оценка биоразнообразия..., 2015; Оценка и картографирование..., 2022; Faliński, 1991; Pedrotti, 2013; Rey,

1962; Tüxen, 1956, 1957 и др.); 3) *прогнозно-рекомендательных* (Белов, 2002; Власенко, 2000; Faliński, 1991 и др.).

В современных условиях имеются новые возможности картографирования с использованием ДЗЗ и ГИС, которые имеют огромный потенциал для повышения информативности оценки структуры, свойств и динамики растительности (Развитие методологии..., 2012; Combining airborne..., 2014; Johansen, 2005; National forest..., 2010; Remote sensing..., 2020; Using remotely..., 2010). При этом общей тенденцией является использование количественных методов в анализе полевой, дистанционной и картографической информации (Анализ динамики..., 2017; Крышень, 2013; Ершов, 2013; Спутниковое картографирование..., 2016; Conterminous..., 2008; Johansen, 2015; Hansen, 2012; Landsat continuity..., 2008; McBratney, 2003; Multi-Source..., 2008; Potapov, 2011; Puzachenko, 2008; Remote sensing..., 2013; Site-based..., 2016; Valentini, 2015; Турубанова, 2017; Черненькова, 2022; Potapov, 2022 и др.).

В Беларуси наметилось некоторое отставание от современного уровня геоботанического картографирования. Проблемными являются вопросы классификации растительности и подходы к составлению легенды геоботанической карты, не в полной мере используются современные методы построения цифровых карт, недостаточное внимание уделяется работе непосредственно с аэрокосмическими данными, практически не развивается прикладное тематическое картографирование.

## **Глава 2. Системная концепция и методологические основы картографической оценки структурно-функциональной организации растительного покрова**

Системный подход предполагает полный четырехэтапный картографический цикл исследований, включающий составление универсальных инвентаризационных, специализированных оценочных прогнозных и территориально-планировочных (природоохранных) карт (рисунок 1).

Базовой основой в концепции исследований являются геоботанические карты, которые составлены на основе результатов обработки ДЗЗ, лесотаксационных, землеустроительных и других материалов. Синтез разнообразной информации позволил получить тематические карты с высокими и стабильными показателями точности (82,3–87,6%).

Разработанный комбинированный метод картографирования растительности включает следующие этапы: 1) *предполевой камеральный* (обработка аэрокосмических данных, сбор картографических данных); 2) *полевой* (формирование набора производных продуктов данных и признаков для распознавания

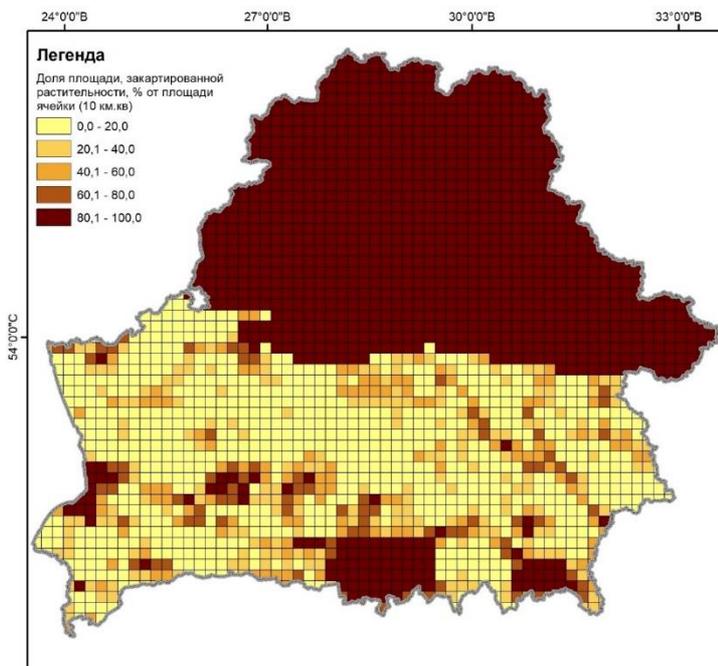
типологических единиц растительности); 3) *постполевой* (классификация типов подстилающей поверхности, синтез наземных, дистанционных, земле- и лесоустroительных данных, генерализация).



**Рисунок 1 – Концептуальная схема изучения структурно-функциональной организации растительного покрова на основе картографических методов**

При обработке данных ДЗЗ использовались как единичная (кадровая) аэрокосмическая съемка, так и набор разновременных сезонных безоблачных композитных изображений спутниковых снимков, методы контролируемой классификации (в т.ч. с предварительной сегментацией), геопространственное моделирование.

Особое внимание уделено вопросам крупномасштабного (М 1:60 000–1:100 000) картографирования растительности, где сконцентрирован поиск решений научных и прикладных проблем, связанных с охраной и рациональным использованием биоты. Всего выполнены работы по картографированию на общей площади 113023,58 км<sup>2</sup> или 54,4% территории Беларуси (рисунок 2). Для крупных классификационных единиц растительности (тип, класс формаций) исследование состояния и динамики проводили для всей территории страны. На тематических картах показан современный растительный покров, который включает как коренные, так и производные растительные сообщества, находящиеся на разных стадиях восстановления или деградации.



**Рисунок 2 – Обобщенные сведения об объемах картографических работ на территории Беларуси**

ты растительности северной (дубово-темнохвойных лесов) геоботанической подзоны, болот Беларуси, национальных парков «Нарочанский», «Беловежская пуща», Березинского биосферного заповедника, биосферного резервата «Припятское Полесье». Выявлены региональные и локальные особенности ценотической структуры модельных территорий, которые проявляются в типологическом рисунке растительности (рисунок 3); степени лесистости, заболоченности, сельскохозяйственного освоения; соотношении коренной и производной растительности; распространении диагностических видов и синтаксонов, характеризующих подзональные черты растительного покрова.

### **Глава 3. Инвентаризация разнообразия экосистем с использованием данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий**

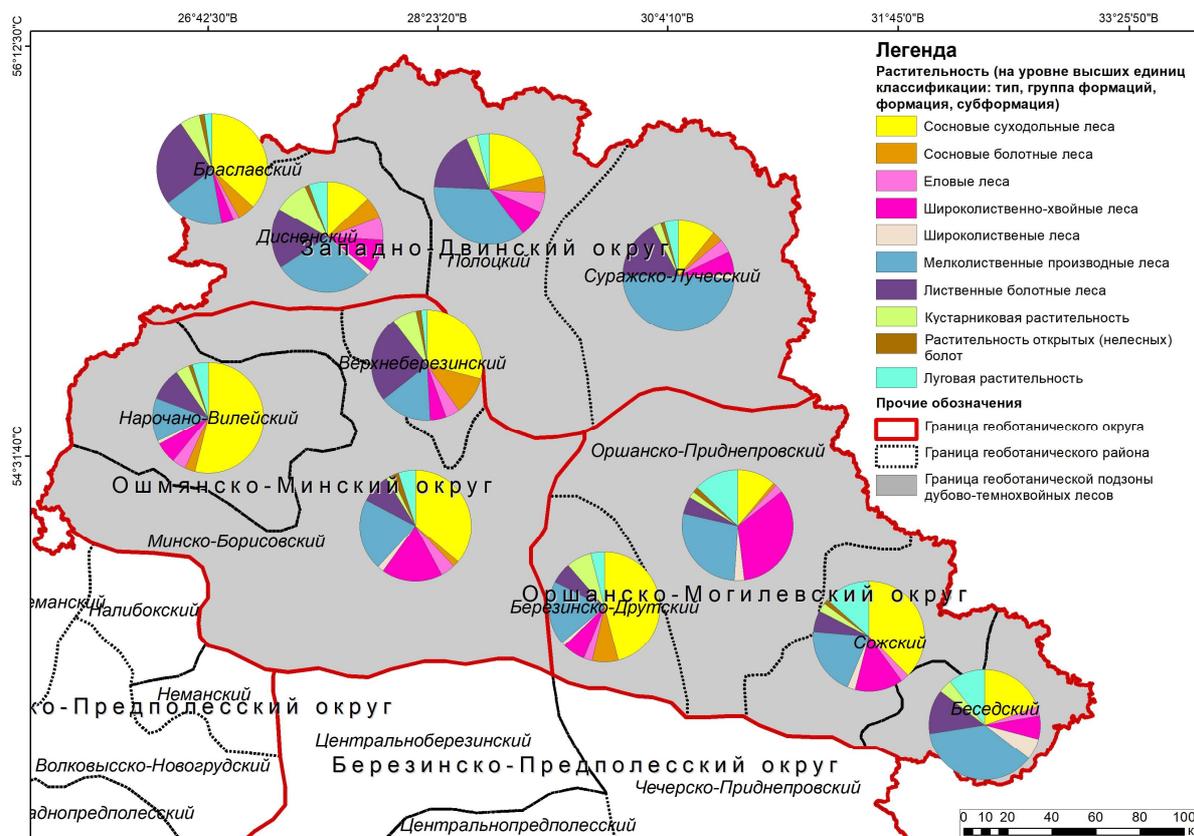
Обсуждаются методология и результаты пространственного анализа количественных и качественных параметров биоразнообразия на 3 иерархических уровнях организации биоты – видовом, ценотическом, биотопическом.

Базовой территориальной единицей для оценки разнообразия принят фитоценоз (или группа сопряженных фитоценозов), границы которого совпадают с границами контура растительности на геоботанической карте. При картографировании флористической насыщенности растительных сообществ применялся подход, основанный на моделировании числа таксонов (в качестве индикаторов использованы сосудистые растения и мохообразные) непосредственно по экологическим параметрам. Сопоставление «экспериментальных» (полевые

При составлении геоботанических карт использовали единицы эколого-фитоценотической (доминантной) классификации. Для ряда модельных территорий проведено картографирование на основе флористической классификации растительности (метод Браун-Бланке). В главе приводится сравнительная характеристика содержания геоботанических карт, составленных на основе доминантного и флористического подходов к классификации растительности.

Составлены и проанализированы крупномасштабные карты

геоботанические описания) и «теоретических» данных по оценке видового богатства фитоценозов показало достаточно высокий уровень сходимости ( $r=0,874$ ;  $n=228$ ;  $t_{\text{факт}}=27,01 > t_{\alpha}=3,33$ ;  $p<0,01$ ).

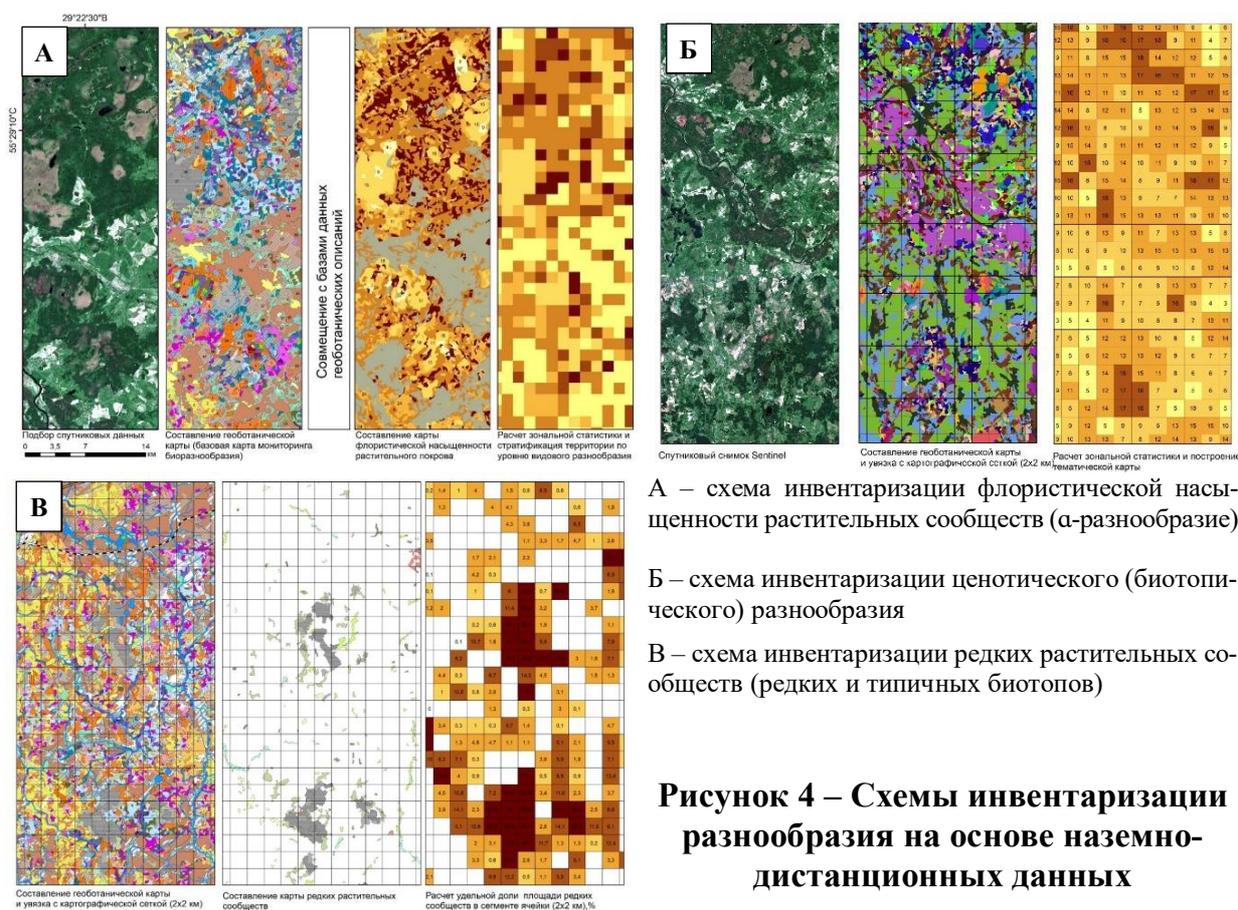


**Рисунок 3 – Анализ структуры растительности подзоны дубово-темнохвойных лесов (в разрезе геоботанических районов)**

Для модельных территорий проведена количественная оценка видового ( $R_{SP}$ ), ценоотического ( $R_F$ ), биотопического ( $R_B$ ) разнообразия в разрезе: 1) регулярной сети (размером 1–4 км<sup>2</sup>) (рисунки 4А, 4Б); 2) единиц геоботанического районирования (таблица 1); 3) ландшафтной структуры; 4) функционального зонирования особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

Пространственный анализ ценоотического разнообразия проводили также с учетом качественной оценки: по локализации редких и эталонных сообществ. Исследования включали 3 этапа (рисунок 4В). При анализе применялся метод стратификации с расчетом индекса фитоценоотической редкости территории ( $I_{ФРТ}$ ) для каждой ячейки как отношение суммы площадей редких растительных сообществ ( $S_{PC}$ ) к площади ( $S_{страты}$ ) страты (4 км<sup>2</sup>).

Результаты исследований показали (см. таблицу 1), что на территории подзоны дубово-темнохвойных лесов основные места локализации с наиболее высоким уровнем флористической насыщенности растительного покрова размещены на севере модельной территории (Полоцкий и Суражско-Лучесский геоботанические районы).



А – схема инвентаризации флористической насыщенности растительных сообществ (α-разнообразие)

Б – схема инвентаризации ценотического (биотопического) разнообразия

В – схема инвентаризации редких растительных сообществ (редких и типичных биотопов)

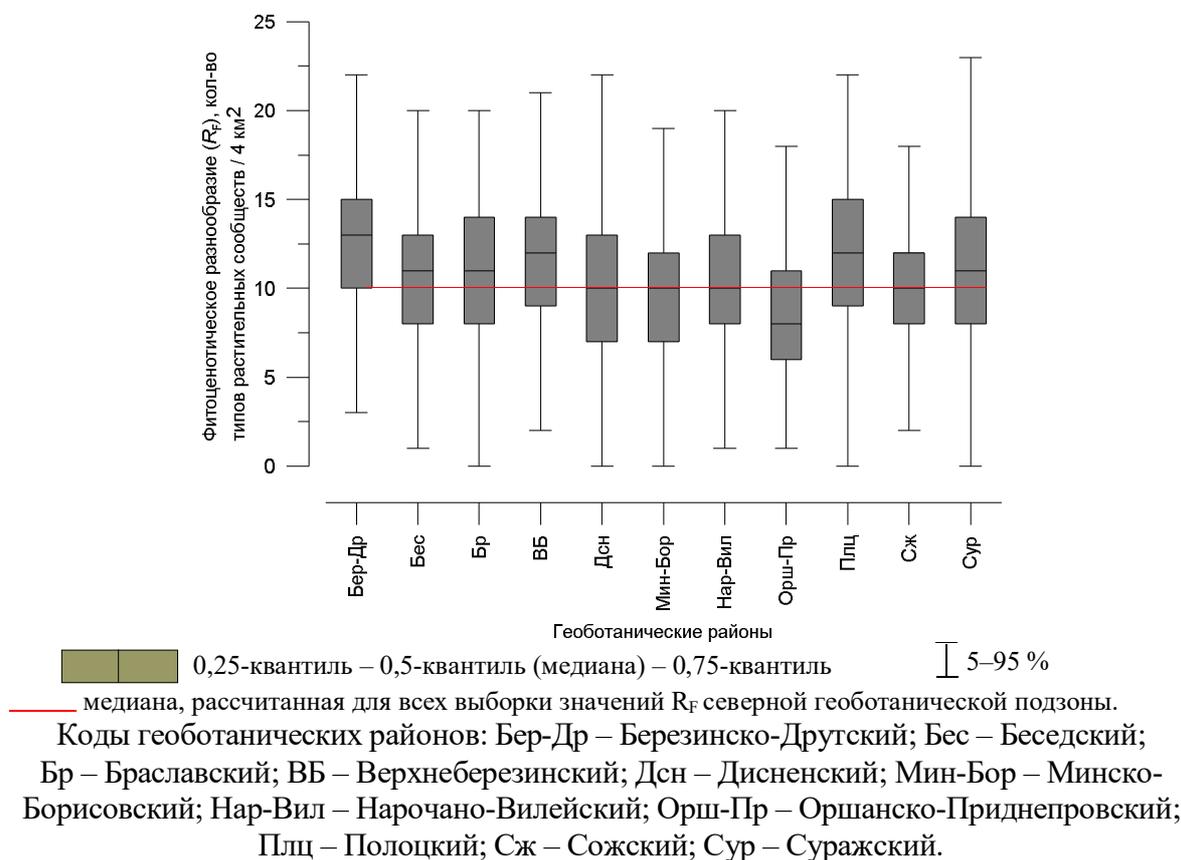
**Рисунок 4 – Схемы инвентаризации разнообразия на основе наземно-дистанционных данных**

**Таблица 1 – Оценка параметров видового, ценотического и биотопического разнообразия в границах подзоны дубово-темнохвойных лесов**

Геоботанический округ	Геоботанический район	Индикаторы типологического и таксономического разнообразия экосистем							
		$R_{SP}$		$R_F$		$I_{ФРТ}$		$I_{БЦТ}$	
		М	max	М	max	М	max		
Западно-Двинский	Браславский	35	11	20	1,5	17	8,5	55	
	Дисненский	33	10	25	3,6	96	10,4	100	
	Полоцкий	36	12	22	2,5	97	13,2	100	
	Суражско-Лучесский	37	11	23	2,1	100	12,9	100	
Оршанско-Могилевский	Березинско-Друтский	31	12	22	5,4	94	18,5	100	
	Беседский	36	11	23	5,5	60	9,3	82	
	Оршанско-Приднепровский	35	8	24	2,6	70	4,9	72	
Ошмянско-Минский	Сожский	33	10	21	5,4	84	8,0	84	
	Верхнеберезинский	33	12	22	5,6	99	26,2	100	
	Минско-Борисовский	34	10	24	1,9	68	5,9	97	
	Нарочано-Вилейский	32	10	22	3,1	86	7,5	99	
<b>Подзона дубово-темнохвойных лесов</b>		<b>34</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>3,0</b>	<b>100</b>	<b>9,7</b>	<b>100</b>	
<b>Особо охраняемые природные территории подзоны дубово-темнохвойных лесов</b>		–	–	–	<b>7,4</b>	<b>100</b>	<b>22,2</b>	<b>100</b>	

Примечание: М – среднее арифметическое; max – максимальное значение;  $R_{SP}$  – флористическая насыщенность растительных сообществ, количество видов / 100 м<sup>2</sup>;  $R_F$  – количество типов растительных сообществ / 4 км<sup>2</sup>;  $I_{ФРТ}$  – индекс фитоценотической редкости территории, %;  $I_{БЦТ}$  – индекс биотопической ценности территории, %.

Ценотическое разнообразие ( $R_F$ ) составляет в среднем 10, максимальное  $R_F$  – 25 типов на 1 ячейку страты (4 км<sup>2</sup>). Территории с наиболее высоким уровнем  $R_F$  сконцентрированы в Березинско-Друтском, Беседском, Полоцком, Суражском, Верхнеберезинском геоботанических районах, что отражает низкий уровень антропогенной нагрузки в этих регионах, а также широкое распространение труднодоступных и заболоченных территорий (рисунок 5, см. таблицу 1).

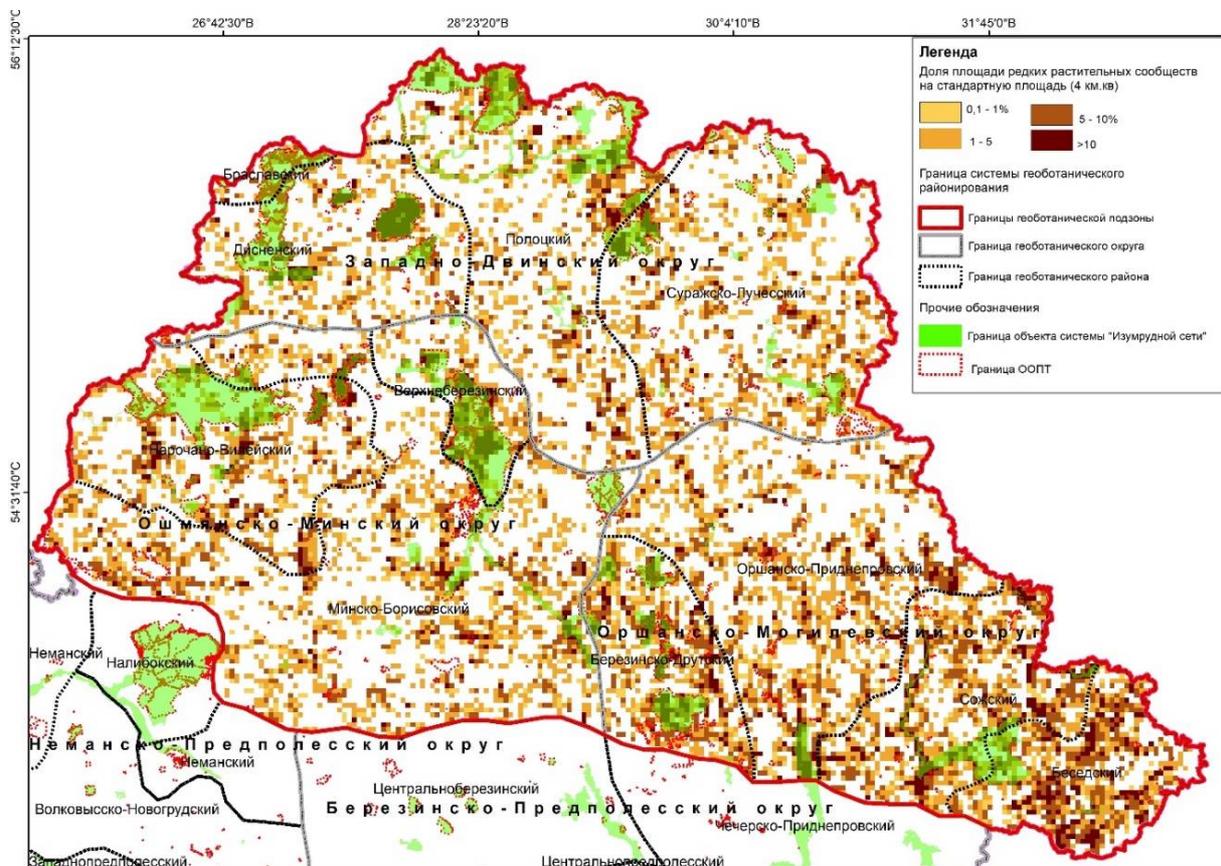


**Рисунок 5 – Статистические параметры фитоценотического разнообразия геоботанических районов подзоны дубово-темнохвойных лесов**

В пределах геоботанической подзоны дубово-темнохвойных лесов выделено 18 категорий редких растительных сообществ общей площадью 301,6 тыс. га. Среднее значение  $I_{ФРТ}$  для модельной территории составляет 3,03% (см. таблицу 1). Основные места локализации редких ценотических элементов – Верхнеберезинский (5,6%), Беседский (5,53%), Сожский (5,38%), Березинско-Друтский (5,37%) геоботанические районы. Для этих территорий существует большой потенциал для развития природно-заповедного фонда (рисунок 6). Среднее значение  $I_{ФРТ}$  для ООПТ выше, чем в среднем по подзоне и составляет 7,37% (см. таблицу 1), однако только 20,4% от общей площади редких растительных сообществ модельной территории обеспечено природоохранным режимом.

Аналогичный подход использован нами при оценке регионального биотопического разнообразия (см. рисунок 4В). Значение индекса биотопической ценности территории ( $I_{БЦТ}$ ) для модельной территории составляет в среднем

9,7%. Основные места концентрации редких и типичных биотопов – Верхнеберезинский ( $I_{БРТ}=26,2\%$ ), Березинско-Друтский (18,5%), Полоцкий (13,2%), Суражско-Лучесский (12,9%) геоботанические районы (см. таблицу 1).



**Рисунок 6 – Карта-схема распространения редких растительных сообществ в границах геоботанической подзоны дубово-темнохвойных лесов**

#### **Глава 4. Оценочное картографирование растительности на основе спутниковых данных и методов геопространственного анализа**

Анализируются методы и результаты идентификации на основе ДЗЗ и ГИС-технологий широкого спектра угроз для биологического разнообразия растительного покрова (пожары, потери леса, изменение гидрологического режима, зарастание открытых болот и лугов древесно-кустарниковой растительностью, нецелевое использование земель, нарушения правового режима ООПТ и других особо защитных территорий, рекреационная нагрузка, техногенное загрязнение и др.).

В исследованиях использовали совокупность подходов к обработке изображений, основанных на контролируемой классификации, кластерном анализе, особенностях спектрального отражения и параметрах трендов вегетационных индексов при антропогенном нарушении растительного покрова. Особое внимание уделено ретроспективной оценке нарушений растительного

покрова (потери лесов, пожары и др.), осуществляемой на основе специализированных тематических продуктов (см. рисунок 2), а также обработки архива спутниковой съемки и создания временных серий изображений.

Установлено, что за период 2001–2020 гг. на территории Беларуси зафиксировано 10,5 тыс. природных пожаров на площади 888,9 тыс. га (4,3% площади страны). Наибольшее количество природных пожаров и пройденных ими площадей выявлено в 2002 г. (1679 случаев – 184,8 тыс. га), 2003 г. (380 пожаров – 72,3 тыс. га), 2006 г. (673 пожара – 71,4 тыс. га), 2015 г. (1358 пожаров – 92,9 тыс. га), 2016 г. (116 пожаров – 66,8 тыс. га) и 2020 г. (505 пожаров – 50,8 тыс. га). Средняя площадь пожара составила  $148,0 \pm 5,4$  га (по данным ДЗЗ). В последнее десятилетие (2011–2020 гг.) площади пожаров по сравнению с предыдущей декадой (2001–2010 гг.) сократились в 1,4 раза. Наиболее пожароопасные месяцы: март (31,9% от общей площади выгоревших территорий), апрель (33,9%), сентябрь (9,1%). На протяжении 2001–2020 гг. 8,4% площади подверглось пирогенному воздействию два и более раз. В северном и центральном секторах Беларуси основная доля возгораний характерна для агроэкосистем (52,4%) и лесов (32,6%). В южной зоне наиболее значительные площади пожаров приходятся на лесные земли (36,3%) и болота (32,9%).

В работе получили развитие картографические подходы при изучении динамики растительного покрова Беларуси на основе: 1) многолетнего архива спутниковой съемки; 2) выделения стадий эколого-динамического состояния; 3) серийных и трансформационных рядов по отношению к коренным ядерным ассоциациям (КЯА).

На основе анализа разновременных спутниковых снимков серии LANDSAT (1985–2020 гг.) установлено (таблица 2, рисунок 7), что стабильный лесной покров (без изменений и признаков деградации) в Беларуси занимает 7209,0 тыс. га или 75,8%; леса, сформированные на ранее нелесных землях – 1459,5 тыс. га (14,7%). Потери лесов последних лет (2013–2020 гг.) выявлены на площади 516,5 тыс. га (5,2%); потери с последующим восстановлением лесного покрова (создание лесных культур, естественное лесозаращивание) – 421,6 тыс. га (4,2%). В целом за период 1985–2020 гг. в результате различных факторов воздействия естественного и антропогенного происхождения (рубки леса, пожары, повреждение вредителями и т.д.) потери лесов составили 1569,3 тыс. га. За последний анализируемый пятилетний период (период 2016–2020 гг.) среднегодовая площадь обезлесения составила 83,4 тыс. га/год, или в 2,3 раза выше по отношению к среднему за 1985–2015 гг. Наибольшие площади (82,3–95,1 тыс. га/год) потери лесов отмечены в 2016–2018 гг.

Стабильные открытые болота (ненарушенный естественный гидрологический режим, зарастание древесно-кустарниковой растительностью <10%) в Беларуси занимают 257,6 тыс. га (22,0% от общей площади болот). На площади

59,4 тыс. га (5,1%) растительный покров является сильно нарушенным или полностью уничтоженным. В настоящее время облесенные болота занимают 41,4% от общей учтенной площади болот. За 35 лет (1985–2020 гг.) площадь лесных болот в стране увеличились на 192,9 тыс. га (+16,4%).

Таблица 2 – Динамика лесного покрова за период 1985–2020 гг. в разрезе административных областей Беларуси (тыс. га / %)

Динамические категории	Беларусь	Административные области					
		Брестская	Витебская	Гомельская	Гродненская	Минская	Могилевская
Стабильный лесной покров	<u>7535,8</u> 75,8	<u>1092,6</u> 74,4	<u>1608,8</u> 78,1	<u>1632,5</u> 77,3	<u>807,6</u> 73,5	<u>1391,6</u> 72,8	<u>1002,7</u> 78,1
Леса, сформированные на ранее не покрытых лесом землях (по состоянию на 1985 г.)	<u>1459,5</u> 14,7	<u>233,8</u> 15,9	<u>251,9</u> 12,2	<u>349,6</u> 16,5	<u>156,8</u> 14,3	<u>270,5</u> 14,1	<u>196,9</u> 15,3
Потери лесов последних лет (2013–2020 гг.)	<u>516,5</u> 5,2	<u>65,4</u> 4,4	<u>105,1</u> 5,1	<u>75,4</u> 3,6	<u>75,1</u> 6,8	<u>156,2</u> 8,2	<u>39,3</u> 3,1
Потери лесов с последующим восстановлением леса	<u>421,6</u> 4,2	<u>76,7</u> 5,2	<u>95,5</u> 4,6	<u>53,8</u> 2,6	<u>59,3</u> 5,4	<u>91,7</u> 4,8	<u>44,6</u> 3,5
Участки лесного фонда с чередованием потери и восстановления леса	<u>4,0</u> <0,1	<u>0,8</u> 0,1	<u>0,5</u> <0,1	<u>0,9</u> <0,1	<u>0,4</u> <0,1	<u>0,9</u> 0,1	<u>0,5</u> <0,1
Потери лесов на участках, которые приобрели лесной покров на ранее непокрытых лесом землях (1985 г.)	<u>2,0</u> <0,1	<u>0,5</u> <0,1	<u>0,2</u> <0,1	<u>0,4</u> <0,1	<u>0,3</u> <0,1	<u>0,4</u> <0,1	<u>0,2</u> <0,1

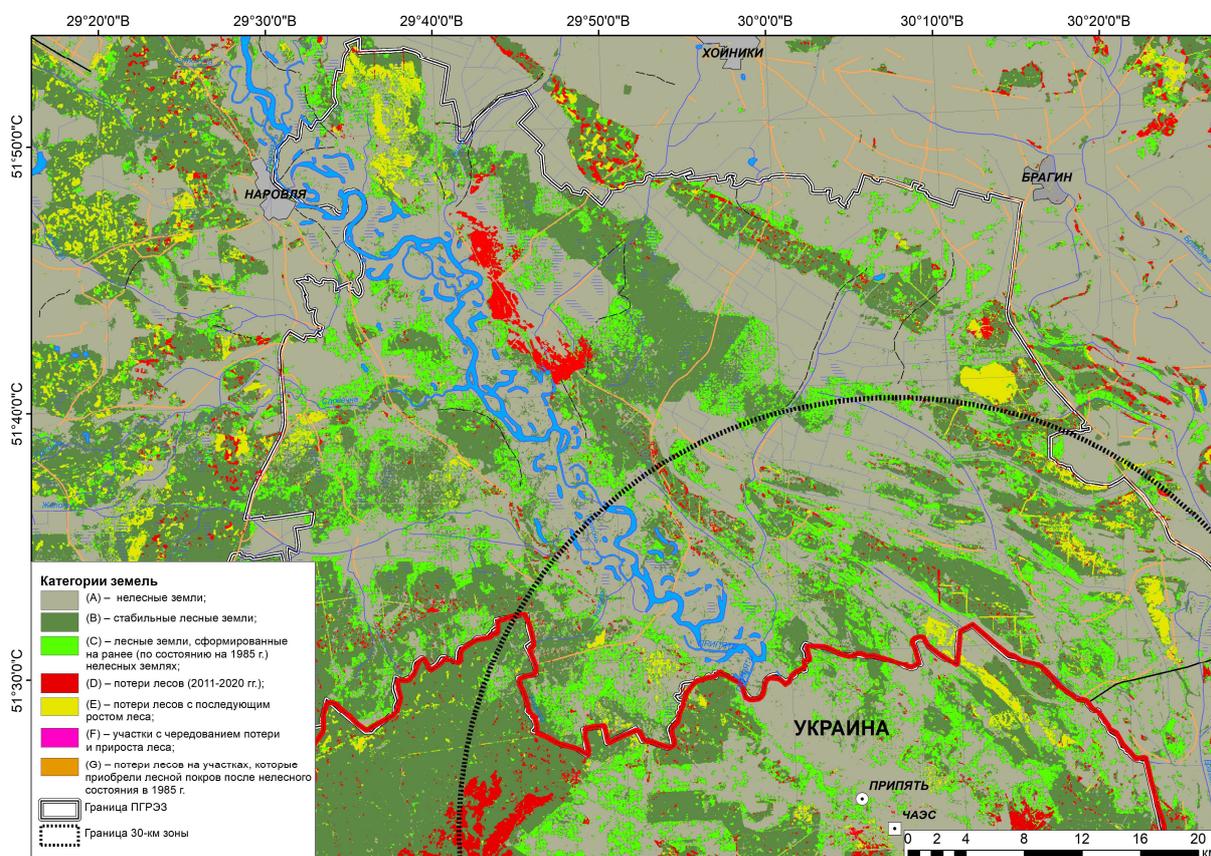


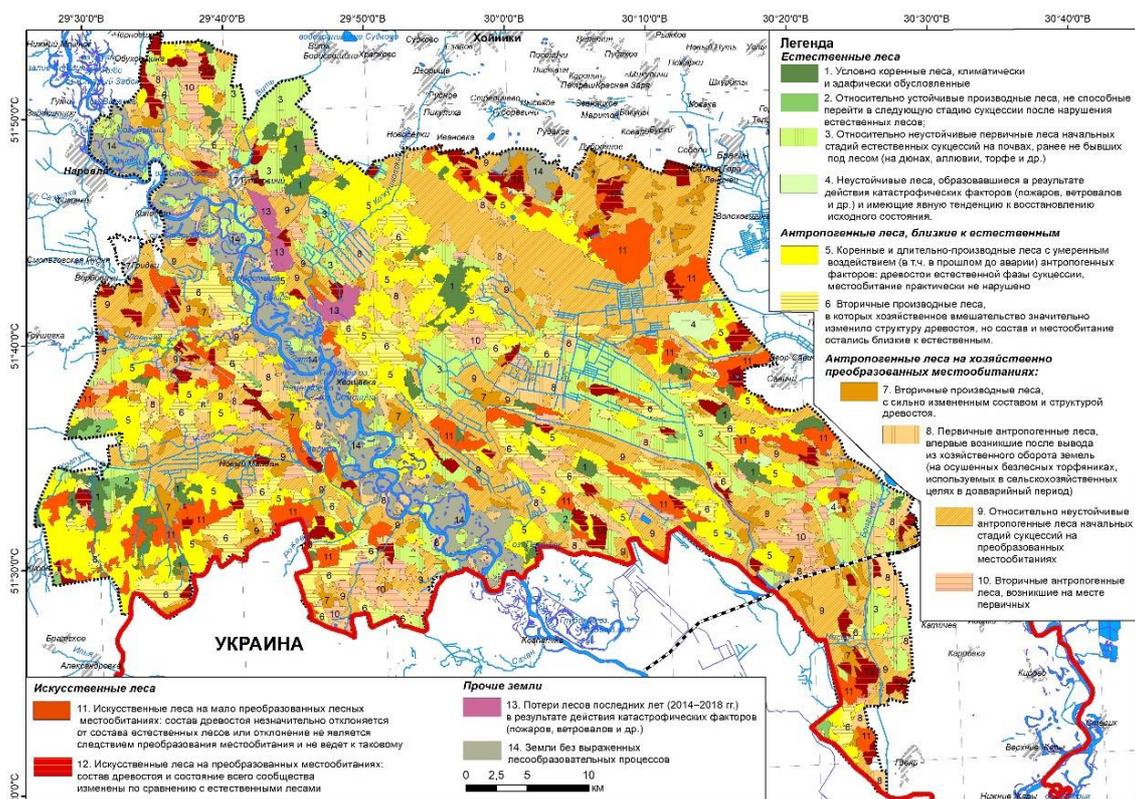
Рисунок 7 – Фрагменты карты изменения лесного покрова Беларуси за период 1985–2020 гг. (зона аварии на Чернобыльской атомной электростанции (АЭС))

На основе синтеза разнообразной информации (многолетний архив спутниковой съемки, разновременные геоботанические, земле- и лесоустроительные карты) для северной геоботанической подзоны Беларуси составлена и проанализирована комплексная карта, отражающая основные динамические процессы растительного покрова природных и антропогенных экосистем на региональном уровне (таблица 3).

Таблица 3 – Современные динамические процессы в растительном покрове экосистем подзоны дубово-темно-хвойных лесов

№	Динамические процессы	Площадь	
		тыс. га	%
<b>Процессы на лесных землях</b>			
1.	Стабильные лесные земли с сохранившейся структурой и видовым составом	3159,7	35,8
2.	Леса, сформированные на ранее нелесных землях (по состоянию на 1985 г.)	452,4	5,1
3.	Потери лесов (2013–2020 гг.) с отсутствием или с начальными фазами восстановительных сукцессий растительности	212,2	2,4
4.	Потери лесов с последующим ростом леса	187,5	2,1
5.	Участки с чередованием потери и прироста леса	1,3	<0,1
6.	Потери лесов на участках, которые приобрели лесной покров после нелесного состояния в 1985 г.	0,6	<0,1
<b>Процессы на безлесных и слабооблесенных болотах и пойменных лугах</b>			
7.	Стабильные открытые болота, пойменные луга с естественной или слабонарушенной структурой и видовым составом	371,8	4,2
8.	Заращение древесно-кустарниковой растительностью открытых болот и пойменных лугов	154,3	1,8
9.	Заболачивание пойменных лугов	23,3	0,3
<b>Процессы на землях с уничтоженным или сильно нарушенным растительным покровом</b>			
10.	Дегradированные торфяники с отсутствием или с начальными фазами восстановительных сукцессий растительности	28,8	0,3
11.	Стабильные сельскохозяйственные земли	3256,2	36,9
12.	Заращение древесно-кустарниковой растительностью земель, выведенных из сельскохозяйственного оборота	66,8	0,8
13.	Заращения низкорослой растительностью (бурьянизация) земель, выведенных из сельскохозяйственного оборота	301,1	3,4
14.	Потеря вследствие развития инфраструктуры, селитебной застройки	42,3	0,5
15.	Прирост сельскохозяйственных земель	525,8	5,9
16.	Заболачивание земель, выведенных из сельскохозяйственного оборота	41,0	0,5

Методология картографического изучения эколого-динамического состояния основана на выделении стадий коренных, условно-коренных, коротко- и длительно-производных и серийных сообществ, отражающих скорость восстановления коренной или потенциальной растительности. При этом естественная и производная растительность не дифференцируется в зависимости от структуры и видового состава растительных сообществ, а классифицируется с точки зрения их сукцессионных связей (рисунок 7).



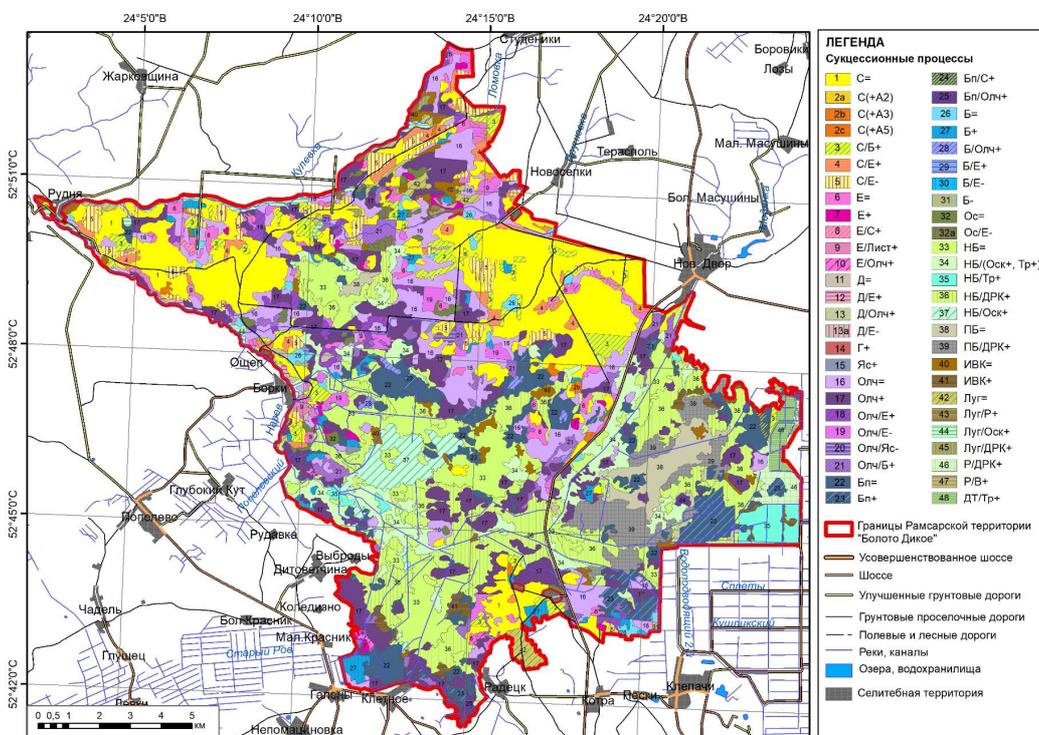
**Рисунок 7 – Карта динамического состояния лесов белорусского сектора зоны аварии на Чернобыльской АЭС (в пределах ПГРЭС)**

На тематических картах в ряде случаев отображали распространение синтаксонов, объединяя при этом в одну категорию все переменные состояния, связанные с одним «материнским ядром». Методика отображения растительности с учетом динамики предполагает выделение коренных ядерных ассоциаций. Для модельной территории – национальный парк «Беловежская пуща» – выделено 20 вариантов КЯА (лесных – 16, болотных 4) и 14 группировок производных ассоциаций. В целом доля производных сообществ составила 40,7% общей площади, что является индикатором довольно активных процессов антропогенной трансформации растительности.

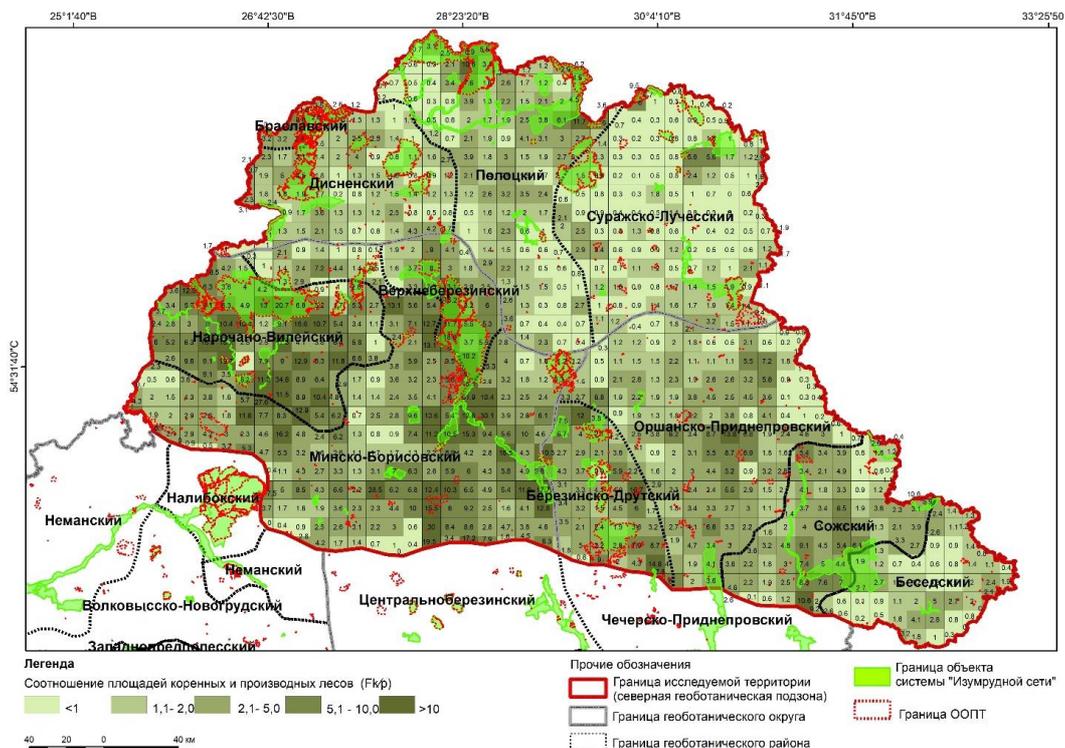
Отдельным блоком исследования являлись вопросы пространственной идентификации сукцессий растительности (экосистем), которую осуществляли с использованием: 1) контролируемой (метод RandomForest) классификации разновременных спутниковых снимков; 2) разновременных геоботанических карт; 3) анализа параметров трендов нормализованного вегетационного индекса (NDVI). Для лесных фитоценозов сукцессионные процессы определялись по изменению состава эдифицирующей синузии, или по признаку появления/выпадения древесного яруса; в растительных сообществах, где древесной не играет заметной роли, учитывались изменения в кустарниковом, травяно-кустарничковом и моховом ярусах (рисунок 8).

Получили развитие научно-методические подходы оценки состояния растительности с использованием: 1) ключевых индикаторов, рассчитанных

на основе анализа геоботанической карты (рисунок 9, таблицы 4, 5); 2) стадий нарушенности (деградации) по критериям отклонения состава и структуры фитоценозов от естественного их состояния или от выбранного состояния на определенный момент времени (таблица 6, рисунки 10, 11).



**Рисунок 8 – Карта современных сукцессионных процессов растительности Рамсарской территории «Болото Дикое», составленная на основе анализа параметров трендов NDVI**



**Рисунок 9 – Соотношение площадей коренных и производных лесов ( $F_{кр}$ ) на территории подзоны дубово-темнохвойных лесов (по состоянию на 2020 г.)**

Таблица 4 – Статистические показатели индикаторов состояния растительности, рассчитанных на основе анализа геоботанической карты подзоны дубово-темнохвойных лесов

Статистические показатели	Индикаторы состояния растительности					
	L	D <sub>AGL</sub>	Fr	F <sub>кр</sub>	V <sub>кр</sub>	D <sub>FD</sub>
Модельная территория в целом (n=810)						
M	49,1	37,6	0,82	3,5	1,0	5,4
±m	0,8	0,7	0,03	0,2	0,1	0,2
Me	47,3	38,0	0,61	2,2	0,6	4,3
σ	21,7	20,3	0,8	4,4	1,3	4,4
Особо охраняемые природные территории в границах модельной территории (n=47)						
M	63,1	22,8	0,43	3,9	1,7	2,4
±m	2,7	1,6	0,06	0,5	0,2	0,5
Me	65,6	21,5	0,31	2,9	1,2	0,8
σ	18,8	18,4	0,38	3,1	1,6	3,4

Примечание: L – лесистость, %; D<sub>AGL</sub> – доля сельскохозяйственных земель, %; Fr – индекс фрагментарности лесов; F<sub>кр</sub> – соотношение площадей коренных и производных лесов; V<sub>кр</sub> – соотношение площадей коренной и производной растительности; D<sub>FD</sub> – доля сокращения лесного покрова, %; M – средняя величина; m – ошибка средней величины; Me – медиана; σ – среднее квадратическое отклонение; n – объём выборки.

Таблица 5 – Коэффициенты парной корреляции (n=810) между значениями индикаторов «состояния» и «реагирования»

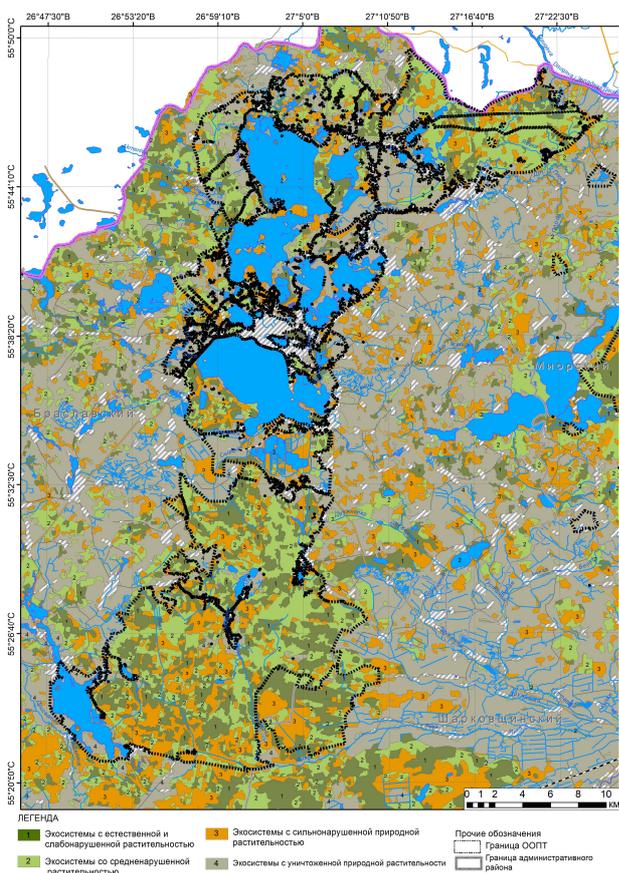
Сравниваемые показатели	Индикаторы состояния растительности					
	L	F <sub>кр</sub>	D <sub>AGL</sub>	V <sub>кр</sub>	D <sub>FD</sub>	Fr
D <sub>ZAP</sub>	0,352	0,115	-0,378	0,387	-0,252	-0,237

Примечание: D<sub>ZAP</sub> – доля особо охраняемых природных территорий. Остальные условные обозначения см. в таблице 6.

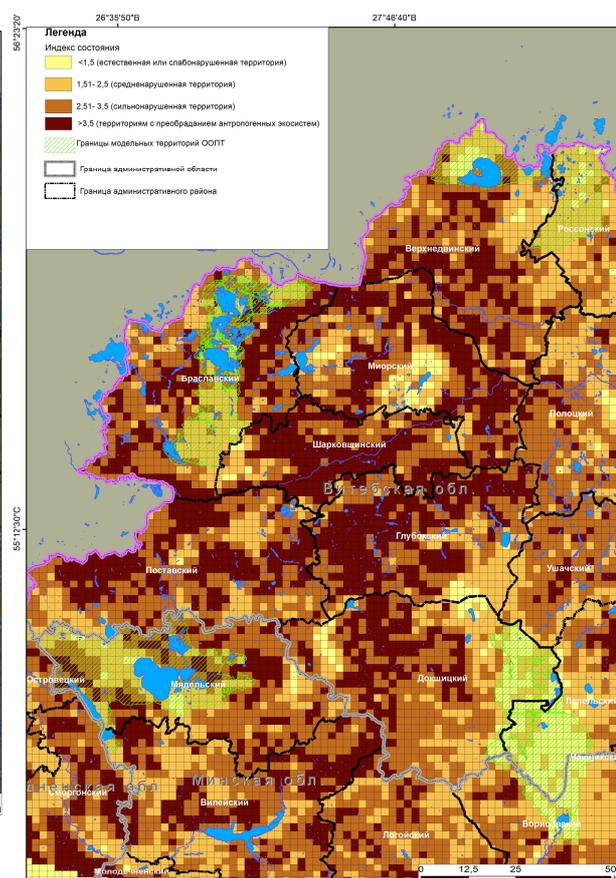
Таблица 6 – Соотношение площадей по стадиям нарушенности растительного покрова экосистем модельных территорий, %

Экосистемы по стадиям нарушенности	Модельные территории										
	№ 1			№ 2		№ 3		№ 4		№ 5	
	Березинский заповедник	Докшицкий район	Лепельский район	НП «Браславские озера»	Браславский район	НП «Нарочанский»	Мядельский район	РЗ «Красный Бор»	Россонский район	РЗ «Освейский»	Верхнедвинский район
1. Естественные и слабонарушенные	71,8	19,4	25,9	22,4	13,3	20,5	13,0	39,9	21,1	32,7	11,7
2. Средненарушенные	20,9	24,3	25,2	34,5	20,8	33,5	28,8	35,2	36,3	29,4	20,9
3. Сильнонарушенные	7,0	19,7	23,2	22,3	18,2	12,6	14,9	22,2	31,5	25,1	29,0
4. Уничтоженные	0,3	36,6	25,7	20,8	47,7	33,4	43,3	2,7	11,1	12,8	38,4
Индекс состояния (I <sub>C</sub> )	1,36	2,74	2,49	2,42	3,00	2,59	2,89	1,88	2,33	2,18	2,94

Предложенные индикаторы состояния достаточно информативно отражают степень дигрессионных изменений экосистем. В их распределении прослеживается взаимосвязь с современным уровнем хозяйственного воздействия, наличием природоохранного режима (см. рисунки 9–11, таблицы 4–6).



**Рисунок 10 – Фрагмент карты состояния растительного покрова модельной территории № 2 (см. таблицу 6)**



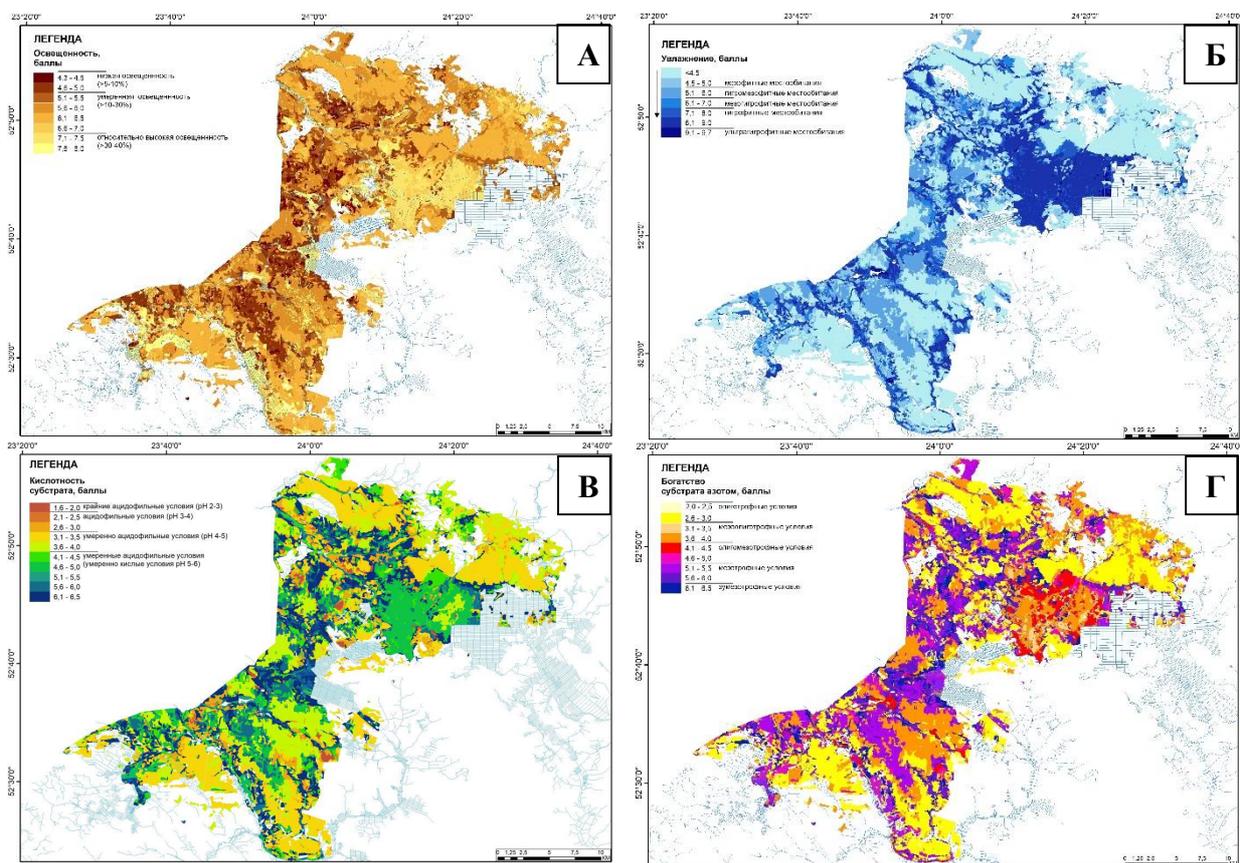
**Рисунок 11 – Зонирование модельных территорий по индексу состояния экосистем ( $I_c$ ) (фрагмент карты)**

Разработаны научные основы фитоиндикационного картографирования, которое осуществляли на основе: 1) интерполяционных расчетов; 2) геоботанической карты (объединяли с базами данных, содержащих поконтурные фитометрические характеристики экологических режимов (таблица 7, рисунок 12); 3) анализа экологической направленности сукцессий растительности.

**Таблица 7 – Статистические параметры синфитоиндикационных оценок экологических режимов местообитаний модельных территорий**

Статистические показатели	Национальный парк «Беловежская пуща» (n=5786)				Березинский биосферный заповедник (n=2213)			
	mL	mF	mR	mN	mL	mF	mR	mN
M	5,90	5,78	4,49	4,43	6,43	6,53	3,76	3,51
$\pm m$	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,03
$\sigma$	0,92	1,66	1,23	1,19	0,91	1,74	1,23	1,30
min	4,28	2,72	1,61	1,87	4,73	3,32	1,59	1,24
max	7,99	9,71	6,79	6,79	8,26	9,15	6,79	6,79

**Примечание:** Фитометрические индексы, рассчитанные на основе экологических шкал Х. Элленберга (Ellenberg, 1992): mL – индекс освещенности; mF – индекс увлажнения; mR – индекс кислотности субстрата; mN – индекс богатства субстрата азотом. Остальные условные обозначения см. в таблице 4.



**Рисунок 12 – Фитоиндикационная оценка режима освещения (А), увлажнения (Б), кислотности (В), богатства азотом (Г) местообитаний национального парка «Беловежская пушча», в баллах по шкалам Х. Элленберга**

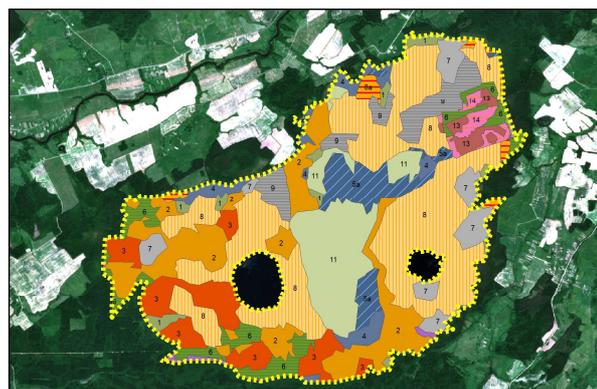
## **Глава 5. Картографическая оценка экологического потенциала растительности**

Выполнена картографическая оценка экологического потенциала растительного покрова. Показано, что продукты тематической обработки ДЗЗ являются основой для оценки и геопространственного анализа характеристик растительных ресурсов, экосистемных функций и услуг.

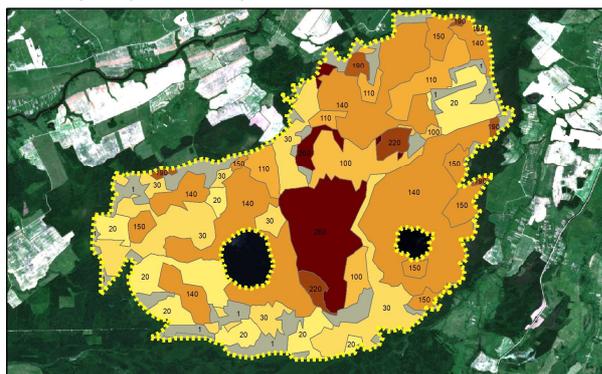
С использованием данных ДЗЗ и наземного обследования популяций модельных видов растений разработана оригинальная методика картирования урожайности и запаса растительных ресурсов, которая состоит из 4 основных этапов (рисунок 13): 1) подбор и обработка спутниковых данных; 2) составление карты растительности (местообитаний); 3) интерпретация тематической карты в плане оценки ресурсной значимости; 4) составление ресурсоведческой карты, пространственная и статистическая обработка картографического продукта. На основе исследований проведен расчет урожайности и запасов пищевого и лекарственного сырья некоторых экономически востребованных в Беларуси видов дикорастущих растений, а также составлены комплексные карты приоритетных мест заготовки растительного сырья для модельных территорий.



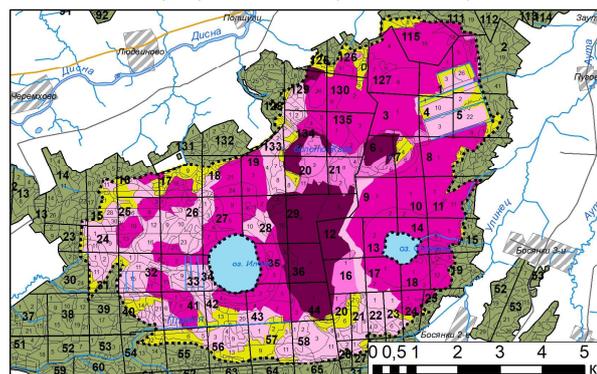
1. Подбор и обработка материалов космической съемки



2. Составление карты растительности (местообитаний)



3. Интерпретация геоботанической карты (карты местообитаний) в плане оценки ресурсной значимости



4. Составление ресурсоведческой карты, пространственная и статистическая обработка тематических картографических продуктов средствами ГИС, расчет запасов, стоимости растительных ресурсов

### Рисунок 13 – Этапы создания ресурсоведческих карт с использованием ДЗЗ и ГИС-технологий

Разработаны методические подходы к оценке функциональной средообразующей роли растительности. Эта задача решалась с использованием карты приоритетных функций, которую составляли на основе универсальной геоботанической карты. Содержание выделов карты сопоставляли с физико-географическими факторами, средозащитными, ресурсными свойствами, степенью их нарушенности. Составлены специализированные тематические карты для модельных территорий (национальный парк «Нарочанский», республиканский заказник «Ельня»), отражающие широкий спектр экологических функций растительного покрова (газорегуляторная, водоохранная, фильтрующая, биоресурсная, торфоформирующая и др.).

На основе разработанной оригинальной методики проведена оценка природного рекреационного потенциала лесного фонда Беларуси.

С использованием спутниковых данных проведена оценка эмиссий парниковых газов (ПГ) нарушенных торфяников Беларуси по следующей схеме: 1) составление карты растительности модельных объектов; 2) проведение наземных работ для изучения параметров структурно-функционального состояния биогеоценозов; 3) оценка частоты пожаров (1975–2020 гг.); 4) составление карт GEST-типов (тип местности с определенной эмиссией парниковых газов – Greenhouse Gas Emission Site Type) (Reichelt, 2015); 5) комплексная

пространственная и статистическая обработка тематических и картографических продуктов средствами ГИС. На основе картографической оценки установлено, что в настоящее время объем эмиссий ПГ с нарушенных торфяников Беларуси составляет 2223,4 тыс. т CO<sub>2</sub>-экв. год<sup>-1</sup>.

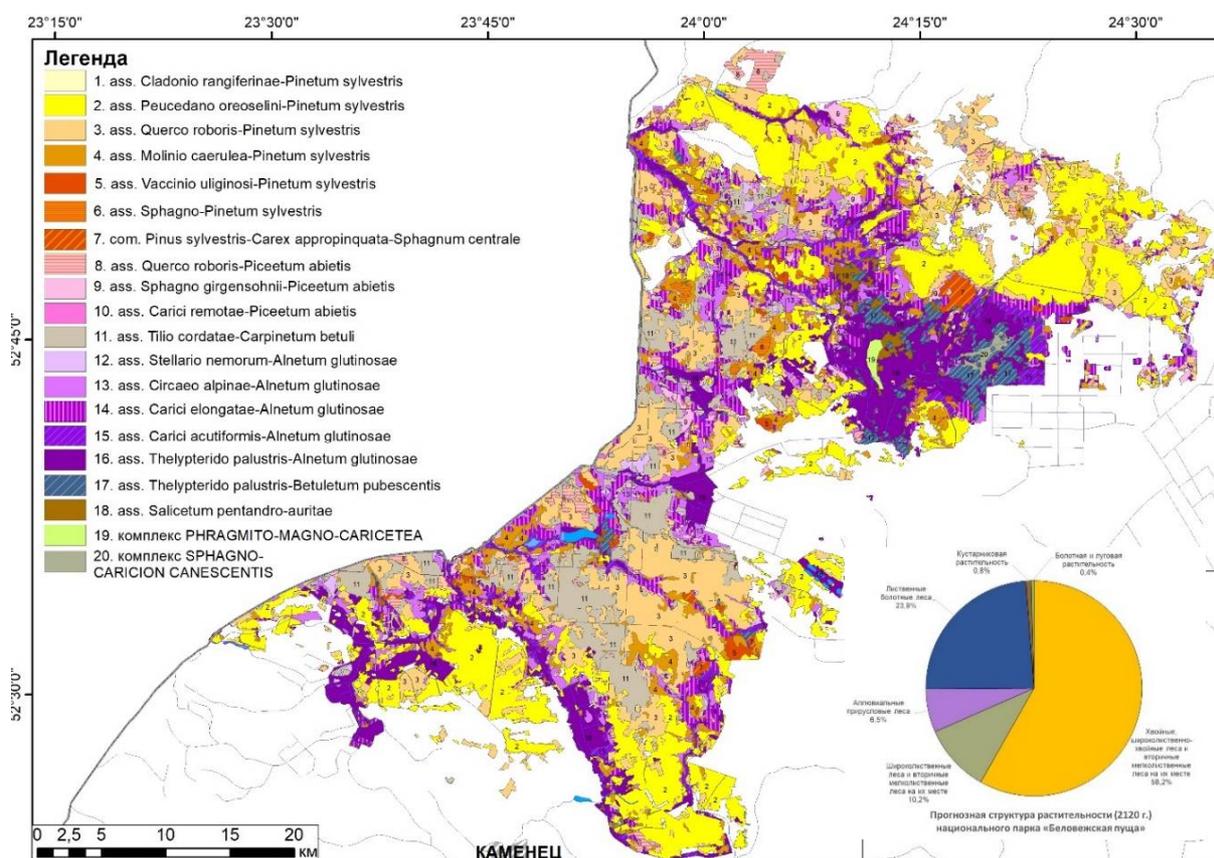
С использованием картографического метода и приведенной методологии расчетов в ТКП 17.02-10-2012 (02120) «Порядок проведения стоимостной оценки экосистемных услуг и стоимостной ценности биологического разнообразия» для модельной территории (республиканский заказник «Ольманские болота») показано, что общая стоимость экосистемных услуг составляет 23 572 195,0 USD/год.

## **Глава 6. Прогнозное геоботаническое картографирование для решения эколого-биологических проблем**

Разработаны научно-методические основы и составлены прогностические карты 3 типов (временные, факторные, комплексные).

Временной прогноз (до 2120 г.) пространственной структуры растительности составлен для национального парка «Беловежская пушча». Разработку прогноза основывали на эмпирической модели сукцессионно-демутационных рядов растительности, позволяющей выявить варианты климаксных и субклимаксных сообществ, способных сформироваться на месте современного растительного покрова, оценить соотношение площадей разных типологических единиц. В прогнозной структуре потенциального растительного покрова (рисунок 14) выделено 20 вариантов коренных ядерных ассоциаций (лесных – 17, кустарниковых – 1, болотных – 2). Основным направлением формирования потенциальной растительности является развитие лесной растительности (+23,6 тыс. га или +15,8% общей площади ООПТ) за счет зарастания ранее нелесных территорий (поймы рек, открытые нелесные болота, бывшие сельскохозяйственные земли и суходольные луга).

На основе картографического метода разработан комплексный прогноз динамики растительного покрова болот Беларуси в связи с изменением климата, где планируется: а) сокращение площадей болот, наиболее зависимых от климата, – открытых (нелесных) таежных верховых болот, пойменных болот; б) уменьшение биотопического (экосистемного) разнообразия болот и упрощение их внутренней пространственной структуры, с изменением флористического состава. Согласно прогнозной оценке к 2050 г. доля стабильных открытых болот в стране будет составлять около 2–5% от их площади, а лесные и кустарниковые сообщества будут абсолютно доминировать в спектре фитоценологического разнообразия болот – 80%.



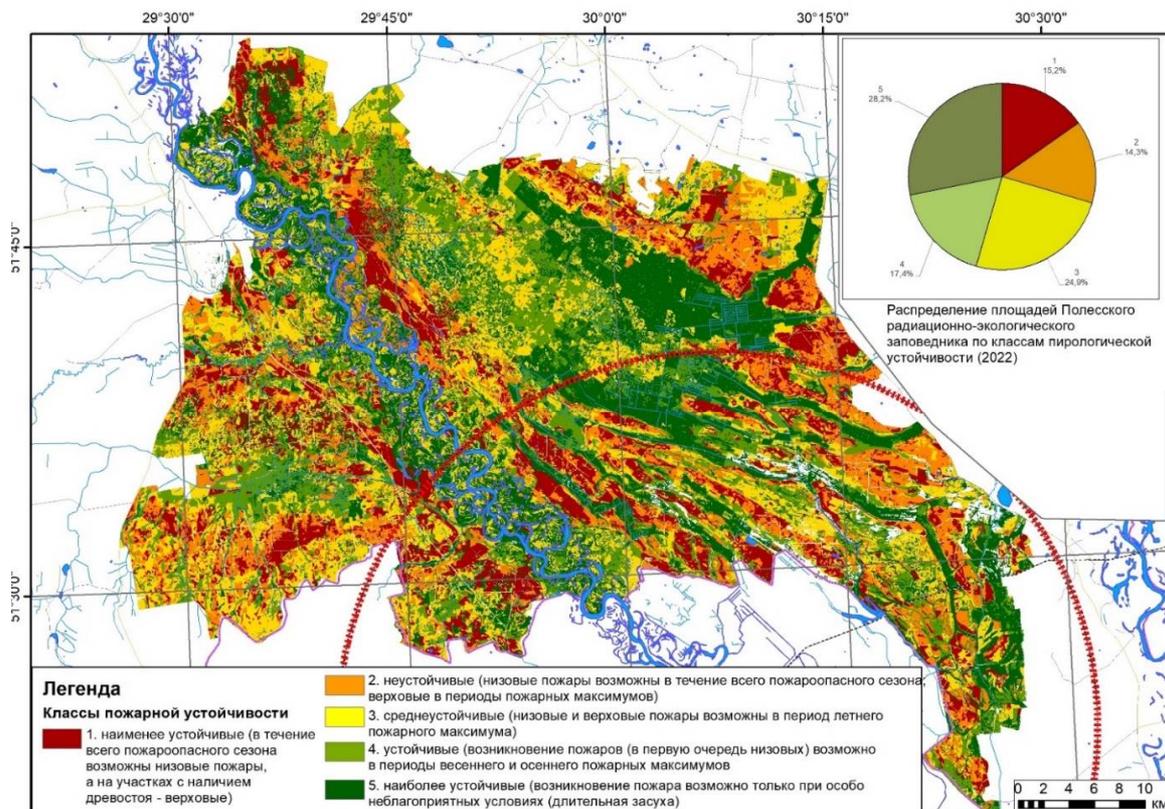
**Рисунок 14 – Прогнозная карта растительности национального парка «Беловежская пушча» (на период до 2120 г.)**

Особое внимание в исследованиях уделяли вопросам факторного прогнозирования, прежде всего потенциала возникновения природных пожаров в долгосрочном (10 лет) и краткосрочном (3–10 дней) периодах прогнозирования. В основу составления долгосрочного прогноза положено представление о том, что пожарная устойчивость растительности, прежде всего, зависит от морфологических и физиологических особенностей растений-доминантов фитоценозов (рисунок 15). Для оперативной прогнозной оценки природной пожарной опасности растительности использованы производные индексные изображения, полученные на основе анализа спутниковой информации.

Разработаны методические подходы к прогнозированию распространения чужеродных видов растений. На территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника выделено 100 основных центров распространения чужеродных видов растений (общей площадью 8,5 тыс. га), показано, что потенциальные коридоры проникновения инвазионных и синантропных видов занимают площадь 62,4 тыс. га (28,5% от площади ПГРЭЗ). Итоговая точность модели составила 94,6%.

Важнейшим направлением исследований являлось геопространственное моделирование, предназначенное для понимания закономерностей формирования биоты без использования эмпирических моделей. В качестве исходных

данных для моделирования распространения ключевых (важных для сохранения биоразнообразия) местообитаний использовали разносезонные мультиспектральные спутниковые изображения Sentinel-2 совместно с почвенными характеристиками. Тематическая классификация проводилась методом Random Forest. Итоговая точность полученных вероятностных оценок распространения ключевых биотопов для тестовой территории – национальный парк «Нарочанский» – составила в среднем 84%. На основе геопространственного моделирования разработаны карты для определения потенциальных мест произрастаний редких и охраняемых видов растений, выделения перспективных природоохранных объектов, функционального зонирования ООПТ.



**Рисунок 15 – Долгосрочный прогноз пожарного риска в природных экосистемах (в границах ПГРЭЗ)**

## **Глава 7. Научные и методические основы природоохранного картографирования**

Территориально-планировочные карты обобщают всю имеющуюся инвентаризационную, оценочную и прогнозную информацию и являются завершающим этапом целевых картографических работ.

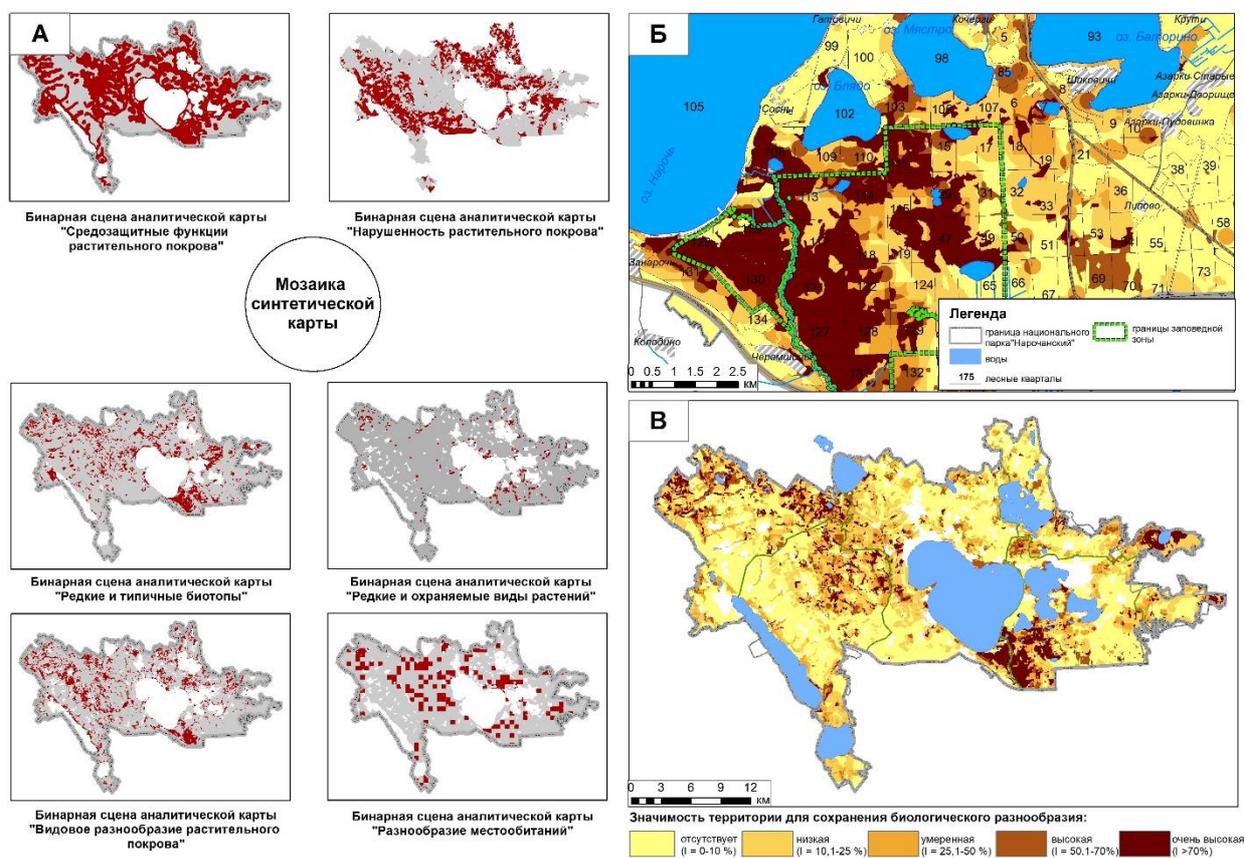
На основе синтеза тематических карт разработана методика территориальной системы охраны и функционального зонирования ООПТ. Работа состояла из 2 этапов: инвентаризационного и синтетического. Первый этап (инвентаризационный) предусматривал составление аналитических карт, отражающих

современное состояние и функции элементов биологического разнообразия (распространения редких и типичных биотопов (*RB*), мест произрастания охраняемых видов растений (*RS*), видового разнообразия растительного покрова ( $\alpha$ ), средозащитной функции (*F*), антропогенной нарушенности растительности (*Tr*) (рисунок 16А).

Второй этап (синтетический) предусматривал интеграцию поэлементных тематических карт в итоговые комплексные карты (рисунки 16Б, 16В). Для этих целей: а) были получены бинарные сцены, отражающих наличие или отсутствие признака (см. рисунок 16А); б) на основе алгебры растра из бинарных сцен формировалась единая мозаика по формуле:

$$I = BioD * Tr \quad (1),$$

где  $BioD = \Sigma(50\% * RB) + (20\% * RS) + (10\% * \alpha) + (10\% * \beta) + (10\% * F)$



**Рисунок 16 – Синтез аналитических карт (А) и интегральная карта (Б, В) оценки значимости территории национального парка «Нарочанский» для сохранения биологического разнообразия**

Территориально-планировочное картографирование на основе оригинальных методов использовано для разработки предложений по развитию национального природно-заповедного фонда, стратегий рекреационной деятельности в лесном хозяйстве Беларуси, планов управления ООПТ и восстановления нарушенных торфяников.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Основные научные результаты диссертации

1. Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что пространственное изучение растительного покрова характеризуется системностью и прикладной направленностью. Каждый из этапов геоботанического картографирования (инвентаризационный, оценочный, прогнозный, территориально-планировочный) имеет свою научно-методическую основу, но они взаимосвязаны, что делает эколого-биологические исследования системными. Серия тематических карт (всего 102 карты, в т.ч. инвентаризационных – 11, оценочных – 71, прогнозных – 13, территориально-планировочных – 7, с площадью закартированных объектов от 7,0 до 8999,5 тыс. га) обеспечивает получение разнообразной объективной информации о структуре, состоянии и динамике растительного покрова модельных территорий и Беларуси в целом. Разработанные научно-методические принципы формируют новое научное направление изучения растительности, а также открывают перспективы для эффективного решения прикладных задачи по охране биоразнообразия и устойчивого природопользования, развития системы дистанционного мониторинга экосистем [1–А, 3–А, 5–А, 6–А, 14–А, 37–А, 90–А, 93–А].

2. Созданы региональные геоботанические карты, отражающие фитоценотические, динамические и эколого-географические особенности, этапы формирования растительного покрова. Решены следующие фундаментальные и прикладные задачи:

– разработаны научно-методические основы составления цифровых карт растительности на основе синтеза результатов обработки ДЗЗ, спутниковых продуктов, лесотаксационных, землеустроительных и других материалов;

– составлены и проанализированы актуальные крупномасштабные (М 1:60 000–1:100 000) карты растительности районов исследований, общей площадью 54,4% территории страны, в т.ч. болот Беларуси, северной (дубово-темнохвойных лесов) геоботанической подзоны, карты национальных парков «Нарочанский», «Беловежская пуща», Березинского биосферного заповедника, биосферного резервата «Припятское Полесье»;

– выполнен количественный и качественный анализ биоразнообразия растительного покрова (видовое, ценоценотическое, биотопическое) модельных территорий в разрезе: регулярных единиц; единиц геоботанического районирования; ландшафтной структуры; функционального зонирования ООПТ [1–А, 3–А, 5–А, 7–А, 8–А, 11–А – 14–А, 16–А, 19–А, 22–А – 24–А, 37–А, 42–А, 50–А, 52–А – 64–А, 66–А, 68–А, 70–А, 72–А, 73–А, 77–А, 81–А – 89–А, 91–А – 95–А, 97–А, 100–А].

3. Разработаны принципы и методы прикладного картографирования биоразнообразия растительного покрова. В основе составления тематических

серий специального содержания (оценочного, прогнозного, территориально-планировочного) положены универсальные геоботанические карты, построенные на динамических принципах анализа ценотической структуры современного растительного покрова, что обеспечивает системность и достоверность эколого-биологической оценки и повышает практическую значимость рекомендаций по охране и рациональному использованию биоразнообразия растительного покрова [1–А, 3–А, 5–А, 6–А, 14–А, 37–А, 90–А, 93–А].

4. В ходе оценочно-картографических исследований изучены вопросы состояния и динамики растительного покрова, составлены и проанализированы разномасштабные динамические карты на основе:

– архива спутниковых снимков (1985–2020 гг.): а) динамики лесного покрова Беларуси; б) динамики пахотных земель Беларуси; в) динамики растительности болот Беларуси; г) комплексной карты динамики земель (на примере геоботанической подзоны дубово-темнохвойных лесов Беларуси);

– выделения: а) стадий эколого-динамического состояния растительного покрова (коренных, условно-коренных, коротко- и длительнопроизводных, серийных сообществ), отражающих скорость восстановления коренной или потенциальной растительности; б) серийных и трансформационных рядов по отношению к коренным ядерным ассоциациям;

– картографирования сукцессий растительности методами: а) контролируемой классификации разновременных спутниковых снимков; б) анализа средствами ГИС разновременных геоботанических карт; в) определение параметров трендов на основе разногодичных значений вегетационного индекса NDVI.

Оценка состояния (нарушенности) состава и структуры растительности модельных территории выполнена с использованием:

– ключевых индикаторов (лесистость, доля сельскохозяйственных земель, индекс фрагментарности лесов, соотношение площадей коренных и производных лесов, соотношение площадей коренной и производной растительности) в разрезе регулярных территориальных единиц;

– стадий нарушенности (деградации) по критериям отклонения состава и структуры растительных сообществ от естественного их состояния или от выбранного состояния на определенный момент времени.

Для выявления взаимоотношения растительных сообществ с факторами природной среды: обосновано направление фитоиндикационного картографирования на основе метода стандартных экологических шкал; разработаны оригинальные методики для идентификации в оперативном режиме на основе ДЗЗ и ГИС-технологий широкого спектра угроз биологического разнообразия: пожары, потери леса, изменение гидрологического режима, зарастание открытых болот и лугов древесно-кустарниковой растительностью, нецелевое использование земель, нарушения правового режима ООПТ и других особо защитных

территорий, рекреационная нагрузка, техногенное загрязнение [1-А – 3-А, 5-А – 7-А, 9-А – 11-А, 14-А, 21-А, 24-А, 25-А, 27-А, 29-А, 30-А, 33-А, 35-А – 41-А, 43-А, 49-А – 51-А, 54-А, 75-А, 92-А, 96-А].

5. На основе разработанных научно-методических принципов составлены и проанализированы карты, отражающие экологический и ресурсный потенциал растительного покрова, включая карты ресурсов ключевых (фитоценологически и экономически значимых) видов растений; приоритетных экологических функций растительного покрова (газорегуляторная, водоохранная, фильтрующая, биоресурсная, торфоформирующая и др.); рекреационного потенциала лесного фонда; оценки эмиссий парниковых газов нарушенных торфяников; стоимостную оценку биоразнообразия и экосистемных услуг [1-А, 4-А – 6-А, 14-А, 20-А, 32-А, 37-А, 44-А – 48-А, 67-А, 71-А, 74-А, 76-А, 78-А, 98-А – 100-А].

6. Прогнозное картографирование является ключевым звеном системного геоботанического картографирования. Разработана научно-методическая основа построения 3 типов прогностических карт: *временные* (составляются для потенциальной растительности, которая будет развиваться в конкретных условиях при определённом виде воздействия), *факторные* (время, место и способ возникновения внешних факторов), *комплексные* (на основе синтеза временных и факторных моделей). На основе результатов геопространственного моделирования (без использования эмпирических моделей) составлены карты потенциальных мест локализации ключевых биотопов, произрастаний редких и охраняемых видов растений, перспективных природоохранных объектов [1-А, 6-А, 15-А, 17-А, 18-А, 31-А, 33-А – 35-А, 37-А, 49-А, 54-А, 80-А, 82-А, 84-А, 96-А].

7. На основе обобщения инвентаризационной, оценочной и прогнозной информации создана серия территориально-планировочных карт, которая нашла широкое практическое применение для оптимизации природопользования, развития природно-заповедного фонда страны, организации систем локального мониторинга ООПТ и зон с кризисной экологической обстановкой, научного обеспечения сохранения природных комплексов, разработки планов управления ООПТ и др. [3-А, 5-А, 6-А, 26-А, 28-А, 31-А, 37-А, 65-А, 69-А, 72-А, 79-А, 85-А, 86-А].

#### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

Результаты исследований нашли практическое применение при:

– разработке научных и технико-экономических обоснований объявления (преобразования), режимов охраны и использования ООПТ (всего 19 объектов, общей площадью 231,8 тыс. га);

– подготовке научных обоснований включения 7 природных объектов в списки территорий международного значения (Рамсарские территории);

разработке планов управления ООПТ и болот (всего 12 объектов);

- оценке воздействия на окружающую среду и развитию системы мониторинга растительности в районе размещения Белорусской АЭС;

- создании системы наземно-дистанционного мониторинга экосистем национального парка «Нарочанский», республиканских заказников «Ельня», «Липичанская пуца», «Долгое», «Красный Бор», «Синьша», «Освейский»;

- подготовке научно-обоснованных предложений по развитию системы ООПТ Беларуси;

- восстановлению нарушенных торфяников (всего 8 объектов, общей площадью 35,4 тыс. га);

- развитию экологического туризма на территории заказников «Ельня», «Ольманские болота»;

- научному обеспечению сохранения природных комплексов Березинского биосферного заповедника, национальных парков «Нарочанский», «Беловежская пуца»;

- подготовке раздела «Растительность» Национального атласа Беларуси (2024 г.).

Полученные результаты использованы при разработке научно-методических документов: рекомендаций по развитию рекреационной деятельности в государственном лесохозяйственном учреждении (утверждены Министерством лесного хозяйства 19.09.2019 г.); рекомендаций по повышению экологической эффективности управления экосистемами низинных болот (2022 г.); методики проведения комплексного мониторинга экосистем на особо охраняемых природных территориях в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь (утверждена постановлением Бюро Президиума НАН Беларуси от 04.12.2020 № 547); программ мер по устойчивому развитию рекреационной деятельности в Брестском государственном производственном лесохозяйственном объединении (ГПЛХО) (2020 г.), в Гомельском ГПЛХО (2021 г.), в Минском ГПЛХО (2021 г.).

Материалы исследований использованы в учебном процессе факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета, лесохозяйственного факультета Белорусского государственного технологического университета, а также при подготовке учебно-методического пособия «Ботаническое ресурсоведение: классификация и оценка запасов полезных растений».

С использованием результатов диссертационного исследования подготовлены 2 научно-аналитических доклада, 4 аналитические записки для органов госуправления, а также 11 постановлений Совета Министров Республики Беларусь, направленных на развитие национальной системы ООПТ.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

### *Монографии*

1–А. Флора и растительность ландшафтного заказника «Ельня» / Д. Г. Груммо, О. В. Созинов, Н. А. Зеленкевич, М. А. Ильючик, Н. И. Тановицкая, А. В. Пучило, А. М. Гречко, А. Н. Скуратович, Д. В. Дубовик, Б. П. Власов, Н. В. Шевцов, Н. А. Кузьмичева, Т. В. Броска ; под ред. Н. Н. Бамбалова. – Минск : Минсктиппроект, 2010. – 198 с.

2–А. Флора и растительность верховых болот Беларуси / Н. А. Зеленкевич, Д. Г. Груммо, О. В. Созинов, О. В. Галанина ; под ред. А. В. Пугачевского. – Минск : СтройМедиаПроект, 2016. – 243 с.

3–А. Растительность и биотопы национального парка «Нарочанский» с картой наземной растительности (М 1:60 000) и картой биотопов (М 1:60 000) / Д. Г. Груммо, Р. В. Цвирко, Е. Я. Куликова, Н. А. Зеленкевич, Е. В. Мойсейчик, С. Г. Русецкий, Д. Ю. Жилинский, Г. В. Ермоленкова, М. Л. Романова, Н. Л. Вознячук, А. В. Пучило, С. Ю. Шустова, С. А. Новик, О. В. Созинов ; под ред. А. В. Пугачевского. – Минск : Колорград, 2017. – 81 с.

4–А. Трансграничная Рамсарская территория «Ольманы-Переброды» (Olmany-Perebrody) / Е. А. Антипова, Л. В. Бачук, И. А. Богданович, В. В. Вежновец, И. В. Гопчак, Д. Г. Груммо, В. Ю. Даглис, В. Ч. Домбровский, С. М. Дробенков, И. В. Дыкий, М. В. Ермохин, Д. Ю. Жилинский, Д. В. Журавлев, Р. О. Журавчак, Н. А. Зеленкевич, С. В. Зибцев, А. В. Кулак, М. В. Максименков, А. В. Мартынов, М. Д. Мороз, О. В. Прищепчик, С. Г. Русецкий, И. Э. Самушенко, Е. М. Сетракова, А. А. Сидорович, И. А. Соловей, А. М. Сошенский, А. В. Судник, В. В. Устин, М. В. Франчук, Р. В. Цвирко, Н. С. Шевцова, Е. А. Шляхтич, Е. В. Шушкова, Н. А. Юргенсон, Г. Г. Янута ; под общ. ред. А. А. Сидорович. – Минск : [б. и.], 2019. – 152 с.

5–А. Рамсарские территории Беларуси: «Болото Дикое» / Д. Г. Груммо, Н. А. Зеленкевич, Р. В. Цвирко, Д. В. Журавлев, Е. В. Мойсейчик, Г. В. Ермоленкова, В. Ч. Домбровский, Д. Ю. Жилинский, С. Г. Русецкий, О. В. Созинов, М. Н. Колосков, Н. В. Карлионова, Г. Г. Янута, А. В. Кулак ; под ред. Д. Г. Груммо. – Минск : Колорград, 2020. – 259 с.

6–А. Наземные и дистанционные методы оценки состояния экосистем особо охраняемых природных территорий / Д. Г. Груммо, А. В. Судник, В. М. Байчоров, И. Н. Вершицкая, И. П. Вознячук, Н. Д. Грищенко, Д. Ю. Жилинский, Д. В. Журавлев, Н. А. Зеленкевич, Е. В. Корзун, Е. В. Мойсейчик, А. В. Пугачевский, И. А. Рудаковский, С. Г. Русецкий, О. А. Семенов, В. А. Сипач, И. М. Степанович, Р. В. Цвирко ; под общ. ред. Д. Г. Груммо, А. В. Судника. – Минск : Беларус. навука, 2023. – 351 с.

***Список работ, включенных в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертаций, и в иностранных научных изданиях***

7–А. Опыт дистанционного мониторинга растительности особо охраняемых природных территорий (на примере гидрологического заказника «Ельня») / **Д. Г. Груммо**, М. А. Ильючик, О. В. Созинов, Н. А. Зеленкевич, А. В. Пучило, Т. В. Броска // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2008. – Вып. 35. – С. 23–33.

8–А. Особенности формирования растительного покрова заказника «Докудовский» под влиянием пожаров последних лет / **Д. Г. Груммо**, О. В. Созинов, Н. А. Зеленкевич, О. В. Галанина // Весн. Гродзен. дзярж. ун-та імя Янкі Купалы. Сер. 2, Матэматыка. Фізіка. Інфарматыка, выліч. тэхніка і ўпр. Біялогія. – 2009. – № 2 (82). – С. 140–146.

9–А. **Grummo, D.** Der einzigartiger Wald-Moorlkomplex Jelnia - Belarus. Aktueller Zustand, Restauration und Monitoring / D. Grummo, A. Thiele // Telma. – 2011. – Bd. 40. – S. 183–197.

10–А. **Груммо, Д. Г.** Экологическая характеристика растительности сфагновых болот Беларуси / Д. Г. Груммо // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2012. – Вып. 41. – С. 178–200.

11–А. **Груммо, Д. Г.** Динамика лесной растительности в районе аварии на Чернобыльской АЭС / Д. Г. Груммо, М. М. Сак // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т леса. – Гомель, 2013. – Вып. 73. – С. 416–432.

12–А. Эколого-ценотическая характеристика ключевых орнитологических биотопов заказника «Туровский луг» / **Д. Г. Груммо**, О. В. Созинов, Н. А. Зеленкевич, Е. В. Мойсейчик // Весн. Гродзен. дзярж. ун-та імя Янкі Купалы. Сер. 5, Эканоміка. Сацыялогія. Біялогія. – 2013. – № 3 (161). – С. 99–105.

13–А. **Груммо, Д. Г.** Методические подходы к созданию крупномасштабной карты растительности с использованием данных дистанционного зондирования и современных информационных технологий / Д. Г. Груммо // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2014. – Вып. 43. – С. 48–74.

14–А. **Груммо, Д. Г.** Картографирование растительности: опыт, практический аспект перспективы / Д. Г. Груммо // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т леса. – Гомель, 2014. – Вып. 74. – С. 409–430.

15–А. **Груммо, Д. Г.** Опыт применения космической съемки высокого разрешения для определения пожароопасности торфяных болот / Д. Г. Груммо, С. Г. Русецкий // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т леса. – Гомель, 2015. – Вып. 75. – С. 534–551.

16–А. К вопросу создания крупномасштабной карты растительности национального парка «Беловежская пуша» / **Д. Г. Груммо**, Р. В. Цвирко, Н. А. Зеленкевич, Е. Я. Куликова // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2019. – Вып. 48. – С. 94–117.

17–А. Прогнозирование мест произрастания редких видов растений с использованием современных информационных технологий / **Д. Г. Груммо**, С. Г. Русецкий, Н. А. Зеленкевич, Р. В. Цвирко, Д. Ю. Жилинский // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2019. – Вып. 48. – С. 118–125.

18–А. Вероятностная оценка распределения ключевых биотопов в лесах национального парка «Смоленское Поозерье» на основе спутниковых и топографических данных / Д. В. Ершов, Е. А. Гаврилюк, Е. В. Тихонова, Т. Ю. Браславская, Н. В. Королева, И. М. Бавшин, **Д. Г. Груммо**, А. В. Судник, А. В. Титовец // Лесоведение. – 2020. – № 1. – С. 17–34.

19–А. **Груммо**, Д. Г. К вопросу создания карты растительности торфяных болот и заболоченных земель Беларуси / Д. Г. Груммо, Н. А. Зеленкевич, С. Г. Русецкий // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2020. – Вып. 49. – С. 37–49.

20–А. Зеленкевич, Н. А. Урожайность и запасы клюквы (*Oxycoccus palustris* Pers.) на территории Ольманских болот / Н. А. Зеленкевич, **Д. Г. Груммо** // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2020. – Вып. 49. – С. 73–85.

21–А. Русецкий, С. Г. Ретроспективная оценка пирологической ситуации на территории лесоболотного комплекса «Ольманские болота» на основе ДЗЗ / С. Г. Русецкий, Д. Ю. Жилинский, **Д. Г. Груммо** // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2020. – Вып. 49. – С. 124–133.

22–А. Растительность республиканского гидрологического заказника «Сервечь» / **Д. Г. Груммо**, Н. А. Зеленкевич, О. В. Созинов, Е. В. Мойсейчик, Д. Ю. Жилинский, Р. В. Цвирко // Весн. Гродзен. дзярж. ун-та імя Янкі Купалы. Сер. 5, Эканоміка. Сацыялогія. Біялогія. – 2021. – Т. 11, № 1. – С. 110–125.

23–А. Растительность республиканского ландшафтного заказника «Святзянский» / **Д. Г. Груммо**, Н. А. Зеленкевич, О. В. Созинов, Е. В. Мойсейчик // Весн. Гродзен. дзярж. ун-та імя Янкі Купалы. Сер. 5, Эканоміка. Сацыялогія. Біялогія. – 2021. – Т. 11, № 3. – С. 99–115.

24–А. Оценка динамики флоры и растительности в районе аварии на Чернобыльской АЭС / **Д. Г. Груммо**, Н. А. Зеленкевич, Е. В. Мойсейчик, А. Н. Скуратович // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2021. – Вып. 50. – С. 48–81.

25–А. **Груммо**, Д. Г. Оценка биоразнообразия наземных экосистем на основе цифровой карты растительности / Д. Г. Груммо // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2021. – Вып. 50. – С. 155–170.

26–А. Интеграция принципов Изумрудной сети в систему и схемы охраны природы Республики Беларусь / Н. А. Зеленкевич, **Д. Г. Груммо**, Н. М. Роговский, А. В. Тимашкова, О. В. Созинов // Природ. ресурсы. – 2022. – № 1. – С. 79–92.

27–А. **Груммо**, Д. Г. Ретроспективный анализ динамики природных пожаров на территории Беларуси на основе данных дистанционного зондирования / Д. Г. Груммо // Природ. ресурсы. – 2022. – № 1. – С. 112–125.

28–А. Интеграция принципов Изумрудной сети в систему территориальной охраны природы Гродненской области Республики Беларусь / Н. А. Зеленкевич, **Д. Г. Груммо**, Н. М. Роговский, А. В. Тимашкова, О. В. Созинов // Весн. Гродзен. дзярж. ун-та імя Янкі Купалы. Сер. 5, Эканоміка. Сацыялогія. Біялогія. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 83–93.

29–А. Анализ динамики лесного растительного покрова Беларуси на основе данных дистанционного зондирования / **Д. Г. Груммо**, А. В. Пугачевский, С. Г. Русецкий, Н. А. Зеленкевич // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2022. – Т. 67, № 3. – С. 293–303.

30–А. Картографирование и анализ динамики лесного растительного покрова Беларуси на основе данных дистанционного зондирования с 1985 г. по 2020 г. / **Д. Г. Груммо**, А. В. Пугачевский, С. Г. Русецкий, Н. А. Зеленкевич // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т леса. – Гомель, 2022. – Вып. 82. – С. 109–128.

31–А. **Груммо, Д. Г.** Вероятностная оценка пространственного распределения ключевых биотопов национального парка «Нарочанский» на основе наземно-дистанционных прогностических параметров / Д. Г. Груммо, С. Г. Русецкий, Н. А. Зеленкевич // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2022. – Вып. 51. – С. 56–76.

32–А. Ресурсная оценка *Menyanthes trifoliata* (*Menyanthaceae*) лесоболотного комплекса «Дикое» (Беловежская Пуща) / **Д. Г. Груммо**, Н. А. Зеленкевич, О. В. Созинов, Н. А. Кузьмичёва // Раст. ресурсы. – 2022. – Т. 58, № 1. – С. 20–28.

33–А. Landscape fires disproportionately affect high conservation value temperate peatlands, meadows, and deciduous forests, but only under low moisture conditions / M. Kirkland, P. W. Atkinson, J. W. Pearce-Higgins, M. C. de Jong, T. P. F. Dowling, **D. Grummo**, M. Critchley, A. Ashton-Butt // Science of The Total Environment. – 2023. – Vol. 884. – Art. 163849.

34–А. Выявление ключевого биотопа бореальных пойменных лугов в национальном парке «Смоленское Поозерье» на основе спутниковых и топографических данных / Н. В. Королева, Д. Е. Ершов, Е. В. Тихонова, Т. Ю. Браславская, А. О. Харитонова, Е. А. Гаврилюк, **Д. Г. Груммо**, А. В. Судник // Теорет. и приклад. экология. – 2023. – № 3. – С. 28–36.

35–А. **Груммо, Д. Г.** Оценка современного состояния экосистем болот Беларуси и прогноз динамики в связи с изменением климата / Д. Г. Груммо, Н. А. Зеленкевич, С. Г. Русецкий // Природ. ресурсы. – 2023. – № 1. – С. 46–60.

36–А. **Груммо, Д. Г.** Фитоиндикационное картографирование: теоретические аспекты метода применения при мониторинге природных экосистем / Д. Г. Груммо, Н. А. Зеленкевич // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск, 2023. – Вып. 52. – С. 38–70.

37–А. **Груммо, Д. Г.** Научные основы, методология и результаты пространственного изучения растительного покрова Беларуси с использованием

данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий / Д. Г. Груммо // Ботаника (исследования) / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Ботан. о-во. – Минск, 2024. – Вып. 53. – С. 72–113.

### **Статьи в других рецензируемых изданиях**

38–А. **Груммо, Д.** Бластомогены в лесах зеленой зоны Могилева / Д. Груммо // Наука и инновации. – 2006. – № 10 (44). – С. 29–34.

39–А. **Груммо, Д.** Опыт мониторинга растительности при экологических катастрофах / Д. Груммо, М. Ильючик, Н. Зеленкевич // Наука и инновации. – 2008. – № 3 (61). – С. 28–31.

40–А. Опыт экологического картографирования растительности с использованием ГИС-технологий / **Д. Г. Груммо**, А. В. Пучило, Н. Л. Вознячук, Н. А. Зеленкевич // Современные информационные компьютерные технологии : сб. науч. ст. : в 2 ч. / Гродн. гос. ун-т ; редкол.: Е. А. Ровба [и др.]. – Гродно, 2008. – Ч. 1. – С. 79–81.

41–А. ГИС-технологии при мониторинге растительного покрова (на примере Республиканского заказника «Ельня») / **Д. Г. Груммо**, О. В. Созинов, Н. А. Зеленкевич, М. А. Ильючик // Современные информационные компьютерные технологии : сб. науч. ст. : в 2 ч. / Гродн. гос. ун-т ; редкол.: Е. А. Ровба [и др.]. – Гродно, 2008. – Ч. 1. – С. 82–85.

42–А. Мойсейчик, Е. В. Информационные технологии в геоботанике: программа JUICE / Е. В. Мойсейчик, О. В. Созинов, **Д. Г. Груммо** // Технологии информатизации и управления : сб. науч. ст. / Ин-т технологий информатизации и упр. Белорус. гос. ун-та ; редкол.: Н. А. Мандрик [и др.]. – Минск, 2009. – С. 54–58.

43–А. Экологическое картографирование природной среды / Д. Груммо, Н. Зеленкевич, Д. Жилинский, М. Ильючик, Н. Вознячук // Наука и инновации. – 2012. – № 7 (113). – С. 62–68.

44–А. **Груммо, Д. Г.** Создание ресурсных карт *Ledum palustre* (*Ericaceae*) на основе геоинформационных технологий / Д. Г. Груммо, О. В. Созинов // Раст. ресурсы. – 2015. – Т. 51, № 4. – С. 564–583.

45–А. Созинов, О. В. Эколого-ценотическая и ресурсоведческая характеристика *Coturnum palustre* (*Rosaceae*) в условиях пойменного болота Споровское (Республика Беларусь) / О. В. Созинов, **Д. Г. Груммо** // Раст. ресурсы. – 2016. – Т. 52, № 3. – С. 321–338.

46–А. Эколого-экономическая оценка экосистемных услуг при оптимизации гидрологического режима верхового болота «Ельня» (Беларусь) / **Д. Г. Груммо**, Н. А. Зеленкевич, О. В. Созинов, Е. В. Мойсейчик // Соц.-экол. технологии. – 2016. – № 1. – С. 57–66.

47–А. Объемы выбросов и стоки парниковых газов при оптимизации гидрологического режима верхового болота «Ельня» (Беларусь) / **Д. Г. Груммо**, Н. А. Зеленкевич, О. В. Созинов, Е. В. Мойсейчик // Соц.-экол. технологии. – 2016. – № 2. – С. 51–61.

48–А. Оценка эффектов восстановления гидрологического режима верхового болота Ельня (Беларусь) для биологического разнообразия и ресурсов ягод / **Д. Г. Груммо**, Н. А. Зеленкевич, О. В. Созинов, Е. В. Мойсейчик // Соц.-экол. технологии. – 2016. – № 3. – С. 5–19.

49–А. Оценка и прогноз пожароопасной ситуации при оптимизации гидрологического режима верхового болота «Ельня» (Беларусь) / **Д. Г. Груммо**, Н. А. Зеленкевич, О. В. Созинов, Е. В. Мойсейчик // Соц.-экол. технологии. – 2016. – № 4. – С. 7–19.

50–А. Современное состояние и основные направления динамики растительного покрова лесоболотного комплекса «Дикое» / **Д. Г. Груммо**, Р. В. Цвирко, С. Г. Русецкий, Н. А. Зеленкевич, Д. Ю. Жилинский, Е. В. Мойсейчик, О. В. Созинов // Беловежская пуца. Исследования : сб. науч. ст. / Нац. парк «Беловежская пуца». – Брест, 2017. – Вып. 15. – С. 55–75.

51–А. **Груммо, Д.** Мониторинг особо охраняемых природных территорий / Д. Груммо, Д. Коробушин, Е. Малашенкова // Наука и инновации. – 2018. – № 10 (188). – С. 63–69.

52–А. Карта растительности национального парка «Беловежская пуца»: опыт создания и практического использования / **Д. Г. Груммо**, Р. В. Цвирко, Н. А. Зеленкевич, Е. Я. Куликова, О. В. Созинов // Геоботаническое картографирование, 2019 / Рос. акад. наук, Ботан. ин-т ; отв. ред. С. С. Холод. – СПб., 2019. – С. 18–38.

53–А. Цвирко, Р. В. Синтаксономическое разнообразие лесной растительности национального парка «Беловежская пуца» (Беларусь) / Р. В. Цвирко, **Д. Г. Груммо** // Разнообразие раст. мира. – 2020. – № 1 (4). – С. 57–80.

54–А. Послеаварийная динамика флоры и растительности в районе белорусского сектора зоны отчуждения Чернобыльской атомной электростанции / **Д. Г. Груммо**, Н. А. Зеленкевич, Е. В. Мойсейчик, А. Н. Скуратович // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Науки о Земле. – 2023. – Т. 68, № 3. – С. 505–527.

### *Научные работы в сборниках материалов конференций*

55–А. Зеленкевич, Н. А. Уникальный памятник природы Белорусского Поозерья – ландшафтный заказник «Ельня»: современное состояние и стратегия восстановления / Н. А. Зеленкевич, О. В. Созинов, **Д. Г. Груммо** // Биологическое разнообразие Белорусского Поозерья: современное состояние, проблемы использования и охраны : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 19–21 нояб. 2008 г. / Витеб. гос. ун-т ; ред.: А. М. Дорофеев [и др.]. – Витебск, 2008. – С. 104–106.

56–А. **Груммо, Д. Г.** Опыт крупномасштабного геоботанического и экологического картографирования растительности болот с использованием данных дистанционного и наземного зондирования / Д. Г. Груммо, М. А. Ильючик, Н. А. Зеленкевич // Екологія боліт і торфовищ : зб. наук. ст. : матеріали круглого столу «Екологія боліт і торфовищ», Київ, 2 лют. 2012 р. / Ін-т агроєкології і

- природокористування НААН ; гол. ред. В. В. Коніщук. – Київ, 2012. – С. 50–59.
- 57–А. Созинов, О. В. «Старый Жаден» – уникальный водно-болотный комплекс Припятского Полесья: характеристика фиторазнообразия, оценка современного состояния, проблема охраны / О. В. Созинов, Н. А. Зеленкевич, Д. Г. Груммо // *Екологія боліт і торфовищ* : зб. наук. ст. : матеріали круглого столу «Екологія боліт і торфовищ», Київ, 2 лют. 2012 р. / Ін-т агроекології і природокористування НААН ; гол. ред. В. В. Коніщук. – Київ, 2012. – С. 71–81.
- 58–А. Опыт картирования растительности мест гнездования наземно-гнездящихся птиц на территории заказника «Туровский луг» / Д. Г. Груммо, О. В. Созинов, Н. А. Зеленкевич, Е. В. Мойсейчик // *Зоологические чтения : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти проф. И. К. Лопатина, Гродно, 14–16 марта 2013 г.* / Гродн. гос. ун-т [и др.] ; редкол.: О. В. Янчуревич [и др.]. – Гродно, 2013. – С. 94–97.
- 59–А. Уникальный лесоболотный комплекс белорусского Полесья «Морочно»: характеристика фиторазнообразия, оценка современного состояния, проблема охраны / Д. Г. Груммо, О. В. Созинов, Н. А. Зеленкевич, Е. В. Мойсейчик, Д. Ю. Жилинский // *Природа Полісся: дослідження та охорона : матеріали міжнар. науч.-практ. конф., присвяч. 15-річчю Рівнен. природ. заповідника та 10-річчю Рамсар. угіддя «Торфово-болотний масив Переброди», м. Сарни, 3–5 лип. 2014 р.* / Держ. агентство ліс. ресурсів України ; відп. ред. Р. О. Журавчак. – Рівне, 2014. – С. 43–53.
- 60–А. Динамика состояния природных комплексов республиканского биологического заказника «Докудовский» / Д. Г. Груммо, О. В. Созинов, Н. А. Зеленкевич, Д. Ю. Жилинский // *Актуальные проблемы экологии : материалы X междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 1–3 окт. 2014 г. : в 2 ч.* / Гродн. гос. ун-т [и др.] ; гл. ред. В. Н. Бурдь. – Гродно, 2014. – Ч. 1. – С. 21–23.
- 61–А. Созинов, О. В. Биотопы заказника «Котра» имеющие охранный статус в Европейском союзе в соответствии с директивой о местообитаниях / О. В. Созинов, Д. Г. Груммо, С. Г. Русецкий // *Актуальные проблемы экологии : материалы X междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 1–3 окт. 2014 г. : в 2 ч.* / Гродн. гос. ун-т [и др.] ; гл. ред. В. Н. Бурдь. – Гродно, 2014. – Ч. 1. – С. 44–46.
- 62–А. Карта растительности болота «Слободское» (Березинский биосферный заповедник) / Д. Г. Груммо, Н. А. Зеленкевич, Р. В. Цвирко, Е. В. Мойсейчик, Д. Ю. Жилинский, С. Г. Русецкий // *Перспективы сохранения и рационального использования природных комплексов особо охраняемых природных территорий : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию Березин. заповедника и 20-летию присвоения ему Европ. Диплома для охраняемых территорий, 26–29 авг. 2015 г., д. Домжерицы, Беларусь / Упр. делами Президента Респ. Беларусь [и др.] ; редкол.: В. С. Ивкович [и др.]. – Минск, 2015. – С. 22–28.*

63–А. Карта растительности болот центральной ландшафтной зоны Бerezинского биосферного заповедника / Д. Г. Груммо, О. В. Созинов, Н. А. Зеленкевич, Р. В. Цвирко, Е. В. Мойсейчик, Д. Ю. Жилинский, С. Г. Русецкий // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны : материалы II Междунар. науч. семинара, Минск, 24–25 сент. 2015 г. / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники, Беларус. ботан. о-во ; редкол.: А. В. Пугачевский [и др.] – Минск, 2015. – С. 38–41.

64–А. Груммо, Д. Г. Динамика лесной растительности в зоне аварии на Чернобыльской АЭС / Д. Г. Груммо, М. М. Сак // Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья : сб. докл. Междунар. науч. конф., Минск, 14–17 сент. 2016 г. : в 2 т. / НАН Беларуси [и др.] ; редкол.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2016. – Т. 2. – С. 226–230.

65–А. Груммо, Д. Г. Современное состояние и перспективы развития природно-заповедного фонда Белорусского Полесья в приграничных с Украиной районах / Д. Г. Груммо, Н. А. Зеленкевич, Е. В. Мойсейчик // Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья : сб. докл. Междунар. науч. конф., Минск, 14–17 сент. 2016 г. : в 2 т. / НАН Беларуси [и др.] ; редкол.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2016. – Т. 2. – С. 231–235.

66–А. Растительный покров Республиканского ландшафтного заказника «Ольманские болота» / Н. А. Зеленкевич, Д. Г. Груммо, А. Н. Скуратович, Е. В. Мойсейчик, О. В. Созинов // Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья : сб. докл. Междунар. науч. конф., Минск, 14–17 сент. 2016 г. : в 2 т. / НАН Беларуси [и др.] ; редкол.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2016. – Т. 2. – С. 354–358.

67–А. Груммо, Д. Г. Стоимостная оценка биологического разнообразия и экосистемных услуг болотных экосистем / Д. Г. Груммо, Н. А. Зеленкевич, О. В. Созинов // Инновационные технологии в сфере экологической безопасности и рационального природопользования : сб. докл. науч.-техн. семинара, Гродно, 15 июня 2017 г. / Белнефтехим, Гродн. НИИиПИ азот. пром-сти и продуктов орган. синтеза. – Гродно, 2017. – С. 19–21.

68–А. Динамика естественных низинных болот Белорусского Полесья и практические мероприятия по их охране и восстановлению / Д. Г. Груммо, Н. А. Зеленкевич, Р. В. Цвирко, Е. В. Мойсейчик, О. В. Созинов // IX Галкинские чтения : материалы конф., Санкт-Петербург, 5–7 февр. 2018 г. / Ботан. ин-т Рос. акад. наук, Рус. ботан. о-во ; под ред. Т. К. Юрковской. – СПб., 2018. – С. 51–54.

69–А. Груммо, Д. Г. К вопросу охраны природных биотопов в Беларуси / Д. Г. Груммо, Н. А. Зеленкевич // Класифікація рослинності та біотопів України : матеріали третьої наук.-теорет. конф., Київ, 19–21 квіт. 2018 р. / Нац. акад. наук України, Ін-т ботаніки, Укр. ботан. товариство ; за ред. Я. П. Дідуха, Д. В. Дубини. – Київ, 2018. – С. 44–50.

70–А. Груммо, Д. Г. Растительность и биотопы национального парка «Беловежская пуца» / Д. Г. Груммо, Р. В. Цвирко, Е. Я. Куликова // Кла-

сифікація рослинності та біотопів України : матеріали третьої наук.-теорет. конф., Київ, 19–21 квіт. 2018 р. / Нац. акад. наук України, Ін-т ботаніки, Укр. ботан. т-во ; за ред. Я. П. Дідуха, Д. В. Дубини. – Київ, 2018. – С. 152–160.

71–А. Созинов, О. В. Картография в ботаническом ресурсоведении: результаты и перспективы / О. В. Созинов, **Д. Г. Груммо** // Материалы IV (XII) Международной ботанической конференции молодых учёных в Санкт-Петербурге, 22–28 апреля 2018 г. / Ботан. ин-т Рос. акад. наук [и др.] ; редкол.: Д. В. Гельтман [и др.]. – СПб., 2018. – С. 62–64.

72–А. **Grummo, D.** «Road Map» of conservation of the oldest bog in Belarus / D. Grummo, N. Zeliankevich // From monitoring to implementation : Ukr. Rufford small grants conf., 23–25 Apr., 2018, Kharkiv, Ukraine / The Rufford Found., The ecological group «Pechenegy», Karazin Kharkiv Nat. Univ. – Kharkiv, 2018. – P. 25–26.

73–А. Крупномасштабная карта растительности Рамсарской территории «Болото Дикое» / **Д. Г. Груммо**, Р. В. Цвирко, Н. А. Зеленкевич, Д. Ю. Жилинский, Е. В. Мойсейчик, О. В. Созинов, А. В. Пучило, С. Г. Русецкий // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны : материалы III Междунар. науч. семинара, Минск-Гродно, 26–28 сент. 2018 г. / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Гродн. гос. ун-т ; редкол.: Н. А. Зеленкевич [и др.]. – Минск, 2018. – С. 39–43.

74–А. Созинов, О. В. К вопросу комплексного картирования потенциальных мест заготовок растительных ресурсов (на примере лесоболотного комплекса «Болото Дикое») / О. В. Созинов, И. П. Сысой, **Д. Г. Груммо** // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны : материалы III Междунар. науч. семинара, Минск-Гродно, 26–28 сент. 2018 г. / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Гродн. гос. ун-т ; редкол.: Н. А. Зеленкевич [и др.]. – Минск, 2018. – С. 129–136.

75–А. **Груммо, Д. Г.** Опыт картографирования сукцессий растительности болот / Д. Г. Груммо, С. Г. Русецкий // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны : материалы III Междунар. науч. семинара, Минск-Гродно, 26–28 сент. 2018 г. / НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Гродн. гос. ун-т ; редкол.: Н. А. Зеленкевич [и др.]. – Минск, 2018. – С. 36–39.

76–А. **Груммо, Д. Г.** Картографирование стоимостной оценки биологического разнообразия и экосистемных услуг (на примере лесоболотного комплекса «Жада») / Д. Г. Груммо, Н. А. Зеленкевич, О. В. Созинов // Актуальные вопросы биогеографии : материалы Междунар. конф., 9–12 окт. 2018 г., Санкт-Петербург, Россия / С.-Петерб. гос. ун-т [и др.] ; редкол.: Н. В. Терехина [и др.]. – СПб., 2018. – С. 116–118.

77–А. К вопросу создания карты растительности болот Беларуси / Д. Г. Груммо, С. Г. Русецкий, Н. А. Зеленкевич, Р. В. Цвирко // X Галкинские чтения : материалы конф., Санкт-Петербург, 4–6 февр. 2019 г. / Ботан. ин-т Рос. акад. наук, Рус. ботан. о-во ; редкол.: Т. К. Юрковская [и др.]. – СПб., 2019. – С. 49–51.

78–А. Зеленкевич, Н. А. Ресурсная характеристика *Oxycoccus palustris* Ольманских болот (Беларусь) / Н. А. Зеленкевич, Д. Г. Груммо, О. В. Созинов // X Галкинские чтения : материалы конф., Санкт-Петербург, 4–6 февр. 2019 г. / Бо-тан. ин-т Рос. акад. наук, Рус. ботан. о-во ; редкол.: Т. К. Юрковская [и др.]. – СПб., 2019. – С. 66–69.

79–А. Груммо, Д. Г. Опыт применения дистанционных и геоинформационных методов для инвентаризации и оценки современного состояния биологического разнообразия национального парка «Беловежская пуца» / Д. Г. Груммо, Н. А. Зеленкевич, Р. В. Цвирко // Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении, лесном хозяйстве и экологии (памяти выдающегося ученого-лесоведа, академика РАН А. С. Исаева) : докл. VII Всерос. конф. (с междунар. участием), Москва, 22–24 апр. 2019 г. / Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов Рос. акад. наук, Ин-т косм. исслед. ; редкол.: Д. В. Ершов [и др.]. – М., 2019. – С. 119–121.

80–А. Вероятностная оценка пространственного распределения ключевых биотопов в лесах НП «Смоленское Поозерье» по спутниковым и топографическим данным / Д. В. Ершов, Е. А. Гаврилюк, Е. В. Тихонова, Т. Ю. Бра-славская, Н. В. Королева, И. М. Бавшин, Д. Г. Груммо // Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении, лесном хозяйстве и экологии (памяти выдающегося ученого-лесоведа, академика РАН А. С. Исаева) : докл. VII Всерос. конф. (с междунар. участием), Москва, 22–24 апр. 2019 г. / Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов Рос. акад. наук, Ин-т косм. исслед. ; редкол.: Д. В. Ершов [и др.]. – М., 2019. – С. 43–45.

81–А. Флора и растительность водно-болотного заказника «Габы» / Д. Г. Груммо, Р. В. Цвирко, Н. А. Зеленкевич, Е. В. Мойсейчик, Д. Ю. Жилинский // Современные технологии в деятельности особо охраняемых природных территорий: геоинформационные системы, дистанционное зондирование земли : сб. науч. ст. : V междунар. науч.-практ. семинар (ГИС – Нарочь 2019), Нац. парк «Нарочанский», к. п. Нарочь, Респ. Беларусь, 20–24 мая 2019 г. / Нац. парк «Нарочанский» [и др.]. – Минск, 2019. – С. 16–33.

82–А. Оценка пространственного распределения ключевых биотопов в лесах НП «Смоленское Поозерье» с использованием спутниковых данных высокого пространственного разрешения SENTINEL-2 / Д. В. Ершов, Е. А. Гаврилюк, Е. В. Тихонова, Т. Ю. Бра-славская, Н. В. Королева, И. М. Бавшин, Д. Г. Груммо // Научные исследования: от истоков к вершинам : шестые междунар. чтения памяти Н. М. Пржевальского / Нац. парк «Смоленское Поозерье», Смолен. гос. ун-т ; редкол.: М. Ю. Гильденков, С. П. Евдокимов, В. Р. Хохряков. – Смоленск, 2019. – С. 95–98.

83–А. An emerging cross-border region around the transboundary Ramsar site «Olmany-Perebrody» / V. Kireyeu, A. Sidorovich, **D. Grummo**, N. Zeliankevich, A. Shkaruba, V. Ustin, A. Lukashuk, R. Zhuravchak, V. Fenchuk, E. Shushkova, V. Dombrovski // Environmental knowledge and policy innovation between East and West. Lessons learned and not? : open science conf. proc., May 28–30, 2019, Minsk, Belarus / Sci.-Practical Center on Bioresources of the NAS of Belarus. – Minsk, 2019. – P. 37–39.

84–А. Прогнозирование местообитаний редких видов растений: облачные платформы, ГИС-технологии и машинное обучение / **Д. Г. Груммо**, С. Г. Русецкий, Н. А. Зеленкевич, Р. В. Цвирко, Д. Ю. Жилинский // Современные концепции и практические методы сохранения фиторазнообразия : материалы междунар. науч.-практ. семинара, 1–4 окт. 2019 г., Минск-Гродно, Беларусь / НАН Беларуси, Центр. ботан. сад, Гродн. гос. ун-т ; редкол.: В. В. Титок [и др.]. – Минск, 2019. – С. 102–106.

85–А. **Груммо, Д. Г.** Инвентаризации и оценка современного состояния биологического разнообразия Национального парка «Нарочанский» с помощью дистанционных и геоинформационных методов / Д. Г. Груммо // Современное состояние и перспективы развития особо охраняемых природных территорий (ООПТ) : конф. с междунар. участием, посвящ. 20-летию образования Нац. парка «Нарочанский», [п. Нарочь, Мядел. р-н, 9–11 окт. 2019 г. : сб. науч. ст. / авт.-сост.: В. С. Люштык и др.] ; Нац. парк «Нарочанский». – Минск, 2019. – С. 230–235.

86–А. **Груммо, Д. Г.** Инвентаризации и оценка современного состояния биологического разнообразия Национального парка «Беловежская пуца» с помощью дистанционных и геоинформационных методов / Д. Г. Груммо, Н. А. Зеленкевич, Р. В. Цвирко // Современные направления развития физической географии: научные и образовательные аспекты в целях устойчивого развития : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию фак. географии и геоинформатики Белорус. гос. ун-та и 65-летию Белорус. геогр. о-ва, Минск, 13–15 нояб. 2019 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Е. Г. Кольмакова (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2019. – С. 353–356.

87–А. Сукцессии растительности Рамсарского угодья «Сервечь» (Беларусь) / Д. Г. Груммо, Н. А. Зеленкевич, О. В. Созинов, Е. В. Мойсейчик, Д. Ю. Жилинский, Р. В. Цвирко // Пространственно-временные аспекты функционирования биосистем : сб. материалов XVI Междунар. науч. экол. конф., посвящ. памяти А. В. Присного, 24–26 нояб. 2020 г. / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации [и др.] ; отв. ред. Ю. А. Присный. – Белгород, 2020. – С. 140–144.

88–А. Зеленкевич, Н. А. Рамсарская конвенция – глобальный механизм сохранения водно-болотных угодий. Реализация Рамсарской конвенции в Республике Беларусь / Н. А. Зеленкевич, **Д. Г. Груммо** // Актуальные вопросы естественных наук : сб. материалов междунар. науч.-теорет. конф., Нукус, Узбекистан, 15 мая 2020 г. / Нукус. гос. пед. ин-т. – Нукус, 2020. – С. 90–94.

89–А. Болота Беларуси: разнообразие и изменения за последние 50 лет / **Д. Г. Груммо**, А. В. Козулин, Н. А. Зеленкевич, О. В. Созинов // XI Галкинские чтения : материалы конф., г. Санкт-Петербург, 21 апр. 2021 г. / Ботан. ин-т Рос. акад. наук, Рус. ботан. о-во ; редкол.: О. В. Галанина, В. А. Смагин, Г. А. Тюсов – СПб., 2021. – С. 11–13.

90–А. Развитие платформы «Биоразнообразие болот Беларуси» на основе данных дистанционного зондирования и информационных технологий: концепция, методология, обзор тематических картографических продуктов» / **Д. Г. Груммо**, Н. А. Зеленкевич, Д. Ю. Жилинский, С. Г. Русецкий, О. В. Созинов // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны : материалы IV междунар. науч. семинара, 22–24 сент. 2021 г., Минск-Витебск / Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Витеб. гос. ун-т ; редкол.: Н. А. Зеленкевич [и др.]. – Минск, 2021. – С. 16–28.

91–А. Картографирование растительности торфяных болот и заболоченных земель Беларуси: методические подходы и результаты / **Д. Г. Груммо**, Н. А. Зеленкевич, С. Г. Русецкий, Р. В. Цвирко // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны : материалы IV междунар. науч. семинара, 22–24 сент. 2021 г., Минск-Витебск / Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси, Витеб. гос. ун-т ; редкол.: Н. А. Зеленкевич [и др.]. – Минск, 2021. – С. 29–37.

92–А. **Груммо, Д. Г.** Динамика флоры и растительности в районе аварии на Чернобыльской АЭС / Д. Г. Груммо, Н. А. Зеленкевич, Е. В. Мойсейчик // Российская геоботаника: итоги и перспективы (к 100-летию Отдела геоботаники БИН) : материалы конф., 26–30 сент. 2022 г., Санкт-Петербург / Ботан. ин-т Рос. акад. наук, Рус. ботан. о-во, Науч. совет по изучению биоразнообразия и биол. ресурсов Отд-ния биол. наук Рос. акад. наук ; редкол.: И. Ю. Баккал [и др.]. – СПб., 2022. – С. 140–143.

93–А. **Груммо, Д. Г.** Опыт развития прикладного тематического картографирования для решения задач мониторинга и прогнозирования состояния природных экосистем и растительных ресурсов / Д. Г. Груммо // Российская геоботаника: итоги и перспективы (к 100-летию Отдела геоботаники БИН) : материалы конф., 26–30 сент. 2022 г., Санкт-Петербург / Ботан. ин-т Рос. акад. наук, Рус. ботан. о-во, Науч. совет по изучению биоразнообразия и биол. ресурсов Отд-ния биол. наук Рос. акад. наук ; редкол.: И. Ю. Баккал [и др.]. – СПб., 2022. – С. 212–214.

94–А. **Груммо, Д. Г.** Болота Березинского биосферного заповедника (Беларусь) / Д. Г. Груммо, Н. А. Зеленкевич // XII Галкинские чтения – типы болот регионов России : материалы конф., Санкт-Петербург, 3 февр. 2023 г. / Ботан. ин-т Рос. акад. наук, Рус. ботан. о-во ; редкол.: Т. К. Юрковская [и др.]. – СПб., 2023. – С. 10–13.

95–А. Динамика флоры и растительности в районе аварии на Чернобыльской атомной электростанции / **Д. Г. Груммо**, А. Н. Скуратович, Е. В. Мойсейчик, Н. А. Зеленкевич // Радиобиология и экологическая безопасность – 2023 : материалы междунар. науч. конф., Гомель, 25–26 мая 2023 г. / НАН Беларуси, Ин-т радиобиологии ; под ред. И. А. Чешика. – Минск, 2023. – С. 76–80.

96–А. **Груммо**, Д. Г. К вопросу спутникового мониторинга пожаров и прогнозирования пирологической ситуации в природных экосистемах района аварии на ЧАЭС / Д. Г. Груммо, С. Г. Русецкий, Н. А. Зеленкевич // Радиобиология и экологическая безопасность – 2023 : материалы междунар. науч. конф., Гомель, 25–26 мая 2023 г. / НАН Беларуси, Ин-т радиобиологии ; под ред. И. А. Чешика. – Минск, 2023. – С. 80–84.

### *Тезисы докладов*

97–А. Уникальный лесоболотный комплекс Белорусского Полесья «Морочно» (характеристика фиторазнообразия и вопросы охраны) / Н. А. Зеленкевич, **Д. Г. Груммо**, О. В. Созинов, Е. В. Мойсейчик, Д. Ю. Жилинский // Болота Северной Европы: разнообразие, динамика и рациональное использование : междунар. симп., Петрозаводск, 2–5 сент. 2015 г. : тез. докл. / Рос. акад. наук, Федер. агенство науч. орг. ; редкол.: О. Л. Кузнецов, С. Р. Знаменский, Л. В. Канцерова. – Петрозаводск, 2015. – С. 34–35.

98–А. Созинов, О. В. Ресурсное картографирование багульника болотного (*Ledum palustre*) на верховых болотах Беларуси / О. В. Созинов, **Д. Г. Груммо** // Болота и проблемы их использования : тез. докл. науч. семинара, 21 окт. 2015 г., г. Санкт-Петербург / Рус. геогр. о-во, С.-Петерб. гор. отд-ние, Гидрол. комис. ; редкол.: Н. А. Саноцкая, А. Н. Кондратьев. – СПб., 2015. – С. 8–10.

99–А. Экологическая и социально-экономическая эффективность восстановления гидрологического режима ландшафтного заказника «Ельня»: оценка эффектов для биологического разнообразия / **Д. Г. Груммо**, О. В. Созинов, Е. В. Мойсейчик, Н. А. Зеленкевич // Научные исследования в заповедниках и национальных парках России : тез. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 25-летию юбилею биосфер. резервата ЮНЕСКО «Национальный парк «Волдозерский», Петрозаводск, 29 авг. – 4 сент. 2016 г. / Карел. науч. центр Рос. акад. наук. – Петрозаводск, 2016. – С. 61.

100–А. Разнообразие типов болот Республики Беларусь / **Д. Г. Груммо**, Н. А. Зеленкевич, Р. В. Цвирко, Е. В. Мойсейчик // Болота Северной Евразии: биосферные функции, разнообразие и управление : тез. докл. междунар. симп., Петрозаводск, 25–28 сент. 2023 г. / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации [и др.] ; редкол.: О. Л. Кузнецов, С. Р. Знаменский, М. А. Бойчук. – Петрозаводск, 2023. – С. 24–25.

## РЕЗЮМЕ

*Груммо Дмитрий Геннадьевич*

**Научные основы и методология оценки структурно-функциональной организации растительного покрова Беларуси с использованием дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий**

**Ключевые слова:** типологическая структура, динамика, сукцессионные смены, экологический и ресурсный потенциал растительного покрова, фитоценоз, биоразнообразие, геоботаническое картографирование, дистанционное зондирование Земли, геопространственное моделирование, фитоиндикация

**Цель исследования:** разработать научные основы и методологию оценки структурно-функциональной организации растительного покрова Беларуси с использованием данных дистанционного зондирования Земли и ГИС-технологий.

**Методы исследования:** полевые исследования и камеральная обработка результатов проведены в соответствии с общепринятыми в геоботаническом картографировании, фитоценологии, экологии, математической статистике методами. Для пространственного анализа (инвентаризационное, оценочное, прогнозное, природоохранное картографирование) разработана оригинальная система методов.

**Полученные результаты и их новизна.** Разработаны научная основа и методология пространственного изучения структуры, состояния и динамики, а также основных функций растительного покрова в условиях существующих природных и антропогенных факторов, как нового научного направления, сочетающего принципы геоинформатики, а также традиции геоботаники и экологии. На основе системного подхода изучены основные параметры, взаимосвязи и отношения структурно-динамической организации растительности модельных территорий Беларуси. Научно обоснованы подходы прогнозирования и комплексного территориального планирования в целях оптимизации режима охраны и использования растительного покрова. Созданы принципиально новые оригинальные картографические материалы, существенно расширяющие область геоботанического картографирования.

**Рекомендации по использованию.** Полученные результаты могут быть использованы в решении экологических и социально-экономических проблем рационального использования растительного покрова и охраны природной среды Беларуси.

**Область применения:** развитие системы особо охраняемых природных территорий Беларуси, совершенствование национальной системы мониторинга окружающей среды, реабилитация нарушенных экосистем.

## РЭЗІЮМЭ

*Грумо Дзмітрый Генадзевіч*

### **Навуковыя асновы і метадалогія ацэнкі структурна-функцыянальнай арганізацыі расліннага покрыва Беларусі з выкарыстаннем дыстанцыйнага зандзіравання Зямлі і геаінфармацыйных тэхналогій**

**Ключавыя словы:** тыпалагічная структура, дынаміка, сукцэсійныя змены, экалагічны і рэсурсны патэнцыял расліннага покрыва, фітацэноз, біязна-стайнасць, геабатанічнае картаграфаванне, дыстанцыйнае зандзіраванне Зямлі, геапрасторавае мадэляванне, фітаіндыкацыя

**Мэта даследавання:** распрацаваць навуковыя асновы і метадалогію ацэнкі структурна-функцыянальнай арганізацыі расліннага покрыва Беларусі з выкарыстаннем дадзеных дыстанцыйнага зандзіравання Зямлі і ГІС-тэхналогій.

**Метады даследавання:** палявыя даследаванні і камеральная апрацоўка вынікаў праведзены ў адпаведнасці з агульнапрынятымі ў геабатанічным картаграфаванні, фітацэналогіі, экалогіі, матэматычнай статыстыцы метадамі. Для прасторавага аналізу (інвентарызацыйнае, ацэначнае, прагнознае, прыродаахоўнае картаграфаванне) распрацавана арыгінальная сістэма метадаў.

**Атрыманыя вынікі і іх навізна.** Распрацаваны навуковая аснова і метадалогія прасторавага вывучэння структуры, стану і дынамікі, а таксама асноўных функцый расліннага покрыва ва ўмовах існуючых прыродных і антрапагенных фактараў, як новага навуковага кірунку, які спалучае прынцыпы геаінфарматыкі, а таксама традыцыі геабатанікі і экалогіі. На аснове сістэмнага падыходу вывучаны асноўныя параметры, узаемасувязі і адносіны структурна-дынамічнай арганізацыі расліннасці мадэльных тэрыторый Беларусі. Навукова абгрунтаваны падыходы прагназіравання і комплекснага тэрытарыяльнага планавання ў мэтах аптымізацыі рэжыму аховы і выкарыстання расліннага покрыва. Створаны прынцыпова новыя арыгінальныя картаграфічныя матэрыялы, якія істотна пашыраюць вобласць геабатанічнага картаграфавання.

**Рэкамендацыі па выкарыстанні.** Атрыманыя вынікі могуць быць скарыстаны ў вырашэнні экалагічных і сацыяльна-эканамічных праблем рацыянальнага выкарыстання расліннага покрыва і аховы прыроднага асяроддзя Беларусі.

**Галіна выкарыстання:** развіццё сістэмы асабліва ахоўных прыродных тэрыторый Беларусі, удасканаленне нацыянальнай сістэмы маніторынгу навакольнага асяроддзя, рэабілітацыя парушаных экасістэм.

## SUMMARY

*Grummo Dzmitry Gennadievich*

### **Scientific Foundations and Methodology for Assessing the Vegetation Cover Structural and Functional Organization of Belarus Using Earth Remote Sensing and Geoinformation Technologies**

**Key words:** typological structure, dynamics, successional changes, ecological and resource potential of vegetation cover, phytocenosis, biodiversity, geobotanical mapping, Earth remote sensing, geospatial modeling, phytoindication

**Objective:** to develop scientific foundations and methodology for assessing structural and functional organization of the vegetation cover of Belarus using Earth remote sensing data and GIS technologies.

**Research methods:** field research and results office processing were carried out in accordance with generally accepted methods in geobotanical mapping, phytocenology, ecology, mathematical statistic. An original methods system was developed for spatial analysis (inventory, assessment, guessing, nature conservation mapping).

**The results obtained and their novelty.** The scientific basis and methodology for spatial study of the structure, state and dynamics, as well as the main functions of vegetation under the conditions of existing natural and anthropogenic factors have been developed as a new scientific direction combining the principles of geoinformatics, same as the traditions of geobotany and ecology. Based on the systems approach, the main parameters, interrelations and relations of the vegetation structural and dynamic organization in model territories in Belarus have been studied. The approaches to guessing and integrated territorial planning in order to optimize the protection and use of vegetation have been scientifically substantiated. Fundamentally new original cartographic materials have been created, significantly expanding the scope of geobotanical mapping.

**Use recommendations.** The results obtained can be used in solving environmental and socio-economic problems of vegetation rational use and natural environment protection in Belarus.

**Applications:** in the development of the specially protected natural areas of Belarus system, improvement of the national environmental monitoring system, and disturbed ecosystems rehabilitation.



---

Подписано в печать \_\_.02.2025. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Печать цифровая. Усл.печ.л. 2,9. Уч.изд.л. 3,0. Тираж 60 экз. Заказ № .....

Издатель и полиграфическое исполнение: Республиканское унитарное предприятие  
«Информационно-вычислительный центр Министерства финансов Республики Беларусь»

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 2/41 от 29.01.2014  
220004, г. Минск, ул. Кальварийская, 17