

Технологии выявления угроз и прогнозирования состояния природных экосистем



Анатолий Пучило,
завлабораторией геоботаники и картографии растительности Института экспериментальной ботаники, кандидат биологических наук



Руслан Цвирко,
заместитель директора по научной работе Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси, кандидат биологических наук

Деятельность лаборатории геоботаники и картографии растительности Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси нацелена на изучение состава и структуры, закономерностей формирования растительности нашей страны, динамики и направленности сукцессионных процессов в фитоценозах в условиях изменяющегося климата и антропогенных факторов среды. Разрабатываются теоретические основы классификации растительности, новые технологии оценки ее состояния, а также природных экосистем с использованием данных наземных исследований и материалов дистанционного зондирования поверхности Земли, геоботанического и экологического картографирования, охраны биотического и биотопического разнообразия.

В 1969 г. коллектив лаборатории во главе с академиком И.Д. Юркевичем впервые в стране выпустил фундаментальный труд – Карту растительности Белорусской ССР масштаба 1:1000000, которая явилась результатом многолетних исследований структуры, продуктивности и закономерностей ее размещения, за что авторский коллектив в 1972 г. был удостоен Государственной премии БССР.

Разработаны геоботаническое районирование и типологиче-

ская классификация лесов республики, предложен зонально-типологический принцип ведения лесного хозяйства страны, уточнена классификация антропогенно-производных ассоциаций сосновых лесов, внедрен в практику лесохозяйственной деятельности Министерства лесного хозяйства технический кодекс установившейся практики «Правила выделения типов леса».

Исследована геоботаническая структура, продуктивность и современное состояние растительности болот, проведены работы по научному обеспечению восстановления 10 нарушенных торфяников общей площадью около 15 тыс. га, что позволило опубликовать монографии «Флора и растительность ландшафтного заказника "Ельня"»; «Флора и растительность верховых болот Беларуси», «Рамсарские территории Беларуси: "Болото Дикое"».

Выполнены подробные проектно-изыскательские работы в части растительного мира для 30-километровой зоны строительства БелАЭС на Островецкой площадке. Разработаны программа, методика, сеть стационарных пунктов ежегодного наблюдения за состоянием объектов растительного мира в зоне влияния атомной станции на стадиях строительства и эксплуатации (рис. 1).

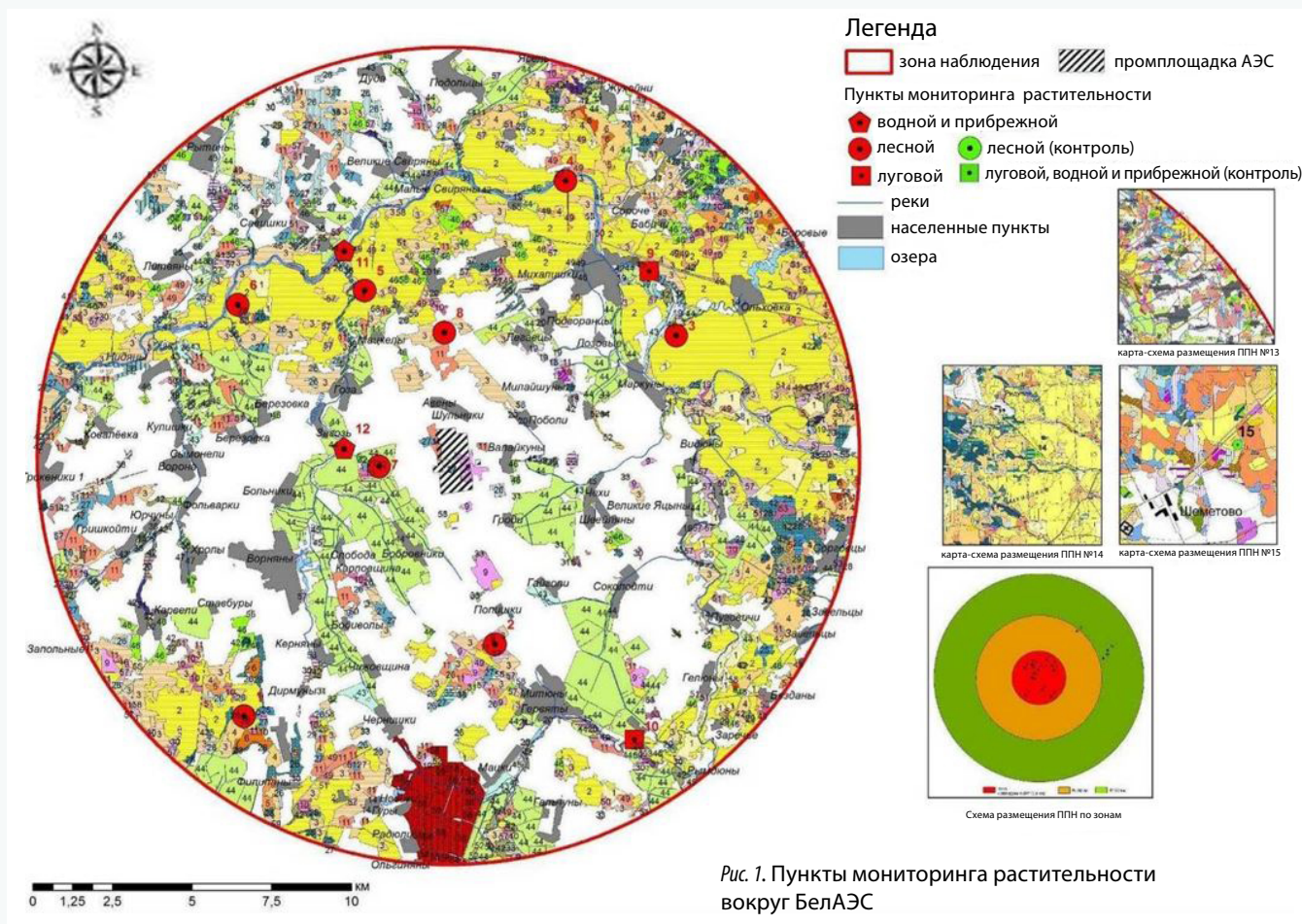


Рис. 1. Пункты мониторинга растительности вокруг БелАЭС

Созданы крупномасштабные карты растительности таких особо охраняемых природных территорий, как Березинский биосферный заповедник, национальные парки «Беловежская пуща», «Нарочанский», «Припятский», более 20 заказников республиканского значения («Ельня», «Сорочанские озера», «Дрожбитка-Свина», «Старый Жаден», «Освейский», «Красный бор» и др.), разработаны пакеты документов для объявления или преобразования более 70 заказников республиканского и местного значения.

Ученые Института экспериментальной ботаники разрабатывают технологии автоматизированного выявления угроз и прогнозирования состояния природных экосистем особо охраняемых

природных территорий с использованием данных дистанционного зондирования Земли. На основе его методов создается система наземного мониторинга лесных экосистем на территориях с сильным уровнем радиоактивного загрязнения с целью раннего выявления угроз потери их устойчивости и недопущения резкого ухудшения санитарного состояния. Разрабатываются технологии автоматизированного принятия решений по управлению спонтанной растительностью, формирующейся на землях сельскохозяйственного назначения, по данным космической съемки с использованием сверточных нейронных сетей. Ведется анализ лесопатологической ситуации в хвойных лесах

на основе данных наземного и дистанционного мониторинга с использованием беспилотных авиационных комплексов для оперативного выявления очагов болезней и вредителей (рис. 2).

Согласно данным о структуре земельных угодий страны (Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь, 2020), наземная природная растительность занимает 13,54 млн га, или 65,2% территории. Естественная растительность имеет в народном хозяйстве большое значение, обеспечивая его различными видами сырья и продуктов, поэтому решение вопросов ее рационального использования и охраны остаются актуальными научными и хозяйственными задачами. Они напрямую связаны

с общей изученностью флоры, картографической оценкой ее ресурсного, биологического и экологического потенциалов.

В 2025 г. с помощью принципов и методов крупномасштабного геоботанического картографирования, современных информационно-технологических технологий и данных аэрокосмического зондирования создана среднемасштабная цифровая карта растительности Беларуси (рис. 3).

Современная цифровая карта растительности представляет собой электронную базу данных с возможностью их обновления, в которой отражены все свойства флоры, ее состав, динамическое состояние, экологические и географические связи. Благодаря геоинформационным технологиям появляется возможность создавать практически неограниченное число тематических карт и анализировать их в самых различных сочетаниях. На основе этого специалисты могут прогнозировать пожароопасные ситуации; оценивать запасы ягодников, лекарственного и технического растительного сырья;



Рис. 2. Наземный мониторинг лесных экосистем

давать оценку состоянию растительного покрова; выделять наиболее важные для сохранения биологического разнообразия местообитания; проектировать сеть мониторинга или особо

охраняемых природных территорий; оценивать рекреационную устойчивость и качество рубок; проектировать дороги и мелиоративные системы.

На первый план выходит необходимость оценки экологической ценности (значимости) растительности в рамках конкретных природных комплексов, определения устойчивости ее к различным факторам природного и антропогенного воздействия, выявлению допустимых пределов последнего. Все это создает необходимую информационную основу для разработки прогнозов и рекомендаций по рациональному использованию растительных ресурсов конкретной осваиваемой территории.

Новая технология картографирования, по предварительным подсчетам, позволяет повысить качество и оперативность учета изменений в растительном покрове в 1,5–2 раза, а затраты на мониторинг снизить в 2,5–3 раза. При этом стоимость услуг, предоставляемых национальной системой дистанционного мониторинга, в 1,5–5 раз ниже зарубежных аналогов.

Один из примеров – оперативно выявленные участки негативного воздействия на растительность заградительного сооружения на территории Объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Беловежская пушча». В условиях ограниченного доступа к данным площадям с помощью современных технологий и опыта интерпретации данных определены пространственные характеристики источников неблагоприятного влияния, а затем и размера вреда, причиненного окружающей среде от строительства объекта и его функционирования.

Деятельность лаборатории в будущем планируется строить

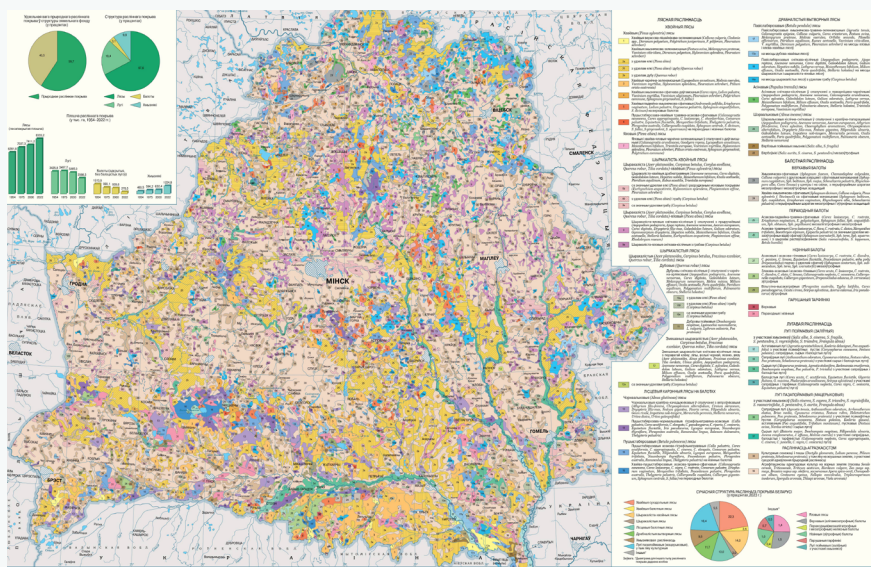


Рис. 3. Карта растительности в Национальном атласе Беларуси 2024 г.

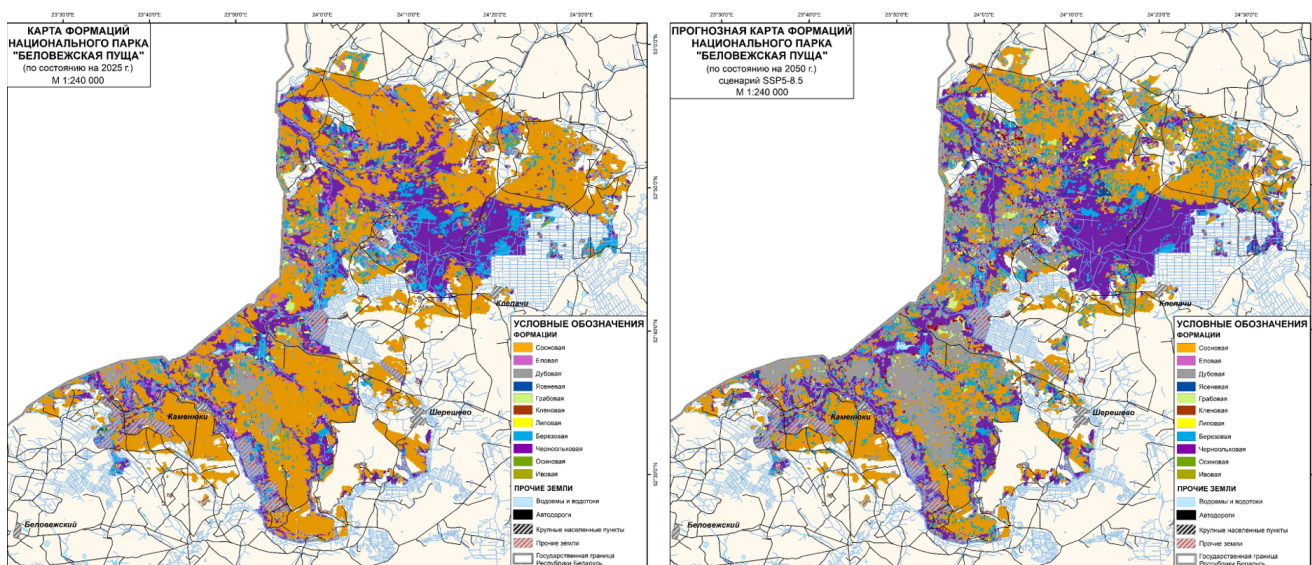
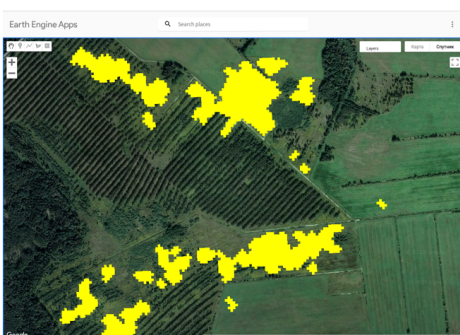
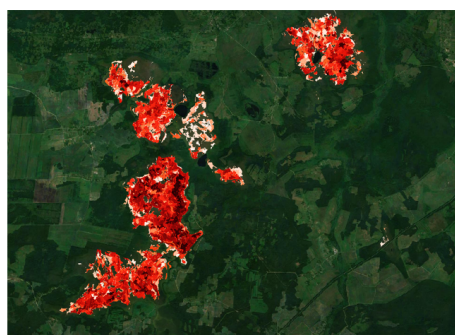


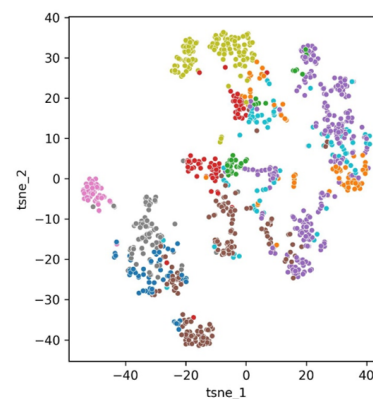
Рис. 4. Моделирование динамики растительного покрова



Применение алгоритма Random Forest для выявления очагов инвазивных видов (золотарника)



Применение алгоритма Random Forest для выявления важных для сохранения биоразнообразия местообитаний



Визуализация геоботанических описаний с помощью алгоритма машинного обучения по методу t-distributed Stochastic Neighbor Embedding

Рис. 5. Использование машинного обучения в геоботанических исследованиях

на принципах сочетания традиционных геоботанических методов исследования растительности с современными информационными технологиями обработки больших массивов данных (машинное обучение, искусственный интеллект, геоинформационные и аэрокосмические технологии, облачные платформы). Примеры такого сочетания за последние годы уже реализованы в ряде тематических геоботанических карт и других продуктов. Высока вероятность, что

обработка накопленного в лаборатории экспериментального материала с помощью современных технологий позволит получить новые, не видимые раньше закономерности в растительном покрове (рис. 4, 5).

Для эффективного развития лаборатории необходимо комплексное внимание к кадровым, организационным, инфраструктурным и финансовым аспектам. Одна из стратегических задач – подготовка специалистов высшей квалификации, предполагающая

прежде всего работу со студентами, привлечение и удержание талантливых исследователей. Для качественной преемственности знаний в ближайшие 10 лет планируется подготовить 2 специалистов-геоботаников с ученой степенью доктора наук и 5 кандидатов наук. Важнейшими стимулами при этом являются стабильное финансирование, инвестиции в оборудование и стажировки в ведущих научных центрах. **■**