

Геоинформационная инвентаризация объектов растительного мира

Резюме. В статье отражены методические подходы к пространственному учету и оценке объектов растительного мира Центрального ботанического сада при помощи геоинформационных средств. Предлагаются варианты совместного использования наземных и дистанционных измерительных приборов для повышения точности позиционирования видов деревьев и кустарников. Рассматриваются результаты и перспективы применения базы данных в качестве единой геопространственной основы для инвентаризации и мониторинга интродуцированных растений природно-растительных комплексов и объектов Ботанического сада.

Ключевые слова: инвентаризация, геоинформационные технологии, зеленые насаждения, пространственная оценка, условия произрастания, геосистема.

УДК 58.006:58.009:[58.02+58.05+58.08]

Коллекционный фонд произрастающих в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси интродуцентов мировой флоры и его гербарий в 1999 г. объявлены национальным достоянием республики. Для эффективного решения задач по сохранению и пополнению генофонда растительного мира, ныне представленного в ЦБС почти 10 тыс. образцов в открытом и более чем 2 тыс. – в закрытом грунте, выявлению механизмов формирования их устойчивости и продуктивности требуется создание современной системы инвентаризации растительных объектов, оценки состояния и анализа накапливаемых данных с привлечением средств автоматизированной обработки.

В ЦБС в 2014 г. приступили к выполнению комплекса изыскательских и научно-исследовательских работ по геопространственной инвентаризации древесно-кустарниковых пород дендрария и оценке микроклиматических, почвенно-гидрологических и топографических условий их произрастания с применением геоинформационных технологий. Среди ботанических коллекций дендрарий – наиболее представительный объект как в территориальном (около 46 га), так и в количественном плане (почти 2,4 тыс. образцов). Интродуцированные деревья различных географических регионов здесь размещены в разделенных аллеями и дорожками секторах «Европа», «Кавказ», «Западная и Центральная Азия», «Восточная Азия» и «Северная Америка», где экспонируются представители соответствующих флор. В интродукционной части дендрария на площади около 16 га размещено более 4 тыс. экземпляров, свыше 2200 образцов растений, представляющих более 1300 видов. Флора Беларуси (сектор «Беларусь») представлена в виде типичных для республики растительных сообществ на территории лесопарка, занимающего в составе дендрария площадь около 30 га.

Разрабатываемая георегиональная база данных позиционируется в качестве информационной части научного обоснования интродукции и мониторинга состояния видового состава дендрария. Субъектам хозяйствования с таким большим количеством пространственно распределенных объектов деятельности, как в дендрологической коллекции Ботанического сада, неминуемо требуется геоинформационное обеспечение, использование актуальных картографических материалов и статистики современного технологического уровня. Предусматривается автоматизация и актуализация двух функциональных блоков ЦБС: инвентаризационного, с оценкой состояния древесных и кустарниковых видов согласно действующим нормам и правилам [1],

и оценочного, заключающегося в максимально полном учете естественных условий произрастания коллекционных образцов, особенно в части распространения и свойств почв в сочетании с орографией. Создание геореляционной послойно организованной базы данных и цифровых моделей территории ЦБС (с обеспечением связи географического положения объектов в базе с их атрибутивной характеристикой) позволяет объединить сведения об особенностях природных условий с логическими методами обработки пространственной информации.

В настоящее время использование GPS-навигации для определения местоположения объектов флоры, произрастающих с плотностью, характерной для территории ЦБС, не представляется возможным. Автоматизированная переклассификация растровых изображений данных дистанционного зондирования высокого разрешения также не дает удовлетворительных результатов в связи с перекрытием спектральных характеристик классов [2]. Да и вряд ли целесообразно классифицирование растительности на типовом таксономическом уровне, если необходима информация о видовой принадлежности каждого объекта. Поэтому возможности средств дистанционной съемки и пространственной привязки были использованы на открытых (не занятых растительностью) участках для создания опорной координатной сети для последующих инвентаризационных и оценочных работ. Наиболее приемлемым для этого топографическим объектом, отвечающим требованиям широты охвата территории и относительно долговременной закреплённости на местности в ЦБС, была признана существующая дорожно-тропиночная сеть.

Технология создания информационной основы базы данных на первом этапе предусматривала спутниковую привязку плано-картографических материалов. Так называемым фундаментом опорной сети служили наиболее распознаваемые и считываемые с карт и планов контуры – пересечения осевых линий главных дорог и троп. На территории ЦБС площадью около 90 га при помощи профессионального геодезического оборудования серии Trimble получены координаты более 80 подобных незакрепленных реперов. В формируемой базе с заданной системой координат по таким точкам топографические планы трансформированы в масштабе 1:500. На полученной основе создан пространственный слой хозяйственно-функционального зонирования ЦБС с определением местоположения зданий и сооружений. Дополнительно выполнена привязка рабочих инвентаризационных планшетов для дальнейшей оценки временной динамики количества и состояния объектов растительного мира.

На следующем этапе по высотным координатам в более чем 9 тыс. точек нивелирной сети была создана цифровая модель рельефа (ЦМР) территории ЦБС. Такая точность обусловлена необходимостью детальной проработки особенностей инсоляции почвенной поверхности, которая напрямую зависит от микрорельефа местности, в частности от экспозиции и относительной высоты отдельных парцелл. Кроме того, детальность ЦМР позволила произвести территориальное распределение идентифицированных по почвенным комбинациям природных геосистем – естественно сложившихся

и закономерно организованных сочетаний почвенных таксонов. Геосистемы типизируют территорию ЦБС на ограниченное количество комбинаций, обладающих известным уровнем почвенно-ресурсного потенциала, что в перспективе может служить дополнительным научным обоснованием для хозяйственно-функционального зонирования.

Тематические пространственные слои топографических, орографических, почвенных, микроклиматических условий, сложившейся дорожно-тропиночной сети и существующих производственных объектов объединены в базе геоданных с соблюдением топологических правил их взаимного положения с коррекцией по материалам космической съемки высокого разрешения (2,5 м), полученным со спутниковых систем Белорусского космического аппарата за период 2012–2014 гг. Сформированная таким образом геоинформационная система может выступать основой для планирования хозяйственных мероприятий и ведения мониторинга.

Комплекс инвентаризационных работ по учету объектов растительного мира с применением наземных и дистанционных методов предусматривает прежде всего точное позиционирование участков. Для каждого из них по пересечениям дорожно-тропиночной сети в ходе пространственной привязки на основе GPS использовалось не менее 3–4 реперных точек, что снизило относительную погрешность до 0,3–0,5 м. Согласно базе данных, площадь инвентаризационных участков дендрария ЦБС изменяется от 2,5 до 11,2 га. Местоположение древесных и кустарниковых видов определено на двух модельных полигонах, объединивших 8 таких участков (рис. 1).

Для осуществления комплекса полевых изыскательских работ на планах полигонов была создана виртуальная опорная координатная сетка (рис. 2), состоящая из осевых линий и последовательно выстроенных вдоль них квадратов. Осевые линии привязывали к центрам оснований стволов деревьев, произрастающих в аллеиных посадках по периме-



Рис. 1. Базовые участки проведения геоинформационной инвентаризации объектов растительного мира



Рис. 2. Использование осевых линий с 5-метровым квадратованием на модельном полигоне №2

тру полигонов. Их координатная привязка к осевым линиям дорожно-тропиночной сети была выполнена на предыдущем этапе работ. Относительная погрешность измерения отдельного дерева не превышает 0,05 м. Квадраты были запланированы в качестве первичных учетных секций при проведении натурной инвентаризации насаждений. На плане участка протяженность стороны квадрата закладывалась с учетом сложности рельефа и плотности древесно-кустарниковой растительности, что на местности составляло 5 или 10 м. Для обеспечения пересечения учетных секций и повышения точности измерений для привязки осевых линий использовали деревья, отстоящие в ряду друг от друга не более чем на 10 м. При натурной инвентаризации спроектированная масштабированная опорная координатная сетка временно выстраивалась на местности с точностью 0,2–0,5 м.

Практические наработки показали, что координатную привязку насаждений целесообразно выполнять в период отсутствия облиствения, которое существенно ухудшает просматриваемость территории. Однако при этом требуется повторная инвентаризация растительных объектов для уточнения таксономической принадлежности.

Общее количество деревьев и кустарников на двух модельных полигонах составило соответственно более 350 и 200 объектов. Результаты полевых измерений заносились в базу данных, при помощи геоинформационного инструментария получали на цифровой карте точечное или полигональное отображение. По каждому пространственному слою сформирована атрибутивная таблица, отражающая необходимые сведения об объектах растительного мира в соответствии с [1] по следующим полям:

- номер участка инвентаризации;
- учетный номер в базе;
- инвентаризационный номер в каталоге ЦБС;
- таксономическое название;
- год посадки;
- диаметр ствола деревьев на высоте 1,3 м (в см);
- высота в метрах;
- качественное состояние объекта (хорошее, удовлетворительное, плохое, аварийное).

Структурно в базе данных связаны все тематические блоки: топографическая основа, хозяйственно-функциональное зонирование, инвентаризационный, оценочный, дистанционного зондирования и др. Кроме перечисленных выше полей допустимо создание дополнительных – для описания иных сведений об объектах растительного мира, например, характеризующих геоморфологические, почвенно-агрохимические или другие факторы природной среды в месте их произрастания. В перспективе возможно совместное использование БД с информационно-поисковой системой ЦБС.

Такая база данных позволяет автоматически определять площадные характеристики инвентаризационных участков, количество объектов растительного мира, классифицируемых по любому критерию их описания, учтенному в атрибутивных таблицах. Ее инструментарий дает возможность формировать планы заданного участка в любом масштабе, например для государственной регистрации паспортов объектов растительного мира. Таким образом, создаваемая система не является статической картографической моделью местности с точным местоположением объектов ЦБС, а предоставляет многофункциональные комплексные возможности для регулярной актуализации и информационного обеспечения научно-исследовательских работ, сопровождения хозяйственных мероприятий.

Учет факторов природной среды представляется логичным и необходимым в качестве информационной составляющей оптимизации размещения растений, их инвентаризации и мониторинга. В созданной геореляционной послыбно организованной базе данных разработан оценочный блок микроклиматических, почвенно-агрохимических и топографических условий интродукции культивирования растений для всей территории ЦБС. Геосистемный подход позволяет по расположению почвенных комбинаций судить об интегральном влиянии факторов природной среды на интродукцию растений. Ядро информационного базиса – детальная цифровая модель рельефа высокой точности (возможность проведения горизонталей через 0,1 м), цифровая почвенная карта и ведомости погоризонтных агрохимических показателей почв [3].

Для отображения пространственного изменения агрохимических характеристик использованы интерполяционные методы распределения данных в геоинформационной среде. Проанализированы: рН в КС1, гидролитическая кислотность, содержание кальция и магния, сумма поглощенных оснований, емкость поглощения, степень насыщенности основаниями, количество подвижного фосфора и калия, содержание гумуса. По всем параметрам разработана четырехгранная шкала, отражающая на картах изменение каждого агрохимического показателя не только по поверхности, но и в глубину по слоям: 0–20, 20–50, 50–100, 100–180 см. Оценка пространственного варьирования почвенно-агрохимических факторов выполнена в границах почвенных комбинаций (геосистем) для всей территории Ботанического сада.

Геосистемы представляют собой типизированные природные системы, обладающие единством почвенно-ресурсного потенциала, условиями неистощительного хозяйствования и экологического равновесия, что актуально при

их использовании в качестве единиц хозяйственно-функционального зонирования, в том числе при проектировании участков интродуцированных видов деревьев и кустарников [4, 5]. Осуществлен картометрический пространственный анализ результатов крупномасштабной почвенной и топографической съемки с применением теории структуры почвенного покрова в геоинформационной среде. В ЦБС выделено 6 типов почвенных комбинаций, различающихся как по характеру водного режима и степени увлажнения, так и по гранулометрическому составу, строению и подстилке почвообразующих пород. Распространение геосистем на территории ЦБС соотносилось с действующими хозяйственно-функциональными зонами согласно генеральному плану реконструкции. Оценка почвенно-ресурсного потенциала закономерно организованных почвенных комбинаций позволяет учесть распределение энергетических затрат на почвообразование, а следовательно, и определить наиболее перспективные участки для роста и развития растений вне зависимости от их агрохимического обеспечения.

Геосистемный анализ естественных условий произрастания объектов растительного мира выполнен в каждой хозяйственно-функциональной зоне ЦБС. При изучении энергетического потенциала почвообразования путем классификации радиационного баланса наклонных поверхностей в геоинформационной базе данных учитывались характеристики рельефа. По связям величин годовых энергетических затрат на почвообразование с предельной мощностью гумусового горизонта установлены территориальные различия в потенциале почвообразования при сложившемся уровне тепло- и влагообеспеченности. Первая оценивалась на основе геопространственного анализа цифровой модели рельефа в модуле Spatial Analyst, предназначенном для работы с растровыми поверхностями (GRID) в среде ArcInfo. Использовались растры экспозиции и уклонов, предварительно созданные по цифровой модели поверхности SRTM. Влагообеспеченность геосистем учитывалась в формуле почвенных комбинаций через группы почвенных разновидностей, входящих в их состав. Сумма атмосферных осадков, как критерий увлажнения, оценивалась опосредованно – по степени увлажнения почвенных разновидностей из групп автоморфных, слабogleеватых, глееватых, глеевых и торфяно-болотных. В качестве их своеобразия следует отметить высокую, особенно для рыхлых пород, емкость поглощения, с которой связана способность удерживать воду и сохранять элементы питания растений. Это объясняет довольно благоприятные условия водообеспеченности растительных объектов на автоморфных почвах, преобладающих в ЦБС повсеместно. Разнообразие почв в границах сада обусловлено сравнительно нешироким диапазоном различий по степени увлажнения. Выполненная пространственная дифференциация энергетических затрат позволяет на мезо- и микроуровне (масштаб 1:500 и крупнее) использовать результаты в оценке условий интродукции того или иного объекта растительного мира.

Перспективы базы геоданных связаны с возможностью точного пространственного информационного обеспечения научно-исследовательских работ, сопровождения различ-

ных хозяйственных мероприятий на территории ЦБС. Ее инвентаризационный блок, в частности планы насаждений, может применяться как картографическая основа для подготовки паспортов участков, а заложенная в ее структуре функция актуализации информации и автоматизации ее обработки облегчит не только инвентаризацию растений, но и обеспечит наиболее полный и точный учет естественных факторов их интродукции. Кроме того, описанные методические приемы могут быть использованы в организациях садово-паркового хозяйства в плане озеленения и качественных оценок различного рода загрязнений. □

Статья поступила в редакцию 17.02.2015 г.

Марина Романова,

ведущий научный сотрудник лаборатории геоботаники Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, кандидат биологических наук

Александр Червань,

ведущий научный сотрудник лаборатории агрофизических свойств и защиты почв от эрозии Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, доцент кафедры почвоведения и земельно-информационных систем БГУ, кандидат сельскохозяйственных наук

Михаил Кудин,

старший научный сотрудник лаборатории геоботаники ИЭБ им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, кандидат сельскохозяйственных наук

Анатолий Пучило,

завлабораторией геоботаники ИЭБ им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, кандидат биологических наук

Михаил Рудевич,

старший научный сотрудник лаборатории интродукции древесных растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси, кандидат биологических наук

Summary

The methodological approaches to spatial registration and assessment of vegetation objects of the Central Botanical Garden are reflected in the article. The variants of joint ground and remote measurement tools to improve the positioning accuracy species of trees and shrubs are offered. The article offers the results and prospects for the use of the database as a single geospatial framework for inventory and monitoring of introduced plants natural vegetation complexes and facilities in botanical garden.

See: http://innosfera.by/2016/01/inventory_of_objects

Литература

1. Инструкция о порядке учета объектов растительного мира, расположенных на землях отдельных категорий, и обращения с ними (утверждена постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 28.12.2006 г. №79).
2. Жилнев М.Ю. Обзор применения мультиспектральных данных ДЗЗ и их комбинаций при цифровой обработке // Геоматика. 2009, №3. С. 56–64.
3. Агеев В.Ю. Почвы Центрального ботанического сада / В.Ю. Агеев, Г.В. Слободницкая, А.Н. Червань; НАН Беларуси, Центральный ботанический сад. – Мн., 2013.
4. Романова Т.А. Агроэкологическая составляющая потенциала почвенно-земельных ресурсов / Т.А. Романова, А.Ф. Черныш, А.Н. Червань, А.Э. Радюк // Почвоведение и агрохимия. 2010, №2(45). С. 40–49.
5. Червань А.Н. Структура почвенного покрова как критерий территориального планирования // Современные технологии в деятельности ООПТ: междунар. научно-практ. конф. / ГИС-Нарочь, 12–16 мая. – Национальный парк «Нарочанский», 2014. С. 115–116.